

A réshangok zöngességével összefüggő nyelvpozíciós jellemzők a megelőző magánhangzóban*

Gráczy Tekla Etelka^{1,5}, Csapó Tamás Gábor^{2,5}, Deme Andrea^{3,5},
Juhász Kornélia^{4,5}, Markó Alexandra^{3,5}

¹ Nyelvtudományi Intézet,

² BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék,

³ELTE Alkalmazott Nyelvészeti és Fonetikai Tanszék,

⁴ELTE Nyelvtudományi Doktori Iskola,

⁵MTA–ELTE Lendület Lingvális Artikuláció Kutatócsoport

The simultaneous targets of the oral seal of obstruents and vocal fold vibration are aerodynamically contradictory. Various articulatory maneuvers were found to resolve this contradiction; however, the coarticulatory effects of these maneuvers have not been widely studied yet. The present study analyzes tongue root and tongue tip position in vowels preceding fricatives. The present results show that the tongue root started advancing already during the vowel in 7 out of 12 speakers, while the tongue tip started raising only in a few speakers. The tongue root started advancing in most speakers who maintained vocal fold vibration during the production of the consonant in most of their /z/-realizations, while it showed more variance in speakers' pronunciation who tended to devoice this phoneme or produce it with large variability in voicing.

Keywords: voicing, tongue root advancement, tongue tip raising, fricative, coarticulation

Kulcsszavak: zöngesség, nyelvgyök előretolódása, nyelvhegy emelkedése, réshang, koartikuláció

1. Bevezetés

A mássalhangzók olyan szegmentumok, amelyek létrehozásához valamilyen akadály szükséges a toldalékcsoúben, a leggyakrabban a szájüregben (orális mássalhangzók). A mássalhangzók kategóriáján belül a zörejhan-

* A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, a Tématerületi Kiválósági Program és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának szakmai támogatásával készült. Köszönjük Krepsz Valériának a szegmentálásban nyújtott segítségét!

gok (obstruensek) esetében az akadály lehet zár, rés vagy a kettő kombinációja, ez alapján különböztetjük meg a zárhangok, réshangok, zár-rés hangok képzésmódját. A különféle nyelvekben azonos képzéshelyű és -módú zörejhangek alkotnak fonológiai párokat a zöngéesség szerint, a magyarban ilyenek például a /s/ vs. /z/, vö. *szűr* : *zűr*, *mész* : *méz*. Jól ismert ugyanakkor, hogy ennek a fonológiai „zöngéesség”-nek a fonetikai implementációja, azaz a fonémapárok hangalaki eltéréseinek artikulációs-akusztikai megvalósítása igen sok tényező függvénye (vö. pl. Jansen 2007). Ezek között említhetünk nyelvek vagy akár nyelvjáráások közötti eltéréseket, illetve a fonetikai kontextust (pl. eltérő realizációt találunk intervokális vagy fráziskezdő helyzetben, vö. pl. Grácz 2012). A magyar obstruensek fonológiai zöngéességének fonetikai realizációjáról akusztikai tekintetben több kutatás született (vö. pl. Grácz 2012; Bárkányi és Kiss több tanulmánya, összefoglalóan 2019), artikulációs eredmények azonban alig állnak rendelkezésre (Grácz et al. 2020). Mindezen túlmenően a koartikulációs hatások miatt azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a fonológiai zöngéesség fonetikai megvalósulása az obstruensek környezetében realizálódó egyéb szegmentumok (a jelen tanulmányban a megelőző magánhangzó) realizációjára is hatással van. Ezt a kérdéskört a magyarra vonatkozóan korábban csak a megelőző magánhangzó időtartamára vonatkozóan vizsgálták (pl. Magdics 1966; Bárkányi – Kiss 2019), de artikulációs tekintetben, azaz a magánhangzó ejtésében mérhető glottális működésről vagy a szupraglottális artikuláció területéről nincsenek a magyar beszédre vonatkozó adatok. A jelen tanulmányban ezt a hiányt kívánjuk pótolni, két, a fonológiai zöngéesség szerint párt alkotó réshang, a /s/ és a /z/ esetében, a megelőző /i/ magánhangzó ejtésekora a nyelv helyzet és a hangszalagrezgés artikulációs vizsgálatával.

A zörejhangek csoportján belül a réshang (spiráns, frikatíva) olyan mássalhangzó, amelyet úgy hozunk létre, hogy két egymással szemben elhelyezkedő beszédszervvel szűk rést képzünk, akkorát, amelyen a levegő áthaladásával turbulens zörejt keletkezik. A spiráns keletkezésének feltétele a rés megfelelően szűk volta mellett az, hogy a rés mögött feltorlódó levegő nyomása kellően nagy legyen a turbulens áramlás létrehozásához. Az akadály létrehozásában részt vevő beszédképző szervek helye (pl. glottális, veláris, palatális, posztalveoláris, alveoláris, labiodentális) és az akadály utáni (azaz az akadály és az ajkak közötti) szájüregi tér nagysága határozza meg a létrejött beszédhang akusztikai szerkezetét (Fant 1960; Shadle 1991).

A nagy intenzitású turbulens zörej létrehozásához az akadály keresztmetszetének kisebbnek kell lennie, mint a glottisz keresztmetszetének, hogy a szájüregi nyomás nagyobb legyen a külső nyomásnál. A megnövekvő szájüregi nyomás azonban nem kedvez a hangszalagok rezgésének, mivel az akadálytól a garatüregen át a hangszalagokig egy légtömeg van, ezért értelemszerűen a hangszalagokra ható nyomás is megnő. Másrészt ennek következtében a hangszalagok közötti, a glottisbeli nyomás is megnövekszik a nyitódási, nyitott és záródási fázisokban, a záródási időt (= a nyitott fázist) megnyújtva. A hangszalagok rezgésének (azaz a zöngének) a létrehozásához ugyanakkor arra van szükség, hogy a hangszalagok alatti nyomás nagyobb legyen, mint a hangszalagok feletti. Az orális réshang létrehozása viszont – mint említettük – nagy nyomást igényel az akadály és a hangszalagok közötti térben. Ennek következtében a hangszalagok alatti nyomás nem feltétlenül haladja meg kellő mértékben a fentebbi nyomásértékeket, így a hangszalagok rezgése először lelassul, majd le is állhat (Bickley – Stevens 1986; Stevens 1997), de további, kompenzációs gesztusok/artikulációs manőverek révén a teljes mássalhangzó időtartama alatt fenn is maradhat a hangszalagrezgés (Smith 1997). A szájüregi nyomás már aközben megnövekszik, hogy az akadályt alkotó beszédképző szervek közelítenek az artikulációs célhoz, azaz míg „beállnak” a rés pozíciójába (Müller – Brown 1980), és csak a rés felnyílása után kezd csökkenni. A hangszalagok rezgése nem minden zöngés frikatíva ejtése alatt áll le. Egyrészt van egy szűk nyomástartomány, amelyen belül a két, egymásnak ellentmondó artikulációs cél (a résképzés és a zöngéképzés) együttesen fenntartható: amikor a rés és a glottisz keresztmetszete körülbelül azonos (Stevens et al. 1992; Ohala – Solé 2010). Másrészt a zöngé fenntartására több kiegészítő artikulációs manőver is alkalmazható. Ilyen például az akadály mögötti (az akadály és a hangszalagok közötti) szájüregi tér térfogatának növelése, pl. a gége süllyesztése, a nyelvgyök előrébb tolódása (Docherty 1992; Svirsky et al. 1997; Fuchs – Perrier 2003). A zöngés mássalhangzók mégsem minden ejtésben realizálódnak teljes időtartamukban zöngésen. Számos paraméter határozza meg, hogy milyen gyakori és milyen arányú a zöngétlenedés. Ezek közül a jelen tanulmányban a legfőbb szempontok, hogy intervokális helyzetben a legritkább és legkisebb mértékű, de minden pozícióban beszélőfüggő a zöngétlenedés megjelenése és mértéke (magyar eredmények pl.: Gráczai 2012; összefoglalóan: Bárkányi – Kiss 2019; Gráczai et al. 2020), így az artikulációs célt nem befolyásolják a további,

az abszolút szóeleji vagy abszolút szóvégi realizációkat meghatározó tényezők.

1.1. Az orális réshangok artikulációs sajátosságaira vonatkozó vizsgálati eredmények

A réshangok artikulációjában a nyelvgyök pozíciójában, az akadály pontos helyében és néhány vizsgálatban a nyelv által létrehozott árokban találtak eltérést a fonológiai zöngesség mentén. Narayan és kollégái (1995) négy amerikai angol beszélő /f θ s ʃ v ð z z/ ejtésében azt találták MRI-felvételeken, hogy a nyelvgyök előrébb állt, és a faringális terület térfogata is nagyobb volt a zöngés fonémák realizációiban. Fuchs és kollégái (2007) német réshangok vizsgálatakor arra az eredményre jutottak, hogy az akadály előrébb képződött a zöngés fonémák realizációiban a zöngétlenekhez képest, és eltérést találtak a nyelv-szájpad kontaktus kiterjedésében a zöngét inkább fenntartó és a zöngés fonémákat inkább zöngétlenebbül ejtő beszélők között. Az akadály elérése gyorsabban történt meg a /z/ realizációiban, mint a /s/-ében angol és horvát beszélők ejtésében (Liker – Gibbon 2013, 2016).

A nyelv-szájpad kontaktusra vonatkozó vizsgálati eredmények a zöngés és zöngétlen réshangok realizációinak összevetésében ellentmondásos eredményeket adtak, így feltételezhető, hogy vagy módszertani, vagy nyelvek és/vagy beszélők közötti eltérések állnak a különbségek hátterében (Fletcher 1989; Tabain 2001 vs. McLeod et al. 2006; Fuchs et al. 2007). Mivel a zöngékezés miatt kisebb keresztmetszetű akadály mellett hozható létre intenzív turbulens zöreje, és mivel a zöngétlenítő beszélők ejtésében kisebb eltérést találtak a nyelv-szájpad kontaktusban a zöngés és zöngétlen fonémák realizációi között, Fuchs és kollégái (2007) feltételezték, hogy a kontaktusbeli eltérés jellemző, és hogy ez a nyelvforma által létrehozott árokban is eltérést eredményez a zöngességi párok között. Ezt az akadály előtti nyelvterület esetében nem sikerült egyértelműen kimutatni a /ʃ/ és /z/ összevetésében, de az akadály mögötti árok, így az akadály mögötti térfogat nagyobb volt a zöngések ejtésében három beszélő beszédében a vizsgálat öt résztvevője közül (Liker – Gibbon 2011).

Magyar beszédben elemzett réshangokra (a jelen vizsgálatnak is tárgyát képező /izi/ vs. /isi/ hangsorok frikatíváit vetettük össze) azt az eredményt kaptuk, hogy 12 résztvevő közül a mássalhangzó kezdetéhez legközelebb eső ultrahangképen a nyelv elülső-középső része négy beszélő ejtésében magasabban, a nyelvgyök hét beszélő ejtésében előrébb

helyezkedett el a zöngés fonéma realizációiban. Az eltérést mutató területek kiterjedése változó volt, a nyelvgyök esetében egy adatközlő ejtésében csak kis területet érintett (Grácsi et al. 2020).

A zöngésség realizációjában nyelvek és beszélők között is tapasztaltak eltérést (pl. Shih et al. 1999; Grácsi 2012). Az artikulációs jellemzők is eltérő mintázatot mutattak a beszélők között, akár a realizáció fonetikai zöngésségének függvényében is (Fuchs et al. 2007; Liker – Gibbon 2011).

A zöngés fonéma realizációjának fonetikai zöngéssége mentén Ahn és Davidson (2016) nem talált eltérést a nyelvgyök pozíciójában az amerikai angolban explozívákat, réshangokat és affrikátákat vizsgálva. Fuchs és kollégái (2007) a nyelv és a szájpad közötti kontaktus kiterjedésében azonban találtak német beszélők ejtésében. Fuchs és kollégáinak kutatása elektropalatográfia készült, így a nyelvgyök területéről nem kaptak információt. Felmerülhet a kérdés, hogy a fonetikai zöngésség mentén milyen eltérések találhatók a beszélők ejtésében, és hogy ezek az eltérések jellegükben, mértékükben különböznek-e a nyelvek között.

1.2. A nyelvkontúr jellemzői magánhangzókbán a követő mássalhangzó zöngésségének függvényében

Olyan tanulmányról nincs tudomásunk, amely a nyelv pozícióját a megelőző magánhangzóban réshangok esetében elemzi, ugyanakkor a felpattanó zárhangokat megelőző magánhangzókra vonatkozóan találtunk vizsgálatokat, amelyek eredményei alapján a réshangokat megelőző magánhangzókra vonatkozóan is meg lehet fogalmazni hipotéziseket. Feltételezhetjük, hogy mivel akárcsak a zárhangok, a réshangok ejtése során is artikulációs cél a zöngé fenntartása, és a képzésük közben a nyelv pozíciója eltér, már a megelőző magánhangzó ejtésében is megjelenik az eltérés a koartikuláció, azaz a két artikulációs célpozíció közötti folyamatos átmenet következtében. Lássuk tehát az explozívákat megelőző magánhangzókra kapott eredményeket!

Coretta (2020) két olyan nyelvben végzett vizsgálatokat, amelyekben a zöngé fenntartása a zöngés felpattanó zárhang alatt artikulációs cél, ezek ún. előzöngés nyelvek, mint amilyen a magyar is. A lengyelben és az olaszban azt elemezte, hogy a mássalhangzót megelőző magánhangzók ejtése során a nyelvgyök előrébb helyezkedik-e el zöngés követő fonéma esetén. Eredményei alapján már a magánhangzóban megjelent a nyelvgyök pozíciójában az eltérés: fokozatosan előrébb toldott a zöngés mássalhangzóhoz közeledve. A nyelvgyök pozíciója előrébb helyezke-

dett el a hosszabb magánhangzókból a VC-határon a zöngés kontextusban. 17 beszélőből 11-nél szignifikáns eltérés volt kimutatható. Összesen három főnél nem volt tendenciaszerűen sem igazolható a nyelvgyök pozíciójában előrébb tolódás a zöngés fonéma előtt.

1.3. Kérdésfeltevés, hipotézisek

A jelen tanulmányban elővizsgálatot terveztünk, és ebben az /i/ realizációit elemezzük /z/ és /s/ előtti pozícióban, egyrészt a követő fonéma fonológiai zöngésségének, másrészt a fonológiailag zöngés /z/ megvalósulásának fonetikai zöngéssége alapján.

A realizációk fonetikai zöngésségére vonatkozóan a hangszalagműködést detektáltuk, a szupraglottális artikulációra vonatkozóan pedig a nyelvkontúr alakját, pozícióját és ezek változását vizsgáltuk. Elsődleges vizsgálati kérdésünk a nyelvgyök (itt: a látható nyelvkontúr hátulsó részének) magánhangzóbeli pozíciójára és mozgására irányult, mivel ez a zöngés fonémák realizációjában általában előrébb helyezkedik el, mint a zöngétlenekében. Másodlagos kérdésként a nyelvhegy (itt: a nyelv elülső területének) mozgását is elemeztük az /i/ ejtésében. Feltételeztük, hogy 1. a nyelvgyök a legtöbb beszélő ejtésében már a magánhangzó időtartama alatt előrébbi pozíciót vesz fel a zöngés kontextusban, mint a zöngétlenben, és hogy 2. ez jellemzőbb tendencia a hangszalagrezgést fenntartó beszélők ejtésében. Feltételeztük azt is, hogy 3. a nyelvhegy a zöngés kontextusban már a magánhangzó időtartama alatt a magasabb pozíció irányába mozdul a zöngétlenhez képest. Feltételeztük, hogy 4. azon beszélőknél, akiknél a nyelvhegy megemelkedik már a magánhangzó időtartama alatt a zöngés kontextusban, azoknál a nyelvgyök is előrébb helyezkedik el, azaz a két terület mozgása között összefüggés van.

2. Kísérleti személyek, anyag és módszer

2.1. Kísérleti személyek

12 magyar anyanyelvű, 20 és 27 év közötti egyetemista nő beszédét elemeztük (átlagos életkoruk: 22,25 év, átl. eltérés: 1,5 év). Egyikük sem számolt be halláskárosodásról vagy beszédképzési problémáról, illetve mi sem észleltünk ilyet az ejtésükben. A felvétel megkezdése előtt mindannyiukat tájékoztattuk annak menetéről, az eszközök működéséről és elállási jogokról mind szóban, mind írásban, illetve beleegyező nyilatkozatot is kitöltöttek és aláírtak.

2.2. Anyag

A jelen vizsgálatban elemzett anyag egy nagyobb kísérleti korpusz (Markó et al. 2019) részeként lett rögzítve. Öt-öt olyan mondatot tartalmaz az itt vizsgált alkorpusz, amelyekben a mondatkezdő álszó *izi* vagy *iszi* volt. A jelen vizsgálatban az *izi* és *iszi* célszó első magánhangzóját és a réshangot elemezzük a mássalhangzó zöngésségének függvényében.

Az /i/ vizsgálatát az indokolta, hogy ennek a magánhangzónak a „képzéshelye”, azaz a nyelv szájüregi helyzete az /i/ ejtésekor igen közeli a vizsgált réshangok képzéshelyéhez, így nem kellett számolnunk azzal a hatással, hogy az esetleges eltéréseket az (is) okozhatja, hogy a nyelvnek nagyobb távolságokat kell megtennie a szájüregben a magánhangzó és a mássalhangzó egymásra következő kivitelezésekor. Ugyancsak jellemző mind a vizsgált mássalhangzó, mind a magánhangzó képzésére az ajakrészes ejtémód, így a magánhangzó-mássalhangzó-magánhangzó szekvenciában az ajkak helyzete is kváziazonos, így ilyen jellegű eltérés sem befolyásolta a megvalósítást (és ezáltal a szájüregben belüli nyomásviszonyokat).

Azért álszót alkalmaztunk, hogy a célszavak minimálpárt alkossanak, és ne legyen köztük potenciális gyakorisági eltérés, valamint hogy kizárjuk a magánhangzó előtti további beszédhang/fonéma hatását. Minden esetben fókuszpozícióban szerepelt a célszó, melyet *ne-* kezdetű szó követett. A mondatok folytatása változó volt. Az adatközlők a mondatokat egyesével olvasták fel képernyőről egy mini dialógus részeként. Jeleztük a felvétel elején, hogy a mondatkezdő, értelem nélkülinek tűnő hangsorok személyek nevei. Ezt a szövegkörnyezet is egyértelművé tette. A mini dialógus egy felvezető kérdést tartalmazott, amelyet nem hangosítottak meg az adatközlők, illetve a célszót tartalmazó mondatot, amelyet a kérdésre válaszként olvastak fel. A mini dialógusokat az 1. függelék tartalmazza.

2.3. A felvétel menete

A beszédjelet Beyerdynamic TG H56c tan omnidirekcionális kondenzátor-fejmikrofonnal rögzítettük 44,1 kHz mintavételi frekvencián.

A nyelv mozgását „Micro” ultrahangrendszerrel (Articulate Instruments Ltd.) rögzítettük 2–4 MHz-es / 64 elem 20 mm sugarú konvex ultrahangfejjel 83 fps képrögzítéssel. Az ultrahangfejet az áll alá helyeztük a nyelv középvonali keresztmetszeti képének rögzítéséhez. A mikrofont

az ultrahang rendszeréhez csatlakoztatva automatikusan szinkronizált beszéd- és nyelvultrahang-felvételek készültek.

A hangszalagok működését elektroglottográf segítségével rögzítettük (D200, Laryngograph LtD.) 44 kHz-es mintavételi frekvencián. Az elektroglottográf is lehetővé teszi a beszédjel rögzítését egy mikrofonbemenettel. A beszédet ezen a módon is rögzítettük, hogy a két beszédjel alapján szinkronizálhassuk az elektroglottográf jelét az ultrahanggal készült videóval és beszédfelvétellel. Mindkét mikrofont állandó távolságban rögzítettük a szájtól.

2.4. Annotálás

A beszédanyagot automatikusan annotáltuk kényszerített felismeréssel (Mihajlik et al. 2010), majd kézzel javítottuk a hanghatárokat a Praat szofverben (Boersma – Weenink 2019). A magánhangzó és a követő réshang határát a zörejes elem megjelenéséhez helyeztük. Amennyiben a réshang approximalizálódott, a F_2 alapján a hangátmenet időbeli közép-pontjánál jelöltük a hanghatárt.

2.5. A nyelvkontúrok elemzése: adatkinyerés és statisztikai eljárás

A nyelvkontúrokat a megelőző magánhangzó (V_1) és a mássalhangzó (C) teljes időtartamában minden kinyert ultrahangképen, azaz 12 ms-onként berajzoltuk kézzel a „Micro” rendszerhez tartozó AAA szofverben. A nyelvkontúrok esetében nehéz megállapítani, hogy a teljes nyelvkontúr jól látható-e a képen, vagy esetleg kis része hiányzik. Emiatt az elemzések során a nyelvkontúr elülső, középső és hátulsó részeként fogjuk megnevezni annak részeit, ezek jó közelítései a nyelvhegy, nyelvhat és a nyelvgyök területének a jelen vizsgálatban szereplő nyelvkontúrok esetében.

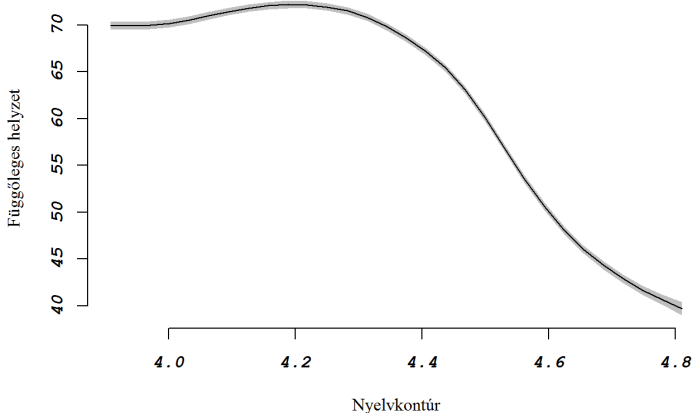
A statisztikai modelleket beszélőnként építettük (l. Coretta 2019a). A modelleket két módon készítettük el. Az első modellsorban csak a magánhangzó időtartamára készítettünk modelleket. Ezekben a magánhangzó teljes időtartamát 1-re normalizáltuk. A második modellsorban a VC (/iz/ és /is/) szekvenciákra készítettünk modelleket. Ez esetben úgy normalizáltuk az időt, hogy a teljes VC-szekvencia időtartama 1, a VC-határ pedig mindig 0,5. Vagyis a magánhangzó a 0–0,5, a mássalhangzó a 0,5–1 intervallumon látható. A nyelvkontúrok illesztése a csak a magánhangzókra készült modellekben az utolsó pontokon „zajos” eredménye-

ket adott, mivel a mintázatban nem volt követő pont. Ezt kívánjuk a VC-mintázat elemzésével kiküszöbölni.

Általánosított additív kevert modelleket (generalised additive mixed models, GAMM) alkalmaztunk az R szoftverben (R Core Team 2018). Ez olyan statisztikai eljárás, amely során egy skaláris változót egy vagy több skaláris fix hatás és parametrikus (nem skaláris) fix hatások mentén elemezhetünk. Ilyen például két magánhangzó (= nem skaláris fix hatás) formánsértékeinek (= skaláris változó) alakulása az időtartamuk folyamán (= nem skaláris fix hatás), vagy a nyelvkontúr egyes pontjainak (= skaláris fix hatás) helyzete (= skaláris változó) két magánhangzóban (= nem skaláris fix hatás). Több skaláris fix hatás ún. tenzorral írható le (pl. a nyelvkontúr pontjai és a magánhangzón belüli időpont). Az elemzéseket az rtticate (Coretta 2019b), az mgcv (Wood 2017) és az itsadug (van Rij et al. 2020) csomagok segítségével végeztük.

Az 1. ábra a B02-es beszélő végső statisztikai modelljéből illesztett minta az /iz/ szekvencia /i/-realizációiban. A magánhangzó közepén (50%-os időpont) vett illesztést ábrázoltuk. A vízszintes (x) tengelyen a nyelvkontúr középilonali keresztmetszetének pontjait, a függőleges (y) tengelyen pedig azok elmozdulását, pontosabban az ultrahangfej középpontjától mért távolságát látjuk. Itt a nyelvkontúrt tehát az x - y koordináták rajzolják ki. A nyelv elülső része balra, a nyelv hátulsó része jobbra látható.

B02, [i] középpontja (/izi/ hangsor)



1. ábra: Illesztett nyelvkontúr egy beszélő alapmodelljéből. (A nyelv fogak felőli területe a bal oldalon látható.)

A jelen vizsgálatban minden elemzés a következőképpen készült. A modellek felépítése, értelmezése és a szignifikancia vizsgálata során Sós-kuthy (2017) és Wieling (2018) ajánlásai alapján jártunk el. Első hatásvizsgálatként ezért két modellt vetettünk össze. Egy alapmodellt (2.a függelék), amelyben a nyelvpontok függőleges helyzetét/kitérését (y) a nyelvkontúr pontjának ($s(x)$) és a magánhangzó/VC-szekvencia relatív (0–1 skála) időpontjának ($s(t)$), illetve ezen két független változó interakciójának ($te(x, t)$) függvényében elemeztük. A nyelvkontúr pontjaira illesztett simítás ($s(x)$) alapján elemezhető, hogy a nyelvkontúr pontjainak eltérése a kitérése/függőleges helyzete. A vizsgált időintervallumra simított modellegység azt adja meg, hogy a függőleges helyzet/kitérés változik-e az idő folyamán. Az egyes nyelvpontok időbeli változását a tenzorkifejezéssel modelláljuk. Ez a két független változó függvényében egyszerre, interakcióban elemzi a változót. A modellt bővítettük a mássalhangzók zöngésségi kontrasztjával. A mássalhangzókontraszt beállításával modellezhető a két konzonáns eltérése. A mássalhangzó megadása a mássalhangzókra vonatkozó eredményeket a 0-tól való eltérésben adja meg, míg a kontrasztkezeléssel a két mássalhangzó közötti eltérés írható le. Az alapmodell minden elemét megtartottuk, és mindre adtunk a modellhez mássalhangzókontraszt szerinti elemzést is. A mássalhangzókontrasztot parametrikus változóként is megadtuk. A két modellt χ^2 -próbával (itsadug::compareML()) vetettük össze. Mivel minden beszélő esetében mind a magánhangzóra, mind a VC-szekvenciára készített modellek esetében a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modell bizonyult szignifikánsan jobbnak, ezt a modellt bővítettük első fokú autoregresszív modellel, amely a reziduálisok autokorrelációjának hatását csökkenti, illetve ezen elemeztük a szabadságfokok értékét (itsadug::gam.check), és ez alapján állítottuk be a szükséges helyen a simítási csomópontok számát (a k -értéket). A simítások esetében az alapértelmezett 'thin plate regression line', a tenzorok esetében az alapértelmezett 'cubic regression line' módszert hagytuk meg. Míg az utóbbi hatvány-, az előbbi bármilyen függvények keverésével illeszt a mintázatra. A végső modellt a 2.b függelékben mellékeljük. Az eredményeket az így korrigált modellekből nyertük ki (itsadug::summary()).

Sós-kuthy (2017) ajánlása alapján a további elemzések során a mássalhangzókontrasztot tartalmazó prediktorok p -értéke alapján ($p < 0,05$), valamint a modell által a két mássalhangzó-kontextus összevetésére kapott becslült különbség és annak 95%-os konfidenciaintervallumának szignifikanciája alapján értékeljük ki konzonánsok hatását. A becslült eltérés

akkor tekinthető szignifikánsnak, ha a 95%-os konfidenciaintervalluma nem tartalmazza a 0-t.

2.6. A mássalhangzó zöngésségének elemzése

Az EGG-jelben automatikusan annotáltuk (Praat szoftverben: TextGrid to VUV), majd kézzel javítottuk a zöngés és zöngétlen szakaszokat. Ez alapján a mássalhangzóban jelenlévő hangszalagrezgés teljes idejét arányítottuk a mássalhangzó teljes időtartamához. Ugyancsak kiszámítottuk, hogy a mássalhangzó időtartamának arányában mikor állt le a hangszalagrezgés, ha leállt. Az elemzések során ezen két mutató: a zöngés rész aránya és a zöngécsengési ideje mentén csoportosítottuk a beszélőket. Azon beszélőket, akiknek az esetében az öt közül egy sem, vagy egy /z/-realizáció zöngétlenedett, a „zöngéfenntartó” csoportba soroltuk. Azokat, akik esetében két-három előfordulás esetében jelent meg legfeljebb 75% zöngésrész-arány, a „részben zöngétlenítő” csoportba soroltuk. Akiknél négy-öt /z/-előfordulás esetében volt 75%-nál alacsonyabb a zöngésrész-arány, azokat a „zöngétlenítő” csoportba soroltuk. Mivel nem a mássalhangzó fonetikai zöngésségének elemzése a célunk, hanem annak függvényében a nyelvkontúrok elemzése, nem végeztünk statisztikai próbát a zöngésségi adatokon. (Ilyen elemzésért lásd: Grácsi et al. 2020.) A modellekbe nem építettük be a mássalhangzó fonetikai zöngésségét, mivel a beszélőnkénti modellek miatt kevés realizáció jutna a „zöngéfenntartó” és a „zöngétlenítő” csoportban egy-egy kategóriába. Az eredményeket tehát a beszélői csoportok szerint vetettük össze.

3. Eredmények

3.1. A csak a magánhangzó időtartamára készült modellek eredményei

Mind a 12 beszélő esetében jobban magyarázta az adatokat a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modell, mint az anélkül készült (1. táblázat). Minden esetben a kontrasztot tartalmazó modell bizonyult szignifikánsan jobbnak a Khi-négyzet próba alapján. Elmondható tehát, hogy a vizsgált /i/-realizációk nyelvkontúrja mutat valamilyen típusú eltérést annak függvényében, hogy a magánhangzót /z/ vagy /s/ követi.

A végső modell az egyes beszélők adatainak a 91–98%-át magyarázta. A mássalhangzókontraszt mint parametrikus változó csak öt beszélő esetében mutatott szignifikáns eltérést (B05: $t(1003) = -3,665$, $p < 0,001$, B07: $t(1086) = -3,730$, $p < 0,001$, B09: $t(1184) = -3,325$, $p = 0,001$,

B11: $t(922) = 6,999$, $p < 0,001$, B12: $t(1473) = -2,041$, $p = 0,041$). Ezen beszélők esetében a nyelvkontúr pontjainak függőleges helyzete összességében eltér a két mássalhangzó között, azaz tipikusan egy irányban tér el, a nyelv különböző területeinek helyzetében talált eltérés nem átlagolja ki egymást. Említettük azonban, hogy a zöngésségi obstruenspárok esetében nemcsak a nyelvgyök pozíciója, hanem a rés átmerője is eltérő lehet, hogy az alacsonyabb nyomású légáram ellenére intenzív zörej jöheszen létre (l. pl. Fuchs et al. 2007), ezért ha ez az eltérés jellemzi a beszélőt, és ez megjelenik már a magánhangzó artikulációja alatt, akkor a nyelvpontok helyzete kiátlagolódhat. Ezért a parametrikus hatás mellett a nyelvkontúr pontjaira és az időre illesztett mintázat elemzése árnyaltabb képet adhat az esetleges eltérésekről.

1. táblázat: A χ^2 -próba eredménye az alap- és a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modellek összevetésére

Beszélő	Az ML-szám χ^2 -próbája
B01	$\chi^2(8,00) = 11,127$, $p < 0,01$
B02	$\chi^2(8,00) = 75,288$, $p < 0,001$
B03	$\chi^2(8,00) = 21,989$, $p < 0,001$
B04	$\chi^2(8,00) = 18,332$, $p < 0,001$
B05	$\chi^2(8,00) = 72,398$, $p < 0,001$
B06	$\chi^2(8,00) = 14,866$, $p < 0,001$
B07	$\chi^2(8,00) = 98,603$, $p < 0,001$
B08	$\chi^2(8,00) = 14,616$, $p < 0,001$
B09	$\chi^2(8,00) = 34,818$, $p < 0,001$
B10	$\chi^2(8,00) = 34,566$, $p < 0,001$
B11	$\chi^2(8,00) = 96,976$, $p < 0,001$
B12	$\chi^2(8,00) = 12,467$, $p < 0,01$

A mássalhangzókontraszt nélküli simítások közül a nyelvkontúr pontjaira illesztett mintázat minden esetben szignifikáns eltérést adott (2.a. táblázat). A magánhangzóbeli időpontra illesztett simítás, valamint az időpontra és a nyelvkontúr pontjára illesztett tenzor nem minden beszélőnél mutatott szignifikáns hatást a függőleges helyzetre. Ez azt jelenti, hogy az idő mentén a nyelvkontúr pontjaira átlagolva és a mássalhangzókontrasztot nem véve figyelembe csak négy beszélő esetében mutat változást a függőleges nyelvhelyzet az időben. A nyelv egyes területeinek mozgá-

sa itt ismét kiegyenlítheti az eredményeket. A nyelvkontúr alakját, azaz az egyes pontokat/területeket figyelembe véve az idő mentén több beszélőnél jelent meg szignifikáns eltérés a tenzor eredményei alapján. Fontos kiemelni, hogy ha a két mássalhangzó esetében a megelőző magánhangzóban ellentétes nyelvmozgás történik, az eredmény itt is kiátlagolódhat.

2.a. táblázat: A mássalhangzókontraszt nélküli simítások és tenzorok F -próbáinak eredményei a magánhangzókbán.
(A szürke cellák a szignifikáns értékeket jelölik.)

Beszélő	N	$s(X)$		$s(t)$		$te(X, t)$	
		F	p	F	p	F	p
B01	912	810,261	< 0,001	0,219	0,640	0,000	0,772
B02	1239	349,822	< 0,001	0,094	0,760	4,212	0,007
B03	1003	24,609	< 0,001	14,538	< 0,001	1,843	< 0,001
B04	1487	253,512	< 0,001	6,602	0,010	7,489	< 0,001
B05	1003	46,325	< 0,001	8,568	0,004	4,851	< 0,001
B06	831	292,891	< 0,001	0,396	0,529	0,000	0,450
B07	1086	167,604	< 0,001	0,052	0,819	4,883	0,027
B08	1080	102,024	< 0,001	0,154	0,695	11,977	< 0,001
B09	1184	75,937	< 0,001	0,588	0,443	1,041	0,387
B10	2372	124,011	< 0,001	0,187	0,666	2,924	0,002
B11	922	610,140	< 0,001	1,797	0,180	1,865	0,172
B12	1473	84,851	< 0,001	34,691	< 0,001	21,751	< 0,001

A jelen vizsgálat szempontjából a 2.b. táblázatban foglalt, a mássalhangzókontrasztot figyelembe vevő modellelemek eredményei adhatnak információt. A nyelvkontúr pontjainak helyzete az idő figyelembe vétele nélkül hat beszélő ejtésében tért el szignifikánsan (B03, B05, B07, B08, B09, B10). Ez azt jelenti, hogy a nyelvforma, a nyelv pozíciója jelentős időbeni változás nélkül tér el az /i/-realizációkban a követő mássalhangzó függvényében.

Az idő mentén a nyelvkontúr pontjaira átlagolva a függőleges helyzetet négy beszélő ejtésében találtunk szignifikáns eltérést az /iz/ és /is/ szekvenciák /i/-realizációiban. A nyelvkontúr formája az idő mentén nyolc beszélő ejtésében mutatott változó eltérést a két követő mással-

hangzó függvényében, azaz az eltérés mintázata változott a VC-határhoz közeledve.

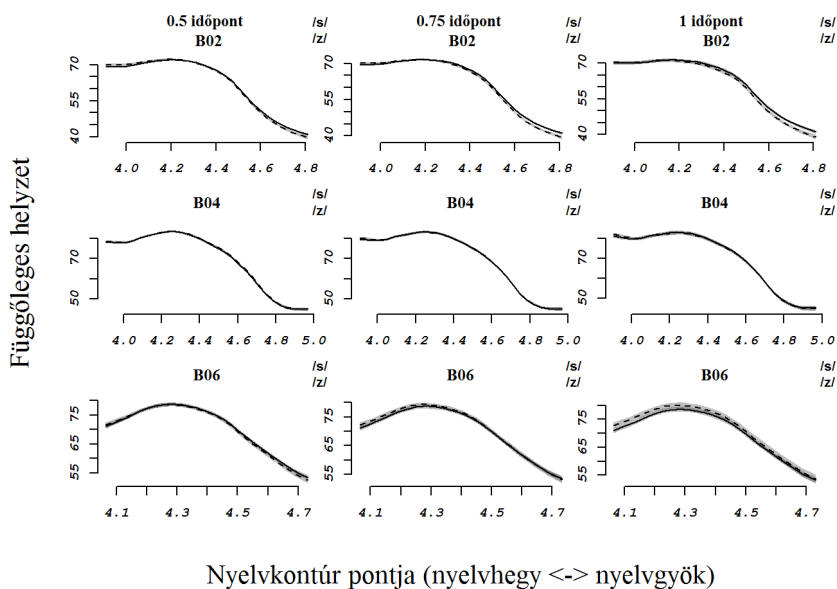
2.b. táblázat: A mássalhangzókontrasztot figyelembe vevő simítások és a tenzorok F -próbáinak eredményei a magánhangzóknak.
(A szürke cellák a szignifikáns értékeket jelölik.)

Beszélő	N	$s(X, \text{by} = \text{C.ord})$		$s(t, \text{by} = \text{C.ord})$		$te(X, t, \text{by} = \text{C.ord})$	
		F	p	F	p	F	p
B01	912	1,863	0,173	4,426	0,036	6,643	< 0,001
B02	1239	0,450	0,502	12,160	0,001	3,840	0,004
B03	1003	2,544	0,009	0,000	0,996	1,256	0,239
B04	1487	2,676	0,102	0,795	0,373	1,578	0,143
B05	1003	5,126	0,024	0,252	0,616	7,199	< 0,001
B06	831	3,441	0,064	6,376	0,012	5,234	< 0,001
B07	1086	4,147	0,042	5,213	0,023	2,155	0,037
B08	1080	23,867	< 0,001	0,187	0,665	9,419	0,002
B09	1184	8,025	0,005	0,244	0,621	3,946	0,002
B10	2372	3,455	0,063	3,080	0,079	2,166	0,017
B11	922	6,315	0,002	1,137	0,287	0,341	0,559
B12	1473	2,885	0,090	0,782	0,377	0,116	0,734

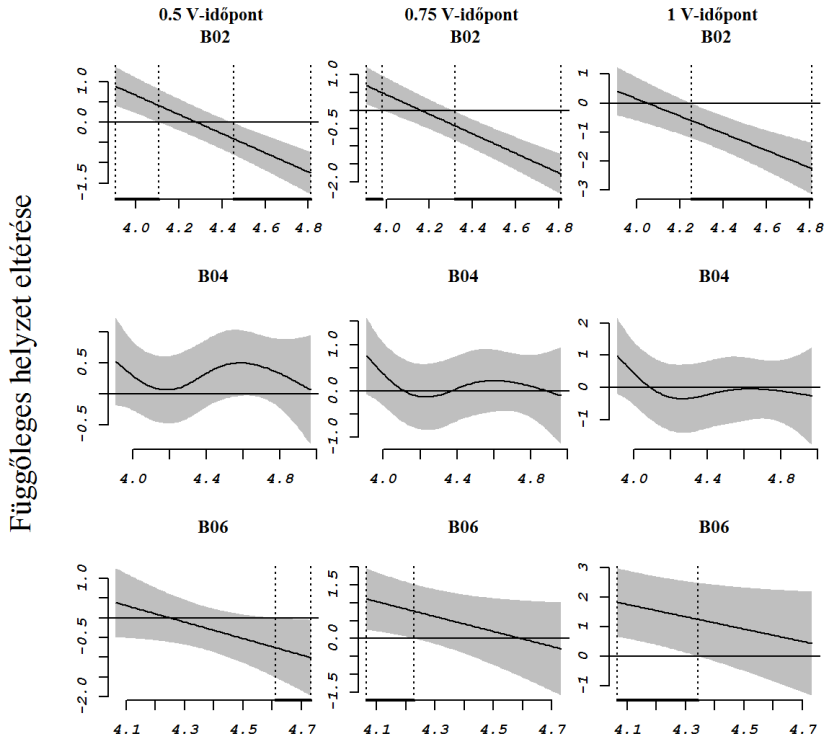
A 2. ábrán illesztett nyelvkontúrokat mutatunk be három beszélőtől három időpontban: a magánhangzó időbeli középpontjában, az időtartam háromnegyedénél és a magánhangzó végén vett mintát. A folytonos vonal a /s/, a szaggatott a /z/ kontextusból vett illesztett nyelvkontúrát és annak 95%-os konfidenciaintervallumát mutatja a három időpontban. A 3. ábrán ugyanezen beszélők ugyanezen időpontokból vett nyelvkontúrjainak a becsült eltérését látjuk az /i/-realizációkban a követő mássalhangzó függvényében. Azaz a vonal az /iz/-/is/ becsült értéket, a szürke sáv annak 95%-os konfidenciaintervallumát mutatja. A szaggatott vonalak az x -tengely vastagabb vonalazásával együttesen a szignifikáns eltérést jelölik.

Az első sorban szereplő beszélő (B02) ejtésében a nyelv hátulsó részén látjuk, hogy az /s/ előtti /i/-realizációkban magasabb helyzetet vett fel, mint a /z/ előtti helyzetben. Ez az eltérés a három időpont között nőtt. A nyelv legelülső része az /i/-realizációkban magasabban volt ezen be-

szélő ejtésében a /z/ előtt, de ez az eltérés a /z/-hez közeledve csökken, nem jelent meg. A második sorban a B04-es beszélő esetében minimális változást látunk. A harmadik sorban szereplő B06-os beszélőtől vett mintában a nyelv elejének pozíciójában látunk eltérést: a /z/ előtti magánhangzókban magasabb helyzetben van a nyelv elülső része, a nyelv középső része pedig alacsonyabban. Ez az eltérés nő az időben előre haladva.



2. ábra: Az /i/ időtartamának 50, 75 és 100%-ában illesztett kontúrok és a 95% konfidenciaintervallumuk a követő mássalhangzó függvényében három beszélő ejtésében. A szaggatott vonal a /z/, a folytonos vonal a /s/ előtti realizációt jelöli.



Nyelvkontúr pontja (nyelvhegy <-> nyelvgyök)

3. ábra: A becsült eltérés és a 95% konfidenciaintervalluma az /i/-realizációkban a követő mássalhangzó függvényében három beszélő ejtésében az /i/ időtartamának 50, 75 és 100%-ában. A szaggatott vonalak az x-tengely vastagabb vonalazásával együttesen a 0-t nem metsző, szignifikáns eltérést jelölik.

3.2. A VC-szekvencia időtartamára készült modellek eredményei

Az alapmodell és a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modell közül az utóbbi ML-száma volt szignifikánsan alacsonyabb a χ^2 -próba alapján (3. táblázat), és az AIC-szám is ezekben volt alacsonyabb. Ezek a modellek az adatok 90,4–98,9%-át magyarázták. Ezek alapján általában elmondható, hogy a nyelvkontúrok eltérnek a két szekvencia között.

3. táblázat: A χ^2 -próba eredménye az alap- és a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modellek összevetésére

Beszélő	Az ML-szám χ^2 -próbája
B01	$\chi^2(8,00) = 104,066, p < 0,001$
B02	$\chi^2(8,00) = 221,198, p < 0,001$
B03	$\chi^2(8,00) = 76,624, p < 0,001$
B04	$\chi^2(8,00) = 52,273, p < 0,001$
B05	$\chi^2(8,00) = 323,557, p < 0,001$
B06	$\chi^2(8,00) = 51,565, p < 0,001$
B07	$\chi^2(8,00) = 380,865, p < 0,001$
B08	$\chi^2(8,00) = 37,804, p < 0,001$
B09	$\chi^2(8,00) = 184,056, p < 0,001$
B10	$\chi^2(8,00) = 67,275, p < 0,001$
B11	$\chi^2(8,00) = 124,496, p < 0,001$
B12	$\chi^2(8,00) = 37,744, p < 0,001$

A VC-szekvencia esetében kapott modelleredményeket a 4.a. (mássalhangzókontraszt nélküli) és a 4.b. (mássalhangzókontrasztot tartalmazó elemek) táblázat mutatja be. Mivel a nyelvkontúr alakja a teljes VC-szekvenciában sem lapos, így a nyelvkontúr pontjaira tett általános (mássalhangzókontraszt nélküli) simítás minden beszélő esetében szignifikáns volt. Mivel a nyelvkontúr pontjainak függőleges helyzete az idő folyamán kiátlagolódhat, a csak az időpontra végzett simítás csak hét esetben volt szignifikáns. A nyelvkontúr pontjaira és az időpontra illesztett tenzor minden beszélő esetében szignifikáns volt, azaz minden beszélő ejtésében volt változás a VC-szekvencia ejtése során. Ez természetesen magától értetődő eredmény, mivel a képzés első szakaszában egy /i/, a másodikban egy réshang az artikulációs cél.

4.a. táblázat: A mássalhangzókontraszt nélküli simítások és a tenzorok F-próbáinak eredményei a VC-szekvenciákban.
(A szürke cellák a szignifikáns értékeket jelölik.)

Beszélő	N	$s(X)$		$s(t)$		$te(X, t)$	
		<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
B01	2213	241,902	< 0,001	4,607	0,032	61,788	< 0,001
B02	2652	621,294	< 0,001	20,974	0,760	16,821	< 0,001
B03	2581	49,169	< 0,001	43,543	< 0,001	17,408	< 0,001
B04	3194	264,159	< 0,001	0,006	0,937	14,303	< 0,001
B05	2957	60,354	< 0,001	4,092	0,043	58,773	< 0,001
B06	2131	169,638	< 0,001	6,217	0,013	5,937	< 0,001
B07	2730	99,864	< 0,001	7,114	0,007	9,837	< 0,001
B08	2667	106,616	< 0,001	34,871	< 0,001	29,360	< 0,001
B09	2519	114,29	< 0,001	20,45	< 0,001	24,43	< 0,001
B10	4349	54,355	< 0,001	2,458	0,117	46,646	< 0,001
B11	2483	301,556	< 0,001	2,527	0,112	15,296	< 0,001
B12	1473	88,069	< 0,001	0,030	0,863	58,734	< 0,001

A jelen vizsgálat szempontjából a mássalhangzókontrasztot tartalmazó modellegységek eredményei jelentősek (4.b. táblázat). A nyelvkontúr formája kilenc beszélő ejtésében szignifikánsan eltért a teljes VC időtartamában a követő mássalhangzó függvényében. Ez azt jelenti, hogy a nyelv formája (az időt nem véve figyelembe) eltér a szekvenciában a mássalhangzó függvényében. Ez három fővel több, mint akik esetében csak az /i/-realizációkat vizsgálva kaptunk szignifikáns eltérést.

A mássalhangzó függvényében a VC-szekvenciabeli időpontra illesztett simítás eltérése csak négy fő esetében volt szignifikáns, hasonlóan a csak a magánhangzóra illesztett modellekhez. Ennek az lehet az oka, hogy mint láthatuk, ha a nyelv elején mért eltérés változása ellentétes a nyelv hátuljánál mérttel, az az illesztés nem feltétlenül ad szignifikáns eltérést.

A nyelvkontúr pontjaira és az időre illesztett tenzor eredményei mutatják a képzés során a nyelv egyes területeinek időbeni mozgását. Ez tíz beszélő ejtésében szignifikánsan eltért a két mássalhangzó között.

4.b. táblázat: A mássalhangzókontrasztot figyelembe vevő simítások és a tenzorok F-próbáinak eredményei a VC-szekvenciákban.

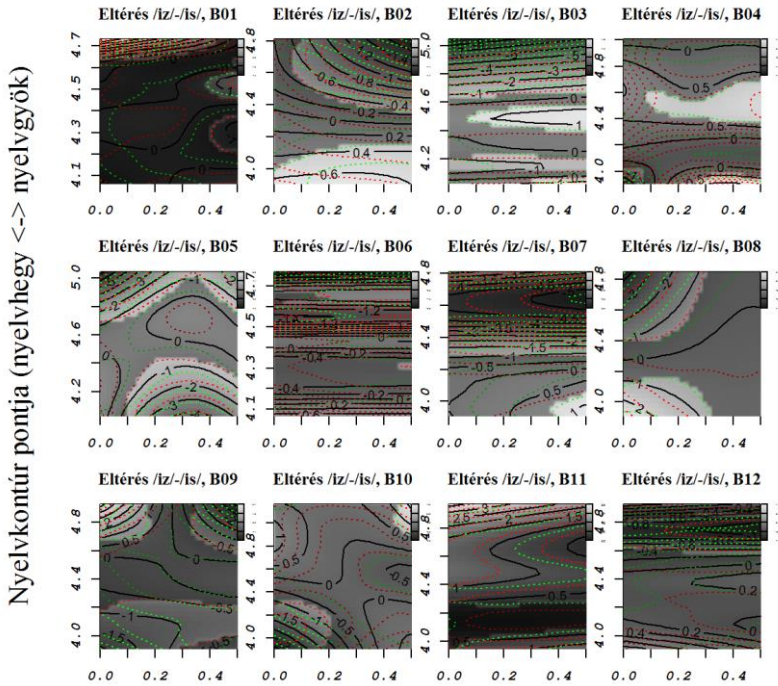
(A szürke cellák a szignifikáns értékeket jelölik.)

Beszélő	N	s(X, by =C,ord)		s(t, by =C,ord)		te(X, t, by =C,ord)	
		F	p	F	p	F	p
B01	2213	8,368	< 0,001	37,037	< 0,001	5,773	< 0,001
B02	2652	54,880	< 0,001	1,644	0,200	2,889	0,003
B03	2581	11,474	< 0,001	3,401	0,106	1,101	0,326
B04	3194	0,008	0,930	0,560	0,455	2,795	< 0,001
B05	2957	0,088	0,768	0,797	0,372	15,603	< 0,001
B06	2131	5,634	< 0,001	0,070	0,792	0,032	< 0,001
B07	2730	10,096	< 0,001	2,200	0,138	15,972	< 0,001
B08	2667	1,849	0,174	2,286	0,131	4,896	< 0,001
B09	2519	78,42	< 0,001	39,30	< 0,001	14,85	< 0,001
B10	4349	7,365	0,006	0,884	0,347	3,384	< 0,001
B11	2483	5,875	< 0,001	12,205	< 0,001	3,072	0,019
B12	1473	3,328	0,002	2,194	0,139	0,806	0,458

3.3. A nyelvkontúr egyes területeinek vizuális elemzése

Azt, hogy a modellekben kapott eltérések pontosan milyen nyelvterületek milyen pozícióján és mozgásán alapulnak, az /iz/ és /is/ hangsorok nyelvkontúrbeli különbségeinek beszélőnkénti vizuális összevetésével tudjuk értelmezni.

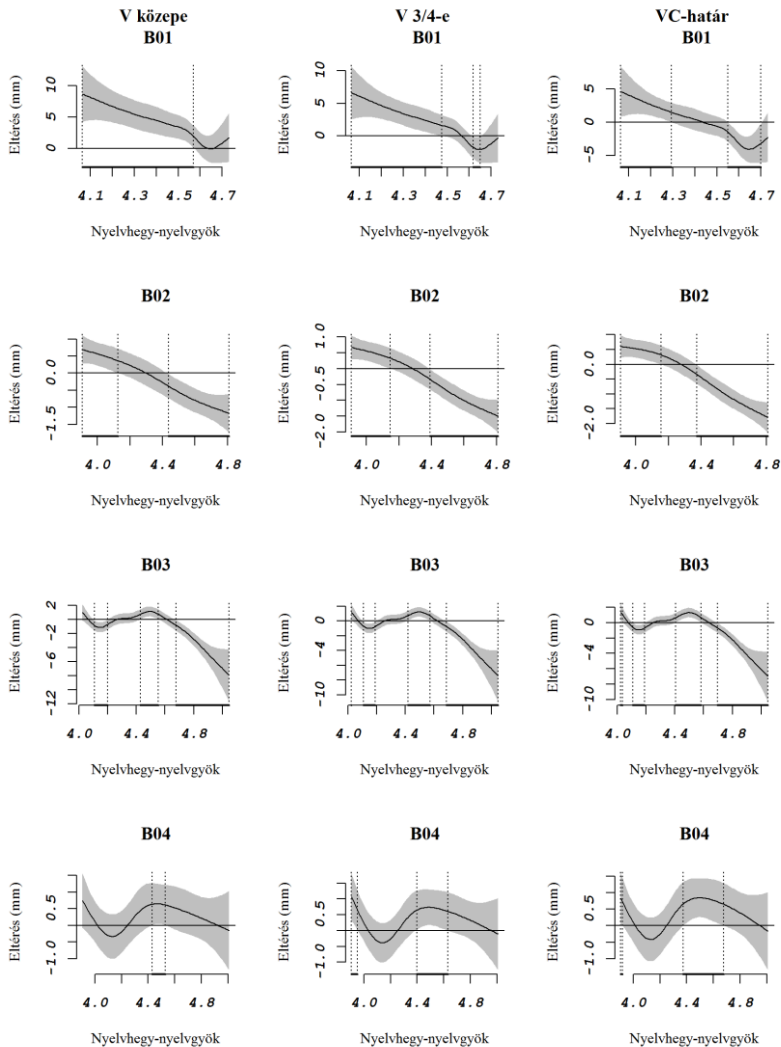
A 4. ábrán a nyelvkontúr pontjainak helyzete közötti eltérést a nyelvkontúr pontjának és az VC-szekvencián belüli időpontnak a függvényében mutatjuk be. A világos területek (szemben a sötétebbekkel) azokat a helyeket jelzik, ahol a becsült eltérés nem metszi a 0-t (annak 95%-os konfidenciaintervallumát nem veszi figyelembe). A nyelv elejében lévő eltérés az ábrák alulsó, a nyelv hátuljában lévő eltérés a felső területein látható. A vízszintes tengelyen a magánhangzó kezdetétől a mássalhangzó végéig emelkedik a normalizált időpont. A magánhangzó és a mássalhangzó határa mindig a 0,5 időpont. A nyelvkontúr pontjainak pozícióját egy poláris koordináta-rendszerben nyerjük ki, ezért a nyelv elülső-középső területe esetében a magasabb érték azt jelenti, hogy a szájpadhoz közelebb emelkedett az adott terület. A nyelv hátulsó területének esetében az alacsonyabb értékek előrébb tolt helyzetet jeleznek.



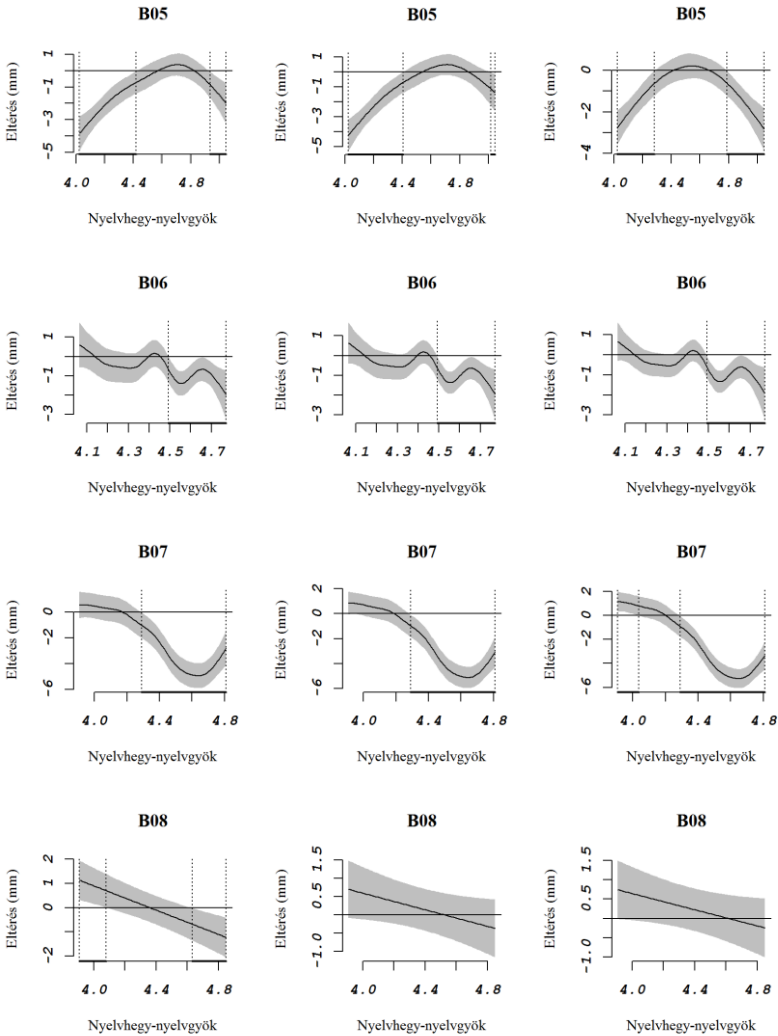
VC-idő: csak V (VC-határ: 0,5)

4. ábra: A nyelvkontúrok közötti eltérés a nyelvkontúr pontjának és az időnek a függvényében. A VC határa 0,5-ös időpontnál van. A világos területek (szemben a sötéttel) azokat az eltéréseket jelölik, ahol a becült eltérés nem metszi a 0-t (annak 95%-os konfidenciaintervallumát nem veszi figyelembe).

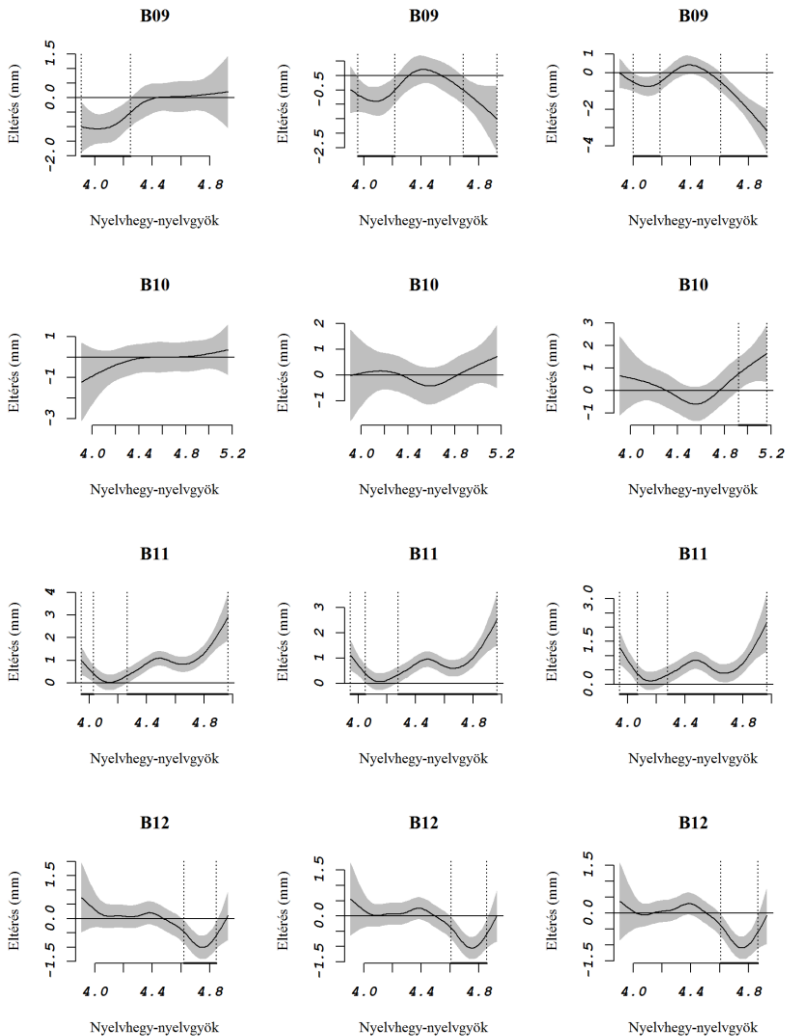
Az 5. ábra a magánhangzó közepén, háromnegyedénél és végén (VC-re normalizált időpont: 0,25, 0,375, 0,5) vett különbségmintázatokat mutatja be. A nyelv fogak felőli része a bal oldalon található. Az egyes sorok B01-től B12-ig mutatják az egyes beszélők eredményeit. Ebben az ábrázolási módban a szaggatott függőleges vonalak és az x -tengelyen a vastagabb vonalazás a szignifikáns eltéréseket jelöli, azaz azokat, ahol sem a becült eltérés, sem annak 95%-os konfidenciaintervalluma nem érinti a 0-t. Ennek az ábrának az elemzése a 4. ábra elemzésének szükséges kiegészítője, mivel a 4. ábra esetében a 0-t érintő konfidenciaintervallumok is világosak (l. van Rij et al. 2020).



5. ábra: A nyelvkontúrok közötti eltérés a követő mássalhangzó függvényében a magánhangzó közepén, háromnegyedénél. A szaggatott vonalak és az x-tengelyen a vastagabb vonal a szignifikáns eltéréseket mutató területeket jelölik, ahol sem a becsült eltérés, sem annak 95%-os konfidenciaintervalluma nem érinti a 0-t. A sorok B01-től B12-ig növekvő kóddal az egyes beszélők adatait mutatják be.



5. ábra (folytatás): A nyelvkontúrok közötti eltérés a követő mássalhangzó függvényében a magánhangzó közepén, háromnegyedénél. A szaggatott vonalak és az x-tengelyen a vastagabb vonal a szignifikáns eltéréseket mutató területeket jelölik, ahol sem a becsült eltérés, sem annak 95%-os konfidenciaintervalluma nem érinti a 0-t. A sorok B01-től B12-ig növekvő kóddal az egyes beszélők adatait mutatják be.



5. ábra (folytatás): A nyelvkontúrok közötti eltérés a követő mássalhangzó függvényében a magánhangzó közepén, háromnegyedénél. A szaggatott vonalak és az x-tengelyen a vastagabb vonal a szignifikáns eltéréseket mutató területeket jelölik, ahol sem a becsült eltérés, sem annak 95%-os konfidenciaintervalluma nem érinti a 0-t. A sorok B01-től B12-ig növekvő kóddal az egyes beszélők adatait mutatják be.

A nyelv elülső területében a zöngés réshangban magasabb helyzetet feltételeztünk. Ez hat beszélő esetében megjelenik, de B02, B05 esetében, bár a magánhangzó alatt megjelent, nem maradt fenn a mássalhangzóban (B05) vagy annak teljes időtartamában (B02) (4. ábra). A magánhangzó időtartama alatt az eltérés szignifikáns (5. ábra). B07 esetében csak a mássalhangzók alatt jelent meg ez az eltérés (4., 5. ábra). B08 esetében pedig a hanghatáron nem állt fenn, de már a magánhangzó alatt megjelent (4. ábra), azonban nem volt szignifikáns (5. ábra), és a mássalhangzó alatt ismét fennállt (4. ábra). Két beszélő, B03 és B09 esetében már a magánhangzó ideje alatt magasabb helyzetű volt a nyelv elülső területe, és ez a különbség a mássalhangzó képzése során is fennállt (4., 5. ábra). B11 ejtésében a nyelv elülső részének pozíciója a zöngés mássalhangzót tartalmazó hangsor teljes időtartamában alacsonyabb volt (4., 5. ábra), ami a feltételezett minta ellenkezője. Öt beszélő (B01, B04, B06, B10, B12) ejtésében a nyelv elülső területe nem mutatott eltérést a két hangsor között.

A nyelv középső területén két beszélő ejtésében magasabb (B03, B04), egy esetében alacsonyabb pozíciót mértünk (B11) (4. ábra).

A nyelv hátulsó részének pozíciója ugyancsak változatos mintázatot adott. B04 és B08 esetében nem volt jelentős eltérés sem a mássalhangzó, sem a magánhangzó időtartama alatt a két hangsor között e tekintetben (4., 5. ábra). B10 esetében pedig a nyelv hátulsó területe a /z/ esetében mutatott magasabb értéket a mássalhangzó időtartama alatt, a magánhangzó időtartama alatt nem (4., 5. ábra). Ez az eltérés a várt mintázat ellentéte. Három beszélő (B01, B09, B11) ejtésében a magánhangzó (kezdeti) szakaszán a várttal ellentétes mintázatból a mássalhangzó időtartamára a várt mintázatra változott a nyelvgyökhöz közeli terület eltérése, azaz az /i/-realizációk esetében még a /s/ előtt, majd a VC-határon és a mássalhangzóban már a /z/ esetében kaptunk alacsonyabb értéket (4. ábra). B01 esetében ez nem jelentős mértékű, nem szignifikáns eltérés a magánhangzó időtartama alatt, míg B09 és B11 ejtésében szignifikáns (5. ábra). Hat beszélő ejtésében (B02, B03, B05, B06, B07, B12) már a magánhangzó képzése alatt megindult, vagy annak teljes idejében fennállt a várt eltérés a nyelv hátulsó területének pozíciójában, azaz alacsonyabb értékeket kaptunk a zöngés mássalhangzót tartalmazó hangsorban (4. ábra). A B05-ös beszélő ejtésében ez a magánhangzó közepe körül nem volt szignifikáns, de a VC-határon igen, míg a többiek ejtésében már a magánhangzó felénél is szignifikáns az eltérés (5. ábra). B03 és B05 ejtésében a mássalhangzó vége felé csökkent a különbség (4. ábra).

A nyelv hátulsó területe három olyan beszélő ejtésében is szignifikánsan előrébb volt már az /i/ realizációjában zöngés kontextusban, akiknél a nyelv elülső területe (még) nem emelkedett meg.

3.4. A /z/-realizációk zöngéssége és a megelőző magánhangzó nyelvkontúrjának összefüggései

Elemeztük a két réshang realizációjának fonetikai zöngésségét, azon belül a zöngés rész arányát és a zöngve lecsengésének idejét. Ezt a részletes elemzést egy korábbi tanulmányban (Grácsi et al. 2020) elvégeztük. A jelen tanulmányban a három, a zöngésség fenntartása alapján elkülönített beszélői csoportban elemezzük a nyelvkontúrok alakulását.

Az *Anyag és módszer* című fejezetben leírt három beszélői csoport a következőképpen alakult. Hat beszélő tartozott a „zöngfenntartó” csoportba: B01, B02, B03, B04, B11, B12. Három beszélő tartozott a „zöngétlenítő” csoportba: B06, B09, B10. A „részben zöngétlenítő” csoporthoz is három beszélő tartozott: B05, B07, B08. A B06-os beszélő ejtésében a /z/-realizációkban a zöngképzés az időtartam első 10%-ában leállt minden esetben. B10 esetében a mássalhangzó időtartamának 20–40%-a között állt le a zöngképzés minden esetben. B05, B07, B08 és B09 esetében az időtartam 20%-a után, a leállás idejében nagy szórással állt le a hangszalagok rezgése.

A nyelv hátulsó területének pozícióbeli eltérését elemeztük a három csoport között. A „zöngfenntartó” csoport nyelvkontúrjának a két hangsor közötti eltérésében azt találtuk, hogy vagy a magánhangzó képzése során elkezdődött a nyelv hátuljának az előre tolódása az /iz/ hangsorban, vagy már ekkor is szignifikáns eltérés állt fenn. B01 esetében az ellentétes, de nem szignifikáns mintázatból a várt mintázatra állt át a nyelv, B02, B03, B11, B12 ejtésében pedig már az /i/ realizációja alatt is a várt mintázat állt fenn. Kivétel ebben a csoportban B04, akinek az ejtésében nem volt szignifikáns eltérés a két hangsorban a nyelv hátulsó részének pozíciójában.

A „zöngétlenítő” csoportban az alábbi tendenciák voltak megfigyelhetők. B06 ejtésében minden /z/-realizációjában már az időtartam első 10%-ában leállt a zöngképzés, mégis már a magánhangzó időtartamában végig előrébb helyezkedett el a nyelv hátulsó területe. Ugyanebben a csoportban B09 ejtésében a magánhangzó kezdeti szakaszában a várt ellentétes mintázatot találtunk, de a magánhangzó időtartama alatt előrébb tolódott ez a terület a zöngés mássalhangzós hangsorokban, és a rés-

hangok képzése során fennállt a várt eltérés. B10 esetében, aki ugyancsak a „zöngétlenítő” csoportba tartozott, a magánhangzó alatt nem látunk eltérést, a mássalhangzó időtartama alatt pedig a várttal ellentétes mintázatot találtunk.

A „részben zöngétlenítő” beszélők esetében három eltérő mintázatot dokumentáltunk. B05 ejtésében a magánhangzó alatt eltért a nyelv hátulsó területének pozíciója a várt irányban a két hangsor között, de ez a mássalhangzó felé közeledve csökkent, majd ismét megjelent. Ez feltehetően abból ered, hogy nagy volt az egyes realizációk közötti variabilitás. A B07 beszélő ejtésében a várt tendenciát találtuk: a nyelv hátulsó területe a /z/-t tartalmazó hangsorokban előrébb helyezkedett el. Ez a mintázat már a magánhangzó időtartama alatt is fennállt, a mássalhangzó időtartama alatt pedig nőtt a két konzonáns között az eltérés. B08 ejtésében a nyelv pozíciója a várt irányban tért el, de a mássalhangzó határán nem érte el a szignifikanciaküszöböt. Ez is feltehetően a realizációk nagyobb variabilitásával magyarázható, összefügghet a zöngé fenntartásának „sikerességével”.

Összességében elmondható, hogy mind a három, a fonetikai zöngéség fenntartása alapján kialakított résztvevői csoportban volt olyan beszélő, akinek az ejtésében a nyelv hátulsó területe előrébb helyezkedett el már a magánhangzó időtartama alatt is a zöngés réshangot tartalmazó hangsorban, de olyan beszélő is, akinél a nyelv hátulsó területének pozíciója nem tért el, vagy éppen a várttal ellentétesen az /s/ előtt tolódott előrébb. A „zöngéfenntartó” csoportban gyakoribb volt a várt tendencia megjelenése, mint a „zöngétlenítő”-ben. A leginkább variábilis realizációkra utaló eredményeket pedig a „részben zöngétlenítő” csoportban kaptuk.

4. Következtetések

A jelen tanulmányban az /i/ realizációit elemeztük /z/ és /s/ előtti pozícióban, egyrészt a követő obstruens fonológiai zöngességének, másrészt a megvalósult beszédhang (fonetikai) zöngességének tekintetében. A nyelvkontúr pozícióját és annak időbeli változását vizsgáltuk a magánhangzóban. Elsődleges kutatási kérdésünk a nyelvyökö (a tanulmányban módszertani okokból a nyelvkontúr hátulsó része) pozíciójára irányult, mivel ez a zöngés fonémák realizációjában általában előrébb helyezkedik el, mint a zöngétlenekében. Másodlagos kérdésként a nyelvhegy és nyelvpárkány területének (a tanulmányban módszertani okokból a nyelv elülső részének) mozgását is elemeztük, mivel a zöngés fonémák eseté-

ben a zöngétlenekhez képest kisebb keresztmetszetű akadály létrehozásával érhető el intenzív turbulens zörej. Az alábbiakban megvizsgáljuk az eredményeket a hipotézisek tükrében.

1. Mindenekelőtt feltételeztük, hogy a nyelvgyök területe a legtöbb beszélő ejtésében már a magánhangzó időtartama alatt előrébbi pozíciót vesz fel a zöngés kontextusban, mint a zöngétlenben. Az eredményeik alapján a nyelvgyök a 12 beszélőből 7 ejtésében szignifikánsan előrébb helyezkedett el már a magánhangzó képzése alatt (annak részében vagy egészében) a zöngés kontextusban. További egy beszélő ejtésében nagyjából a VC-határon jelent meg ez az eltérés; háromnál pedig minimális volt, vagy nem jelent meg. Egy beszélő ejtésében a magánhangzó időtartama alatt nem jelent meg ez az eltérés, a mássalhangzó időtartama alatt pedig a várttal ellentétes mintázatot találtunk. Ez az eredmény hasonló, mint Corettáé (2020) az explozívák előtti vokálisokban. Az idézett szerző azt találta, hogy már a mássalhangzót megelőző magánhangzó időtartama alatt megindult a nyelvgyök előrébb tolódása zöngés kontextusban. Tizenhétből 11 beszélő ejtésében ez a folyamat szignifikáns eltérést okozott a VC-határon a mássalhangzó zöngésségének függvényében. Coretta (2020) vizsgálta a magánhangzó időtartamának hatását is: az eltérés mértéke a magánhangzó időtartamától függött, minél hosszabb volt, annál előrébb helyezkedett a zöngések előtt a nyelvgyök. A jelen vizsgálatban ezt az esetleges összefüggést nem elemeztük, de felmerül, hogy mivel a réshangok előtt is fennáll ez a tendencia (összefoglalóan l. Bárkányi – Kiss 2019), a továbbiakban érdemes megvizsgálni.

2. A fenti hipotézisből kiindulva feltételeztük azt is, hogy a nyelvgyök előrébb tolódása jellemzőbb tendencia a hangszalagrezgést fenntartó beszélők ejtésében. A nyelvgyök pozícióbeli eltérése a két kontextus között valóban összefüggeni látszott a hangszalagrezgés fenntartásával. Azon beszélők ejtésében, akiknek a /z/ realizációi főként zöngésen realizálódtak, a leggyakrabban már a magánhangzó időtartama alatt előrébb tolódott a nyelvgyök, mint a /s/ ejtési esetében. Ezzel szemben a főként zöngétlen /z/-realizációkat ejtők esetében ez a tendencia ritkább volt. Azon adatközlők ejtésében, akiknél változatos volt, hogy fonetikai értelemben zöngésen vagy (részben) zöngétlenül ejtik a fonológiailag zöngés fonémát, a nyelvgyök pozíciójára kapott eredmények is változatoságra utaltak. Voltak azonban olyan beszélők, akiknél nem látszott a várt összefüggés. Ennek hátterében az a magyarázat állhat, hogy – amint azt a *Bevezetés*-ben is említettük – számos artikulációs eltérés mutatható még ki a zöngésségi párok között, amelyek együtt vagy komplementer módon

részt vehetnek a zöngé fenntartásában. Míg például Ahn és Davidson (2016) nem talált eltérést a mássalhangzó időtartama alatt a nyelvgyök helyzetében a zöngés fonémák fonetikai zöngességének függvényében (de a zöngétlen fonémák realizációihoz minden esetben szignifikánsan előrébb helyezkedett el a nyelvgyök), addig Fuchs és kollégái (2007) korrelációt találtak a zöngé időtartamaránya és a nyelv-szájpad kontaktus kiterjedése között. Így feltehető, hogy a nem várt tendenciát mutató beszélők esetében más artikulációs gesztusok szimultán vizsgálatával lehetne precízebb magyarázatot adni.

3. A nyelvhegy pozíciójáról feltételeztük, hogy a zöngés kontextusban már a magánhangzó időtartama alatt kimutathatóan magasabb, mint a zöngétlenben a legtöbb beszélő ejtésében. Ez a feltételezésünk nem nyert alátámasztást. A 12 adatközlőből 3 ejtésében láttuk azt, hogy már az /i/ artikulációja alatt magasabb pozícióba helyezkedett a nyelv eleje a /z/-s környezetben, de az egyik adatközlő esetében a nyelvgyök pozíciója tér el az elvárt eredménytől, így megállapíthattuk, hogy a 4. hipotézisünk sem nyert alátámasztást.

4. hipotézisünk ugyanis az volt, hogy a két terület, azaz a nyelvgyök és a nyelvhegy mozgása között összefüggés van: akinél a nyelvgyök előrébb tolik már a magánhangzó időtartama alatt a zöngés kontextusban, annál ugyanekkor a nyelv elülső területe megemelkedik. Mindezt a zörejességi cél miatt feltételeztük. Ugyanakkor a jelen vizsgálatban és a mássalhangzók elemzésével kapott eredményeink (Grácz et al. 2020) alapján nem találtunk ilyen tendenciát: általában a nyelvhegy emelkedése nem volt olyan erős tendencia, mint feltételeztük, és a nyelvhegy és a nyelvgyök mozgása nem kapcsolódott össze.

Fontos szem előtt tartani azt is, hogy ahhoz, hogy intenzív turbulens zörej jöhessen létre alacsonyabb szájjüregi nyomás esetében, szűkebb keresztmetszetű akadályra van szükség (Fuchs et al. 2007), de elképzelhető, hogy ez az artikulációs cél későbbi időzítésű, másrészt pedig tudható, hogy a frikatívák realizációi jelentősen eltér(het)nek zörejességükben teljesen zöngés realizáció esetében is (a jelen vizsgálatban szereplő frikatívák spektrális eredményei: Grácz et al. 2020). A jelen vizsgálat előzményében, amelyben a réshangokat elemeztük artikulációs és akusztikai szempontból (Grácz et al. 2020), néhány beszélő realizációira jellemzőnek találtuk az approximalizált ejtésre utaló spektrális szerkezetet (pl. alacsony spektrális súlypont, azaz CoG), ami az itt (és ott is) kapott, a nyelvhegyre jellemző adatokat is magyarázhatja, hiszen a kevésbé megemelt nyelvhegy következtében jelenik meg ez az akusztikai lenyomat. A

nyelv elülsőbb területeinek és a nyelvgyök pozíciójának együttmozgása más típusú kérdésekben sem jelent meg, amelyekben olyan nyelveket elemeztünk, ahol a nyelvgyök pozíciója alapján feltételeztünk vagy kimutattunk magánhangzók között különbséget (Eichholz et al. 2018; Tiede 1996).

Kitekintésként érdemes végiggondolni, hogy a fonetikai pozíció, a magánhangzó-minőség vagy épp a mássalhangzó-minőség befolyásolhatja-e az eredményeket. A jelen vizsgálatban intervokális pozícióban vizsgálatuk a réshangokat. Ebben a pozícióban a legkönnyebb a zöngé fenntartása, míg abszolút szókezdő pozícióban a zöngé megindítása további manővereket igényel, a legnagyobb zöngétlenedési arányt pedig abszolút szóvégi pozícióban lehet mérni (Westbury – Keating 1986; összefoglalóan l. Bárkányi – Kiss 2019). Felmerülhet, hogy az intervokális pozícióban a legkisebb szerepű a segítő jellegű artikulációs manőverek szerepe, és így a megjelenésük gyakorisága vagy mértéke is. Ugyanakkor az is előfordulhat, hogy más pozícióban további manőverekkel élnek a beszélők (abszolút szó eleji pozícióban pl. svá jelenhet meg, amit magyar beszédben Bárkányi – Kiss – Mády 2009 és Gráczai 2012 is adatolt). Az abszolút szóvégi pozícióban a magyar nyelvben eddig nem feltételezték a zöngésségi neutralizációt, mert az akusztikai jegyek alapján kimutatható statisztikailag szignifikáns szembenállás. Ha Ohala (1983) gondolatait követjük, akkor a beszédészlelés mintázatait kontextusban vonjuk el, így az adott kontextusra jellemző mintázat alapján is észlelünk. Ugyanakkor felmerül az is, hogy a beszélők gyakorta tartanak fenn olyan akusztikai kontrasztot, amely önmaguk észleletében sem éri el az azonosítás küszöbét (l. Westbury – Keating 1986). Bárkányi és Kiss (2019) a magyar nyelvre kapott abszolút szóvégi akusztikai és a percepciós eredményeket összevetve felhívja rá a figyelmet, hogy a zöngérsz-arány és a megelőző magánhangzó : mássalhangzó időtartamaránya a percepciós határ alatti értékeket mutat. Ez alapján a percepció számára ebben a pozícióban felmerül az oppozíció neutralizálódása. Kérdés, hogy az abszolút szóvégi fenntartott minimális akusztikai oppozíció, vagy épp az abszolút szóeleji zöngéindítási nehézségek miatti további artikulációs manőverek mellett milyen eredményeket mutatna a nyelvgyök mozgása. A jelen vizsgálatban olyan pozícióban volt célunk elemezni a jelenséget, amely abból a szempontból neutrálisnak tekinthető, hogy a nyelvgyök szerepe egyértelmű, nem jelenik meg további hatás vagy neutralizáció. Nem zárható ki ugyanakkor az alternatív képzési móddal történő megjelenés sem (pl. Bárkányi – Kiss 2009; Gráczai 2012; Gráczai et al. 2020).

Felmerülhet ugyanakkor az a kérdés, hogy azon intervokális helyzetekben, ahol a zöngérszék-arány alacsony, egyáltalán azonosítható-e a szándékolt /z/ fonéma. Az akusztikai kulcsok és a percepció elemzése ebben a tanulmányban nem volt célunk, de a korábbi magyar kutatási eredmények (Bárkányi – Kiss 2019) intervokális, de szóvégi pozícióban azt találták, hogy mintegy 30% zöngérszék-arány felett zöngésként azonosítják a beszédhangot a beszélők. A jelen vizsgálatban egy beszélő (B06) gyakorta ennél alacsonyabb (de a /s/-realizációkhoz képest szisztematikusan magasabb) értékkel ejtette a /z/-realizációkat. Az ilyen ejtések esetében a másodlagos kulcsok és (hétköznapi, nem logatomokat tartalmazó mondatban) az értelmesítés segítheti a hallgatót.

A vizsgálatunk csak egy magánhangzóra, az /i/-re irányult, ezért felmerül a kérdés, hogy a nyelv pozíciója milyen eltérést mutathat más magánhangzók ejtésében a követő mássalhangzó zöngésségének függvényében. Ahn és Davidson (2016) vizsgálatában frázisok zöngés és zöngétlen obstruenseket (felpattanó zárhangokat, réshangokat és affrikátákat) elemezték /e/ és /u/ előtti pozícióban egy- és szimultán két nyelvű beszélők ejtésében. Azt feltételezték, hogy az elől képzett /e/ esetében a nyelvgyök előretolódása korlátozottabb lesz, eredményeik azonban nem mutattak eltérést a két magánhangzó kontextusában. Shadle és kollégái (2008) öt amerikai angol beszélő minden réshangját elemezték /a i u ə/ kontextusban. Egy beszélő kivételével mindenki ejtésében eltért a nyelv formája és helyzete is egy-egy fonéma realizációiban a hangkörnyezet függvényében. Coretta (2020) a felpattanó zárhangok előtt három magánhangzót vizsgált a tanulmányban: /a, o, u/, ezek közül az /a/ realizációiban erőteljesebb hatást mutatott ki, mint a másik kettőben. Emellett a gége pozíciója, az epilarynx térfogata (még ha nem is teljesen kategorikusan leírhatóan, de) eltér az egyes magánhangzók között (pl. Wood 1979, összefoglalóan l. Moisk et al 2019). Esling (2005: 23) alapján például a nyelv retrakciójában eltérést feltételezhetünk a hátul képzett magánhangzók között a nyelvállásfok mentén, ami a nyelvgyök hangkörnyezetfüggő mozgásával kölcsönhatásban lehet, akár úgy, hogy más mértékű hatás jelenhet meg a magánhangzóban, de akár a vokális is hathat a mássalhangzó artikulációjára. Emellett számos további, a magánhangzóra jellemző artikulációs tényező közrejátszhat a réshangok zöngésségi realizációjában. A VOT (a felpattanó zárhangok zöngékezdesi ideje) például összefüggést mutat a nyelvállásfokkal (magyarra l. pl. Gósy 2000), úgy, hogy a felsőbb nyelvállásfokú követő magánhangzó esetében hosszabb idő kell a zöngé megindulásához, az intervokális réshangok eseté-

ben pedig a zöngés rész aránya változott a megelőző és követő magánhangzó függvényében (szimmetrikus hangkörnyezetben: Grácz 2012). Mindkettő esetében feltételezhető, hogy egyrészt hatással van a magánhangzóbeli nyelvpozíció a szájüregi térfogat módosítása következtében az aerodinamikai feltételekre. Másrészt feltételezhető, hogy a két szomszédos beszédhang között megteendő artikulációs távolság, az artikulációs mozgások gyorsasága is hatással van a realizációkra.

A zöngés réshangok ejtésében aerodinamikai ellentmondás feszül a gégeben létrejövő zöngé és a szupraglottális artikulációs gesztusok egyidejű fenntartása között, ahogyan a *Bevezetés*-ben részleteztük. Ezért a visszafelé ható koartikuláció egyik sajátos esete a zöngésségi kontraszt fenntartásából fakadó fonetikai sajátosságok megjelenése a mássalhangzót megelőző magánhangzó artikulációjában. Az artikulációs gesztusok változásának és változatosságának elemzéséhez célzott műszeres vizsgálatokra van szükség. Tanulmányunk elsőként vizsgálta magyar réshangok fonológiai és fonetikai zöngésségének függvényében a megelőző magánhangzóbeli nyelvvalak és -helyzet alakulását, nyelvultrahangos képalkotás módszertanának segítségével. A különféle, időben és térben is variábilis mintázatok leírására, valamint eltéréseik statisztikai jellemzésére általánosított additív kevert modelleket alkalmaztunk. A jelen eredmények korlátozottan általánosíthatók, mivel egy réshang egy magánhangzóra gyakorolt hatását elemeztük. Így az általánosabb következtetések levonásához további fonémák koartikulációjára kiterjedő vizsgálatok szükségesek. További artikulációs jellemzők vonandók be a vizsgálatba annak érdekében, hogy a lehető legpontosabb képet alkothassuk meg e koartikulációs jelenségek részben nyelvfüggő realizációjáról.

Irodalom

- Ahn, Suzy – Davidson, Lisa (2016), Tongue root positioning in English voiced obstruents: Effects of manner and vowel context. *Journal of the Acoustical Society of America* 140: 3221. <https://doi.org/10.1121/1.4970161>
- Bárkányi Zsuzsanna – G. Kiss Zoltán (2019a), A fonetikai korrelátumok szerepe a zöngekontraszt fenntartásában. *Beszédproduktív és észleléses eredmények. Általános Nyelvészeti Tanulmányok* 31: 57–102.

- Bárkányi, Zsuzsanna – G. Kiss, Zoltán (2019b), Word-final fricative contrasts in Hungarian. A phonetic approach. Paper presented at the Budapest Phonology and Linguistics Circle (BuPhoC). Budapest, 25 November 2009.
- Bárkányi Zsuzsanna – G. Kiss Zoltán – Mády Katalin (2009), Az /s/-/z/ oppozíció fenntartása megnyilatkozás végén. *Beszédkutatás 2009 Budapest*, 16–17 October 2009.
- Bickley, Corine A. – Stevens, Kenneth N. (1986), Effects of a vocal tract constriction on the glottal source: experimental and modeling studies. *Journal of Phonetics* 14: 373–382.
- Boersma, Paul – Weenink, David (2019), Praat: doing phonetics by computer. http://www.fon.hum.uva.nl/praat/download_win.html. (Utolsó letöltés: 2019. október 1.),
- Coretta, Stefano (2019a), Assessing mid-sagittal tongue contours in polar coordinates using generalised additive (mixed) models. DOI: 10.31219/osf.io/q6vzb. pre-print page: https://www.researchgate.net/publication/335475997_Assessing_mid-sagittal_tongue_contours_in_polar_coordinates_using_generalised_additive_mixed_models. (Utolsó letöltés: 2020. augusztus 1.)
- Coretta, Stefano (2019b), rticulate: Ultrasound tongue imaging in R. R package version 1.5.0.9000. <https://github.com/stefanocoretta/rticulate> (Utolsó letöltés: 2020. augusztus 1.)
- Coretta, Stefano (2020), Longer vowel duration correlates with greater tongue root advancement at vowel offset: Acoustic and articulatory data from Italian and Polish. *Journal of Acoustic Society of America* 147: 245. doi: 10.1121/10.0000556. (Utolsó letöltés: 2020. augusztus 1.)
- Docherty, Gerard J. (1992), *The Timing of voicing in British English obstruents*. Foris Publications, Berlin – New York.
- Eichholz, Julia – Meier, Michelle – Greisbach, Reinhold – Pasch, Helma – Landi, Germain – Csapó, Tamás Gábor – Markó, Alexandra – Deme, Andrea (2018), Vocalic tongue shape contours in Zande *Proceedings of the Conference on Phonetics & Phonology in German-speaking countries (P&P 13)*. 49–52
- Esling, John H. (2005), There are no back vowels: The laryngeal articulator model. *Canadian Journal of Linguistics* 50: 13–44.
- Fant, Gunnar (1960), *Acoustic theory of speech production*. Mouton, The Hague.
- Fletcher, Samuel G. (1989), Palatometric specification of stop, affricate, and sibilant sounds. *Journal of Speech and Hearing Research* 32: 736–748.
- Fuchs, Susanne – Brunner, Jana – Busler, Anke (2007), Temporal and spatial aspects concerning the realizations of the voicing contrast in German alveolar and postalveolar fricatives. *Advances in Speech – Language Pathology* 9/1: 90–100.

- Fuchs, Susanne – Perrier, Pascal (2003), An EMMA/EPG study of voicing contrast correlates in German. In: Solé Maria J. – Recasens, Daniel – Romero, Joaquín (eds), *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences*. Barcelona. 1057–1060.
- Gósy Mária (2000). A [p, t, k] mássalhangzók zöngékezdesi ideje. *Magyar Nyelvőr* 124: 195–204.
- Grácsi Tekla Etelka (2012), *Zörejhangok akusztikai fonetikai vizsgálata a zöngésségi oppozíció függvényében*. Doktori értekezés. ELTE Nyelvtudományi Doktori Iskola, Budapest. <http://doktori.btk.elte.hu/lingv/gracztekla/diss.pdf>
- Grácsi, Tekla Etelka – Csapó, Tamás Gábor – Bartók, Márton – Deme, Andrea – Markó, Alexandra (2020), The realization of voicing opposition in alveolar fricatives in Hungarian. *Beszédtudomány – Speech Science* 1. Megjelenés alatt.
- Jansen, Wouter (2007), Phonological 'voicing', phonetic voicing, and assimilation in English. *Language Sciences* 29: 270–293.
- Liker, Marko – Gibbon, Fiona E. (2011), Groove width in Croatian voiced and voiceless postalveolar fricatives. In: *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*. Hong Kong, 17–21 August 2011. 1238–1241.
- Liker, Marko – Gibbon, Fiona E. (2013), Differences in EPG contact dynamics between voiced and voiceless lingual fricatives. *Journal of the International Phonetic Association* 43/1: 49–64. doi:10.1017/S0025100312000436.
- Liker, Marko – Gibbon, Fiona E. (2018), Tongue-palate contact timing during /s/ and /z/ in English. *Phonetica* 75: 110–131.
- Magdics Klára (1966), A magyar beszédhangok időtartama. *Nyelvtudományi Közlemények* 68: 125–139.
- Markó, Alexandra – Bartók, Márton – Csapó, Tamás Gábor – Deme, Andrea – Grácsi, Tekla Etelka (2019), The effect of focal accent on vowels in Hungarian: articulatory and acoustic data. In: Calhoun, Sasha – Escudero, Paola – Tabain, Marija – Warren, Paul (eds), *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences*. Australasian Speech Science and Technology Association Inc., Melbourne, Canberra. 2715–2719. http://intro2psycholing.net/ICPhS/papers/ICPhS_2764.pdf
- McLeod, Sharinne – Roberts, Amber – Sita, Jodi (2006), Tongue/palate contact for the production of /s/ and /z/. *Clinical Linguistics and Phonetics* 20: 51–66.
- Mihajlik, Péter – Tüske, Zoltán – Tarján, Balázs – Németh, Botyán – Fegyó, Tibor (2010), Improved recognition of spontaneous Hungarian speech: Morphological and acoustic modeling techniques for a less resourced task. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing* 18/6: 1588–1600.

- Moisik, Scott R. – Esling, John H. – Crevier-Buchman, Lise – Halimi, Philippe (2019), Putting the larynx in the vowel space: Studying larynx state across vowel quality using MRI. In: Proceedings of 19th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS). Australasian Speech Science and Technology Association, Canberra. 257–294.
- Müller, Eric. M. – Brown Jr., William S. (1980), Variations in the supraglottal air pressure waveform and their articulatory interpretation. *Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice* 4: 317–389.
- Narayanan, Shrikanth S. – Alwan, Abeer A. – Haker, Katherine (1995), An articulatory study of fricative consonants using magnetic resonance imaging. *Journal of the Acoustical Society of America* 98: 1325–1347.
- Ohala, John J. (1983), The origin of the sound patterns in vocal tract constraints. In: MacNeilage, Peter F. (ed.), *The Production of Speech*. Springer Verlag, New York. 189–216.
- Ohala, John J. – Solé, Maria J. (2010), Turbulence and phonology. In: Fuchs, Susanne – Toda, Martine – Zygis, Marzena (eds), *Turbulent sounds: An interdisciplinary guide*. De Gruyter Mouton, Berlin – New York. 37–102
- R Core Team (2019), R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
<https://www.R-project.org/>.
- van Rij, Jacolien – Wieling, Martijn – Baayen, R. Harald – van Rijn, Hedderik (2017), *itsadug: Interpreting time series and autocorrelated data using GAMMs*. R package version 2.3.
<https://cran.r-project.org/web/packages/itsadug/index.html>
- Shadle, Christine H. (1991), The effect of geometry on source mechanisms in fricative consonants. *Journal of Phonetics* 19: 409–424.
- Shadle, Christine H. – Iskarus, Khalil – Proctor, Micheal I. (2008), An MRI study of the effect of vowel context on English fricatives. *The Journal of the Acoustical Society of America* 123: 3735. DOI: 10.1121/1.2935246
- Shih, Chilin – Möbius, Bernd – Narasimhan, Bhuvana (1999), Contextual effects on consonant voicing profiles: A cross-linguistic study. In: Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences. San Francisco, CA. 989–992.
- Smith, Caroline L. (1997), The devoicing of /z/ in American English: Effects of local and prosodic context. *Journal of Phonetics* 25: 471–500.
- Sóskuthy, Márton (2017), Generalised Additive Mixed Models for dynamic analysis in linguistics: A practical introduction. arXiv:1703.05339 [stat:AP].
- Stevens, Kenneth N. (1997), Articulatory–acoustic–auditory relationships. In: Hardcastle, William J. – Laver, John (eds), *The Handbook of Phonetic Sciences*. Blackwell, Oxford. 462–506.

- Svirsky, Mario – Stevens, Kenneth N. – Matthies, Melanie – Manzella, Joice – Perkell, Joseph – Wilhelms-Tricarico, Reiner (1997), Tongue surface displacement during bilabial stops. *Journal of the Acoustical Society of America* 102/1: 562–571.
- Tabain, Marija (2001), Variability in fricative production and spectra: Implications for the hyper- and hypo- and quantal theories of speech production. *Language and Speech* 44: 57–94.
- Tiede, Mark K. (1996), An MRI-based study of pharyngeal volume contrasts in Akan and English. *Journal of Phonetics* 24: 399–421.
- Westbury, John R. – Keating, Patricia A. (1986), On the naturalness of stop consonant voicing. *Journal of Linguistics* 22: 145–166.
- Wieling, Martijn (2018), Analyzing dynamic phonetic data using generalized additive mixed modeling: A tutorial focusing on articulatory differences between L1 and L2 speakers of English. *Journal of Phonetics* 70: 86–116.
- Wood, Sidney (1979), A radiographic analysis of constriction location for vowels. *Journal of Phonetics* 7: 25–43.
- Wood, Simon N. (2017), *Generalized Additive Models: An introduction with R* (2nd edition). Chapman and Hall/CRC.

Függelék

1. A kísérletben használt mini dialógusok

- [1] Hogy lett a kutya neve Lakinger Béla?
Iszi/Izi nevezte el a Moldova-könyvről. Nagyon szereti Moldovát.
- [2] Ege miatt nem tudtál haladni?
Iszi/Izi nehezítette meg a dolgomat, nem Ege.
- [3] Hogy tört el megint a karfa?
Iszi/Izi nehezkedett rá. Folyton arra ült, nem az ülőlapra.
- [4] Hogyhogy olyan jóban van Petra Iszivel/Izivel?
Iszi/Izi nevelte fel. Bár a kislány otthon lakott, állandóan nála időzött gyerekkorában.
- [5] Ki nevette ki szegény kiskutyát?
Iszi/Izi nevette ki szegény állatot. A többiek sajnálták.

2.a Alapmodell

```
polar_gam(Y ~ s(X) +  
s(t) +  
te(X, t),  
data=df,  
origin = c(71.91,0.15),  
fan_lines = c(fanlinemin, fanlinemax),  
method='ML')
```

2.b Végző modell (mássalhangzókontraszt, első rendű autókorrrelációs modell, k-érték beállítása után)

```
polar_gam(Y ~ c.ord +  
s(X, k = 20) +  
s(t) +  
te(X, t) +  
s(X, by=c.ord) +  
s(t, by=c.ord) +  
te(X, t, by=c.ord),  
data=df, origin = c(71.91,0.15),  
fan_lines = c(fanlinemin, fanlinemax),  
AR.start=start.event,  
rho=valRho,  
method='ML')
```