

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**A beszéd akusztikai-fonetikai elemzése és
modellezése
különös tekintettel a korszerű beszédépítés
követelményeire**

írta:
Olaszy Gábor

2001

Tartalomjegyzék

Előszó.....	1
1. Bevezetés.....	2
2. A beszédépítés és fajtái.....	3
3. Az eddigi kutatások áttekintése.....	5
4. Új kutatási követelmények.....	16
5. Módszer és eszközök.....	18
6. Szegmentális szintű vizsgálatok.....	21
6.1 A beszédhangok specifikus időtartamainak meghatározása a folyamatos beszédre, az artikuláció függvényében.....	22
6.2 A frekvenciaszerkezet vizsgálata.....	53
6.2.1 A formánsszerkezet stabilitása.....	53
6.2.2 A beszédhangok összekapcsolásának vizsgálata a formánsszerkezet tükrében.....	61
6.2.3 A rövid magánhangzók hosszú párjainak formánsszerkezete.....	66
6.2.4 A mikrointonáció.....	66
7. Szuprasegmentális szintű vizsgálatok.....	73
7.1 A végleges hangidőtartamok és a specifikus időtartamok közötti összefüggések.....	76
7.1.1 Hang és szóidőtartam mérések mondatokban.....	77
7.1.2 A hang- és szóidőtartam mérések eredményeinek ellenőrzése..	86
A rövid magánhangzók időtartama szó elején.....	89
A rövid magánhangzók időtartama szó belsejében.....	90
A hosszú magánhangzók időtartama.....	92
A magánhangzó kapcsolódások időtartam-szerkezete.....	99
A mássalhangzó kapcsolódásaik időtartama.....	100
7.1.3 A szavak időtartam-térképe.....	101
7.2 Az alapfrekvencia változása.....	104
7.2.1 Az alafrekvencia-változás ábrázolásának formája.....	107
7.2.2 Az intonációs jelek.....	108
7.2.3 A dallamformák szuperpozíciója a szintézisben.....	111
7.2.4 A dallamformák fonológiai és fonetikai elemei.....	113
7.2.5 A szóhangsúly és az alapfrekvencia.....	116.
7.2.6 Fonetikai dallamstruktúrák és dallamelemek beszédépítéshez..	120

7.3 Mondattípusok dallamformáinak transzformációs összefüggései.....	126
7.3.1 Az eredmények ellenőrzése szintézissel és percepcióstesztel.....	132
7.4 Mondatok dallamszerkezetének közelítése.....	137
7.4.1 A kijelentő mondat dallama és előállítása.....	137
7.4.2 A kérdő mondat dallama és előállítása.....	145
7.4.3 A felszólító jellegű mondatok dallama és előállításuk.....	160
7.4.4 A fonológiai és fonetikai dallamjelölési rendszer összekapcsolása.....	164
8. A kutatási eredmények felhasználása.....	168
8.1 A PDS beszéd kutatást támogató magyar szoftver.....	168
8.2 Beszédépítő elemek készítése gépi beszédelőállításhoz.....	171
8.3 Hangidőtartamok mesterséges változtatásának fonetikai szempontjai.....	178
8.4.Számok kiejtésének fonetikai vizsgálata, számfelolvasó rendszer tervezése.....	184
8.5 Korszerű magyar szövegfelolvasó.....	198
9. Új tudományos eredmények (tézisek).....	204
Köszönetnyilvánítás.....	208
Irodalom.....	209
A hangmintákat tartalmazó melléklet tartalom jegyzéke.....	217
Függelék	
A magyar beszédhangok specifikus időtartamait tartalmazó táblázatok.....	219

Előszó

Az értekezés a folyamatos beszéd szerkezetének akusztikai-fonetikai szempontú vizsgálatával kapcsolatos kutatásokat, azok eredményeit foglalja össze. A cél a beszéd akusztikai szerkezeti szintjén lejátszódó folyamatok modellezése, szabályok kidolgozása az idő- és az alapfrekvencia-szerkezet tekintetében, a korszerű beszéd-építés követelményeinek figyelembevételével. A mű első 5 fejezetében a beszédépítés fajtáit mutatjuk be, majd az eddigi kutatási eredmények áttekintése után felsoroljuk, hogy milyen új kutatási követelményekkel kell szembenéznie a 2000. év beszéd-kutatójának, ha korszerű beszédépítési eljárásokat akar kidolgozni. Az eredmények ismertetése szempontjából az értekezés két fő fejezetet tartalmaz: a szegmentális szintű elemzéseket (6. fejezet) és az erre épülő szupraszegmentális szintű vizsgálatokat (7. fejezet). A szegmentális részben a specifikus hangidőtartamok meghatározása jelenti a legfontosabb eredményt. Erre építi fel a szerző, a szupraszegmentális részben azt az új szabályrendszert (specifikus hangidőtartam-módosító szabályokat), amelynek segítségével modellezni lehet az időszerkezetet és meg lehet adni a folyamatos beszédhangsor minden hangjára a végleges hangidőtartamokat. A szupraszegmentális részben foglalkozunk továbbá az értekezés másik fontos témakörével, a folyamatos beszédre jellemző alapfrekvenciaváltozások vizsgálatával, modellezésével. Ennek a munkának az eredménye, hogy a korábban kidolgozott fonológiai szintű dallamjelöléseket össze lehet kapcsolni a most meghatározott fonetikai szintű dallamformákkal. Így mód nyílik arra, hogy a fonológiai szabályokat konkrét, hangzó megvalósításokban szintézissel ellenőrizzük. A kialakított dallamsémák és dallamelemek felhasználáshoz szabályrendszert dolgoztunk ki. A szabályok felhasználásával felépíthetők a magyar folyamatos beszédre legjellemzőbb alapfrekvenciagörbék. Ezek hitelességét a szerző szintetizált mintákkal bizonyítja. Az értekezés 8. fejezetében a kutatási eredmények felhasználásával kapcsolatos kérdésekről esik szó. A 9. fejezet tartalmazza az új tudományos eredményeket.

Az értekezéshez hangos melléklet is tartozik, amelyen hangzó formában is (33 fájl) bemutatásra kerülnek az értekezésben szereplő beszédkutatói eredmények. A fájlok meghallgathatók bármely windows alapú operációs rendszer hanglejátszójával. A fájlokra az aktuális oldalon lábjegyzetben is hivatkozom (például: CD 3, 4). A hangos melléklet tartalomjegyzéke az értekezés 217. oldalán található.

Az értekezés szerves tartozéka a függelék, amelyben a magyar beszéd hangjainak specifikus időtartamait és azok eloszlásait tartalmazó táblázatok kaptak helyet.

1. Bevezetés

A beszéd kutatásának területe az utóbbi évtizedekben jelentősen kiszélesedett, új kutatási részterületek alakultak ki, megsokszorozódtak a témával kapcsolatos tudományos konferenciák, eszmecserék és a szakirodalmi közlemények számában is ugrásszerű növekedés tapasztalható. Ehhez a kiszélesedő tudományos kutatási folyamathoz kapcsolódik a jelen értekezés is.

A értekezés címe rövid magyarázatra szorul. A beszédépítés szóval azt kívánom kifejezni, amikor a beszédet nem az emberi, biológiai mechanizmussal hozzuk létre, hanem tudatos tervezéssel és mesterséges úton történő gépi megvalósítással. A beszédépítés tudománya Kempelen Farkas munkásságával kezdődött, az azóta eltelt több, mint 200 év alatt folyamatosan jelen volt a szűkebb tudományos életben. Komoly fejlődésére a számítógépek adtak módot. A mai korban egyre nagyobb hangsúlyt kap ez a terület, hiszen az egyre szélesedő információs szolgáltatások szerves részévé szeretnék tenni az automatikusan előállítható beszédet is. Ehhez új kutatásokra van szükség. A már eddig elvégzett – inkább leíró jellegű – fonetikai kutatásokon túl új megközelítésben kell vizsgálni a beszéd mikro- és makroszerkezetét, hogy a kutatási eredmények felhasználásával korszerű, azaz emberi hangszínezettel megszólaló, dallamos és ritmusos beszédet tudjunk építeni a szélesedő információs társadalom igényeinek magas színvonalú kielégítésére. A sikeres beszédtervezéshez és beszédépítéshez ismerni kell a beszédfolyamat legmélyebb szintjeinek szerkezetét is, látni kell a különböző szintek működése közötti összefüggéseket, meg kell határozni, hogy ezekből a működésekből melyek azok, amelyeket társadalmilag is meghatározónak mondhatunk a beszéd kiejtése szempontjából. Nem utolsó sorban pedig meg kell határozni azokat a többszintű szabályrendszereket, amelyeket a sikeres beszédépítéshez használni lehet. Ezen kutatási feladatok megoldására a fonetika tudományának kell vállalkoznia.

A fenti igényeket kielégítő, részletes vizsgálatokhoz, a hatásos eszköztárak is csak az utóbbi időben alakultak ki és váltak hozzáférhetővé a kutatók számára.

A értekezésben az elmúlt 12 évben végzett fonetikai és alkalmazott fonetikai kutatási eredményeimet foglaltam össze. „A nyelvészt a fonológiai szabályszerűségek mögött húzódó fonetikai valóság érdekli” írja Kiefer (1994, 30). Célkitűzésünk az, hogy hozzájáruljunk e fonetikai valóság pontosabb meghatározásához, és hogy megvalósítsuk a fonológia és a fonetika közötti kapocs

egyfajta formáját. Fonetikai szintű vizsgálatokkal foglalkozunk és célunk a vizsgálati kör bezárása szintézissel. Ezzel a vizsgálati formával ellenőrizni lehet a fonológiai ábrázolásokra meghatározott fonetikai szabályok helyességét, a beszédépítés pedig lehetőséget ad arra is, hogy a különböző szintű szabályok működését hangzó formában is megvalósítsuk, ellenőrizzük, mérjük. Munkánk során meghatároztuk a folyamatos beszéd szerkezetének egyfajta fonetikai leírását. Olyan fonetikai adatokat és szabályokat fogalmaztunk meg, amelyekkel általánosságban le lehet írni a magyar beszéd vizsgált szerkezeti jellemzőit, mind szegmentális, mind szuprasegmentális szinten.

Az értekezés fejezetei a cím – mint általános kutatási terület – köré felfűzött témaköröket tartalmaznak azzal a korlátozással, amit a címben is próbáltam érzékeltetni. A komplex beszédjel vizsgálatában két részterület kapott hangsúlyt: a **hangidőtartamok** kérdésköre, valamint az **alapfrekvencia-változások** szerkezeti megvalósulásának formái és helyei. A hangidőtartamok értékeinek és változásainak mélyebb megismerése alapvető fontosságú, mivel az elmúlt évtizedben végzett kutatásaim meggyőztek arról, hogy a beszéd minőségének a megítélésében a hangidőtartam-hibákra a legérzékenyebb a hallgató. Ez abból adódhat, hogy az időszerkezet a hordozója a frekvencia és intenzitás szerkezetnek. Ha az időszerkezet hibátlan, könnyebben dolgozzuk fel az alapfrekvencia-hibákat (például: helytelen dallammenet, nem a megfelelő szótagra elhelyezett dallamcsúcs). A legkevésbé vagyunk érzékenyek a helytelen hangintenzitásból adódó hibákra. **Az időszerkezet vizsgálata és modellezése tehát a legfontosabb elem a beszédépítésben.** Az alapfrekvencia-változások vizsgálata tekintetében a legalacsonyabb szinttől kezdve (a hang) megvizsgáltunk minden változási formát, annak megvalósulási helyét egészen a szöveg szintjéig.

2. A beszédépítés és fajtái

Az értekezésben szereplő kutatási eredmények a mai korra kialakult kétféle beszédépítési módszerben alkalmazhatók. Az első és gyakoribb (egyben egyszerűbb is), amikor a felépíteni kívánt beszéd szövege előre ismert. Ezt kötött szótáras beszédépítésnek nevezik. Magyarországon a 80-as években végeztek először ilyen kísérleteket (Gordos–Sándor 1985), az eljárás nagyobb számú alkalmazása a 90-es évek második felére valósult meg több kevesebb sikerrel. Ez utóbbin azt értem, hogy

a mai megvalósított ilyen beszélő rendszerek beszédminősége széles skálán mozog a nagyon gyenge és az elfogadható szint között (lásd a CD-n). A kötött szótár elnevezés arra utal, hogy véges, előre meghatározott, viszonylag kis számú hosszabb beszédelemből (néhány száz) lehet a kívánt beszédüzenetet felépíteni. Ilyen megoldásokkal találkozunk a telefonos banki szolgáltatásoknál, a hangposta rendszereknél, a pályaudvari tájékoztatóknál, amikor a gép egyszerű információkat közöl.

A kötött szótár rendszereknél emberi beszédből kivágott szó, szófüzér elemeket kapcsolnak egymás után a beszédépítés során. Az eljárás tehát első látásra kész beszédrészletekkel dolgozik, ebből az a téves következtetés vonható le, hogy az elemek egyszerű összekapcsolása után a felépített beszéd is jól fog hangzani. A ma működő rendszerekben azonban a jó hangzást (folyamatos, ritmusos, helyes dallammal rendelkező beszéd) nemigen tudják megvalósítani. A legújabb kutatások eredményeinek alkalmazásával ezen az állapoton kívántunk javítani. **A korszerű kötött szótáras beszédépítés csak akkor lehet sikeres, ha felhasználjuk a folyamatos beszéd szerkezetére vonatkoztatott akusztikai-fonetikai kutatások eredményeit.**

Elsősorban ismerni kell a folyamatos beszéd intenzitás szerkezetét és alkalmazni kell az idevonatkozó ismereteket. Ezek figyelembevételével korrigálni kell a beszédelemek egymáshoz kapcsolása után az intenzitásszinteket. Az egyes elemek intenzitásszintje között ugyanis különbségek lehetnek (a bemondó kiejtési különbözőségeiből adódóan). Az ilyen intenzitás-eltérések miatt furcsa hangzású, a természetestől nagyon eltérő, nehezen érthető, lüktető, torz beszédet kaphatunk.

Másodsorban a frekvenciaszerkezet, azaz a formáns szerkezet és az alapfrekvencia-változás folyamatával kapcsolatos ismereteket kell alkalmazni. Figyelembe kell venni, hogy az egyes építőelemek határán lévő hangok (az előző elem utolsó hangja és a következő elem első hangja) egymáshoz kapcsolásakor milyenek a formánsmozgások. Biztosítani kell, hogy a formánsok menetében lehetőleg ne legyenek törések. Továbbá, az építőelemek meghatározásánál figyelembe kell venni a hangok előre-, illetve visszafelé hatásából kialakuló hangváltozásokat (koartikuláció). Az alapfrekvencia vonatkozásában az építőelemeket úgy kell összeállítani, hogy a beszédre jellemző legfontosabb dallammeneteket létre lehessen hozni a kötött szótáras beszédépítésnél.

Harmadsorban ismerni kell a helyes beszédritmus kialakításának legfontosabb szabályait, tehát azt, hogy a beszédfolyam mely pontjain kell gyorsabb és melyeken lassabb tempót megvalósítani.

A beszédépítés másik, bonyolultabb formája az, amikor a felépíteni kívánt beszéd szövege előre nem ismert (**automatikus szövegfelolvasó**). Ezt szöveg-beszéd átalakításnak (angol terminológiával text-to-speech) nevezik. Az első magyar szövegfelolvasót a 80-as évek elején fejlesztették ki az MTA Nyelvtudományi Intézetének Fonetikai Laboratóriumában (Olaszy 1980, 1982; Kiss–Olaszy 1984), majd ezt több formánszintézisen alapuló rendszer kifejlesztése követte (Olaszy–Podoletz 1986; Kiss–Arató 1987; Olaszy et al. 1992)¹. A korszerű, automatikus szövegfelolvasás társadalmi szintű, széleskörű alkalmazása Magyarországon 2000-től számítható (Olaszy et al. 2000; Németh et al. 2000)., amihez az értekezésben ismertetett kutatások jelentősen hozzájárultak. A szövegfelolvasás sokféle hangzási minőségben valósítható meg (lásd a CD-n) az alig érthető, beszédhez hasonlító hangzástól a nagyon jól érthető, emberi hangot jól utánzó természetes hanglejtéssel és ritmussal szóló formáig (ez utóbbit tekintem korszerű beszédépítésnek). A rendszerek beszédérthetősége szoros összefüggésben van azzal, hogy a tervező milyen pontos fonetikai-akusztikai ismeretekkel rendelkezik, és hogy ezeket hogyan tudja alkalmazni a beszédépítéshez. Az automatikus szövegfelolvasást egyre több alkalmazásban használják, például elektronikus levelek, faxok, SMS-ek, teletext oldalak, internetes szövegek automatikus felolvasásánál és bármilyen más szövegek meghangosításánál (például: vakok részére könyvek, újságok felolvasása). A jövő tendenciája az, hogy a beszédkutatók egyre pontosabban lesznek képesek leírni a beszédfolyamat részleteit, működési mechanizmusát és ennek eredményeképpen a szöveg-beszéd átalakító megoldások beszédminősége, érthetősége, természetessége egyre jobb lesz. A következő évtizedben már valószínűleg szövegfelolvasókat fognak alkalmazni az eddigi, sok rögzített elemmel működtetett kötött szótáras rendszerek helyett is (például menetrendi információk közlésére).

3. Az eddigi kutatások áttekintése

A magyar műszeres fonetikai kutatások mintegy száz éves múltra tekintenek vissza. Már ebből is adódik, hogy a jelen kor kutatója számára hatalmas

¹ CD 1, 2, 3, 4

ismerethalmaz áll rendelkezésre, amire, mint alapra, a kutatását építheti. Az egyes kutatási területek kialakulásának sorrendjét a kísérleti fonetika, valamint az elektronika fejlődése határozta meg. A legkorábban a beszédhangok időtartamát kezdték tanulmányozni (kimográfal az 1900-as évek első évtizedeiben), ezt követte a hanglejtés műszerrel mért ábrázolása (1930-tól), majd a hangok rezgéséből (oszcillográf) számított formánsszerkezet megállapítása (Fourier analízis a 40-es évek). Az elektronika fejlődése jelentősen segítette a fonetikai kutatások kiszélesedését. A következőkben ismertetjük a legátfogóbb kutatásokat a fenti sorrendet követve.

Hangidőtartam

A magyar beszédhangok időtartamával kapcsolatos első adatokat Meyer és Gombocz (1909) közölte, majd Poirot 1916-ban adott közre adatokat a témáról (Kassai 1979). A későbbiekben Laziczius (1963, 114) foglalta össze és értékelte az addigi kutatási eredményeket a következőképpen: „A felsorolt időtartam értékekben nem szabad mást látnunk, mint meglehetősen durva tájékoztató adatokat. Nemcsak azok miatt a szükségszerű pontatlanságok miatt, amelyekről már szoltunk, hanem egyéb okok miatt is. Óvatosságra int továbbá az a tény, hogy Meyer és Gombocz a magyar időtartamoknál csak egy- és kétszótagú szavakat vizsgált. Ez az eljárás aligha alkalmas arra, hogy a beszédben uralkodó hangidőtartam viszonyokat a helyzetnek megfelelően feltárja.” Magdics korszerűbb hangmegjelenítő eszközzel (Sona-graph) végezte kutatásait. Munkájában (1966) meghatározta a magyar magánhangzók és mássalhangzók átlagos időtartam-értékeit, valamint vizsgálta, hogy ezen értékek hogyan módosulnak bizonyos hangkörnyezet, illetőleg a hang mondatban elfoglalt helyzete függvényében. A méréseket ötször 350 (azaz 1750) rövid mondaton végezte. Minden magánhangzóra, illetve a mássalhangzó csoportokra mondat élén (VC, illetve CV), mondat belsejében (CVC, illetve VCV) és mondat végén (CV, illetve VC) végzett mérést. A magánhangzókra megállapította, hogy az átlagértékek a nyelvállás emelkedésével csökkennek. Ezek az adatok megegyeztek Meyer és Gombocz mérési eredményeivel. Magdics megadta továbbá, hogy az egyes magánhangzók milyen átlagidőtartammal rendelkeznek zárhangok, réshangok, zár-rés hangok, likvidák, illetve nazálisok közötti helyzetben. Méréseit mind a rövid, mind a hosszú magánhangzókra elvégezte. Magdics mássalhangzókra kapott összefoglaló megállapításai a következők: a legrövidebbek a

likvidák, őket követik a zöngés zárhangok, a zöngés zár-rés hangok, a nazálisok, a zöngétlen zárhangok, zöngés réshangok, a zöngétlen zár-rés hangok és végül a zöngétlen réshangok. Kassai (1979, 1982) ugyancsak összefoglaló méréseket végzett az időtartam és kvantitás témakörben. Részletesen számba vette és analizálta a hangidőtartamok mérésével kapcsolatos addigi szakirodalmat és nézeteket, majd ezeket összevetette saját mérési eredményeivel, amelyeket 900 mondat elemzéséből kapott. A mérések alapján az időtartam-adatokat több szempont szerint osztályozta. A nyelvi időtartam szempontjából a rövid-hosszú oppozícióra adott átlagolt adatokat. A magánhangzó fiziológiai alkata szempontjából hasonló tendenciákat kapott, mint Meyer és Gombocz, valamint Magdics. A hangkörnyezet hatása tekintetében megállapította, hogy a legrövidebbek a magánhangzók zöngétlen zár-rés hangok előtt, és hosszabbodnak a zöngétlen zárhangok, a nazálisok, a zöngétlen réshangok, a zöngés zár-rés hangok, a zöngés zárhangok és a zöngés réshangok előtt. A leghosszabbak a magánhangzók a likvidák előtt. A hangsor terjedelmének figyelembevétele azt a korábbi megállapítást erősítette meg, hogy a magánhangzók a leghosszabbak egyszótagú szavakban és időtartamuk fokozatosan csökken a szótagszám emelkedésével. A beszédhang hangsorbéli helye szempontjából Kassai a következő eredményre jutott: a hangok a hangsor belsejében a legrövidebbek, hosszabbak hangsor elején és leghosszabbak a hangsor végén. A hangsúly befolyását Kassai a következőképpen összegezte: a rövid magánhangzók megnyúlnak hangsúlyos helyzetben, a hosszúak változatlanok maradnak. A mássalhangzókra kapott időtartam-adatokat ugyanezen szempontok szerint osztályozta. A képzési mód és hely szerinti sorrend a következő: a legrövidebbek a likvidák, majd a nazálisok, a zöngés zárhangok, a zöngés réshangok, a zöngétlen zárhangok, a zöngés zár-rés hangok, a zöngétlen réshangok következnek és a leghosszabbak a zöngétlen zár-rés hangok. Ez a sorrend azonban néhány helyen nem mutat egyezést a korábbi eredményekkel. Maga Kassai is azt írta, hogy nagyobb számú kísérletre van szükség a sorrend egyértelművé tételéhez. A hangkörnyezet hatását illetően Kassai arra a megállapításra jutott, hogy a magánhangzó hatással van az őt követő mássalhangzóra, amely állítás ellentétes Meyer és Gombocz, valamint Poirot megállapításaival. Összegezve azt mondta, hogy a legrövidebbek a mássalhangzók a legalsó nyelvállású magánhangzó és leghosszabbak a legmagasabb nyelvállású környezetében. A hangsor terjedelme szempontjából a mássalhangzók időtartamára is hasonló eredményt kapott, mint a magánhangzókra. A hangsorban elfoglalt hely

szerint pedig az összegzett adatok azt mutatták, hogy a mássalhangzók a hangsor belsejében a legrövidebbek, hosszabbak a hangsor kezdetén és a leghosszabbak a hangsor végén. A hangsúly befolyását illetően megerősíti Fónagy (1958) állítását, miszerint a hangsúlyos szótag magánhangzója előtti mássalhangzó is megnyúlhat. Kassai továbbá első ízben közöl mérési eredményeket spontán beszéden végzett vizsgálatokból. A spontán beszéden való eligazodás nehézségeit főleg abban látta, hogy a hangok időtartama a beszédhangon túlmutató tényezőktől is erősen függ, amely tényezők részesedését szinte lehetetlen megállapítani. Kassai előremutatóan azt írta a probléma megoldását illetően: „A beszéd-szintézis egyre fejlődő technikája talán megoldást hozhat olyan kérdések eldöntésében, hogy például egy nyelvi funkció ellátásában a jelenlevő faktorok közül melyiknek van döntő szerepe, illetőleg milyen az egyéb tényezők által kifejtett kompenzáló hatás., (i.m.58). A spontán beszédre kapott adatok azt mutatták, hogy a beszélők szabadon alakítják ki a maguk egyéni időtartamviszonyait bizonyos határértékeken belül.

A beszédhangok belső időszerkezetének vizsgálatát a számítógép megjelenése és a beszéd-szintézis egyfajta technikájának a kialakulása segítette. Ezekkel a kutatást segítő eszközökkel pontosabban lehetett vizsgálni a beszédhangok belső felépítését. A magyar mássalhangzók belső időszerkezetéről Olasz (1985) közölt adatokat, majd 1988-ban általánosságban összefoglalta a beszédhangok belső időszerkezetét. Eredményeit beszéd-szintézissel is igazolta. Igényként merült fel a jó minőségű mesterséges beszéd-előállítás megvalósításához, hogy új szempontú megközelítéssel vizsgálják a beszédhangok időtartamának dinamikus alakulását a hangsorokban. Ehhez olyan modelleket kellett felállítani amelyekkel le lehetett írni a beszéd-folyam időszerveződését. Az eredményeket már nemcsak számok és leíró formában megadott szabályok reprezentálták, hanem maga a szintetizált beszéd-alkotás is. Itt lépett be a kutatásba a szintézis, mint a legkompetensebb és legsemlegesebb ellenőrzési lehetőség. A folyamatos beszéd felépítésénél az volt az alapvető kérdés, hogy mit tekintsenek az időtartam egységének, mi legyen az alapegység, amit szabályok segítségével nyújtva, illetve rövidítve meg lehet valósítani a természetes beszédhez közel álló időszerkezetet. Az első ilyen kutatások a beszédhangot jelölték ki alapegységnek (Umeda 1975, 1977; Klatt 1976; Allen et al. 1987; Bartkova–Sorin 1987; Olasz 1989). Minden beszédhangra megadták az arra kiszámított, úgynevezett belső alapidőtartamot (a hang átlagos időtartamát), mint ahogy azt a hagyományos fonetikai mérésekből is ismerjük, majd ezt az átlagot módosították

szabályokkal. Ennek a megközelítésnek a hatásosságát az határozta meg, hogy milyen pontosan voltak képesek a módosító szabályokat megfogalmazni. A későbbiekben a szótagot is javasolták alapegységnek (Chrystal 1990; Ladd 1991; Campbell 1991, 1992) mivel az jobban reprezentálhatja a beszéd időszerkezeti változásait. A végleges hangidőtartamokat a szótagon belül, a szótag becsült időtartamából vezették le. Az utóbbi évtizedben a fonetikai kutatások segítésére számos nyelvre elkészültek olyan beszédatadabázisok, amelyek könnyítik a kutatást. Ezekben az adatbázisokban sok felolvasott mondatot rögzítettek és címkéztek fel, azaz megjelölték a hanghatárokat, a szóhatárokat, a mondathatárokat. Megadták továbbá a hangokat és azok fonetikai tulajdonságait is. Így lehetőség nyílt arra, hogy statisztikai módszerekkel lehessen hangidőtartam vizsgálatokat folytatni és például a struktúrájú, sok paraméterrel operáló szabályokat megalkotni (Riley 1992; Deans et al. 1999), vagy az artikuláció hangidőtartamra vonatkozó hatását vizsgálni (van Santen 1990)

Hanglejtés

A hanglejtés vizsgálatát tekintve is a kimográf nyitotta meg az utat a konkrét elemzésekhez, noha még sokáig alkalmazták a hallás utáni lejegyzést. Ilyen volt a kottairásos, vagy ahhoz hasonló lejegyzést is, például, amikor a dallammenet változását a betűsora ültették át, azaz egyes betűket a sor vonalánál magasabbra, illetve mélyebre helyeztek a szövegben (részletes összefoglalását lásd Bartók 1971). Hegedűs (1930) végzett műszeres méréseket a hanglejtés ábrázolására és lerajzolta az egyes mondattípusok (kijelentő, kérdő, felkiáltó és felszólító) jellegzetes hanglejtését. Eredményeit hasonló ábrákon közölte, mint amelyeket a mai műszerekkel szinte automatikusan meg lehet jeleníteni (a függőleges tengelyen az alapfrekvencia változása Hz-ben, a vízszintesen pedig a hangsor elemei). Az ábrák melletti magyarázatokban azonban Hegedűs is zenei hangokkal írta le a változásokat. Eredményeinek nagy része mind a mai napig megállja a helyét. Az első magyar beszéddallam gyűjteményt Fónagy Iván és Magdics Klára készítette (1967). A lejegyzéshez hallás utáni kottairásos formát választottak ami sok esetben nem tükrözte a valódi dallamformát. Ennek okairól Boros (1969) adott kritikát. Boros kritikájához Bartók (1969) is megjegyzéseket fűzött, aki szintén kifejtette, hogy a beszédintonációnál végtelen sokféle hangköz fordulhat elő: „Igaz ugyan hogy a folyamatos beszéd zöngéi olykor valóban zenei hangok, amennyiben egyes

szótagokban a zöngé rezgésszáma legalább egy nagyon kis ideig állandó. Ez azonban csak elenyésző százalék, azzal a csaknem mindig fennálló esettel szemben, amikor a zöngé rezgésszáma állandóan változik.” (88). Boros (1969, 86) kritikájában megjegyezte, hogy „Így nem mondják! A szerzők mintha szándékosan hagynák ki a mindennapi, természetes hanglejtéseket.”. Bartók (1969, 314) ezzel kapcsolatban idézi is Fónagy–Magdics megjegyzését: ”meg sem kíséreltük felépíteni az érzelem mentes magyar hanglejtés szabályainak teljes rendszerét, a generatív elvű hanglejtést” . Mindezek ellenére Fónagy–Magdics munkája mind a mai napig alapműnek számít, mivel a leíró jellegű sematizált ábrázolási formákhoz, mint például Deme (1962) összefoglalása, konkrét fizikai értékeket próbáltak hozzárendelni. A 70-es évek végére olyan elektronikus lejegyző berendezések láttak napvilágot, amelyek lehetővé tették nagyszámú közlés alaphangmagasság-görbéinek rögzítését. Bolla Kálmán (1979) a beszédintonáció elemének tekintette a hanglejtést (dallamot), az intenzitás változást (dinamika), a hangelemek és a szótagok időtartam-változásait (beszédrítmus), a beszéd sebességét (beszédíram), amelyet az időegységre eső szótagok vagy hangok számával fejezett ki, a hangszínváltásokat és végül a szüneteket. Ez az intonáció felfogás az orosz szerzőkre volt jellemző (Brizgunova 1963). Magának a dallamnak a leírásához Bolla a hangfekvés (magas, közepes, mély), a hangmenet (emelkedő, lebegő, eső), a hangterjedelem (a beszélő legalacsonyabb és legmagasabb alaphangmagasság-értékére vetített vonal) és a hangköz (a befogott frekvenciasáv) fogalmait használta. Maga a lejegyzés a dallam időbeli lefolyását koordináta rendszerben ábrázolta, ahol a függőleges tengelyen a hangterjedelem, a hangköz és maga az alaphangmagasság Hz-értéke volt feltüntetve, a vízszintes tengelyen pedig a szótagok és a hozzájuk tartozó számok, amelyek a dinamikát, a beszédrítmust és a beszédíramot hivatottak rögzíteni. Bolla a későbbiekben nagyszámú közlés intonációs lejegyzését végezte el és tette közzé (1982) és közölt néhány szintetizált mintát is (1992). Ezek a diagramok és a hozzájuk csatolt adatok sokkal komplexebb képet adtak a vizsgált beszédeselem intonációjáról, mint a korábbi eljárások, azonban összefoglaló értékelések mégsem születtek a közölt intonációs mintákról. A magyar beszéddallamok átfogó, fonológiai megközelítésű vizsgálatáról és rendszerezéséről Varga 1993-ban adta közre összefoglaló kutatási eredményeit. Munkájában a magyar beszéddallamok fonológiai, szemantikai és szintaktikai vonatkozásait összegezte. Autoszegmentális fonológiai keretben Gussenhoven (1985) alapján rendszerezte a magyar

dallamprozodémákat. Ezen felül kialakított egy a betűsorba beilleszthető intonációs jelrendszert is, amelyet a fonológiai szempontú elemzés eredményeinek jelölésére használt. A jelrendszer alapját – magyar intonációs jelek hiányában – szintén angol szerzőtől (Trager–Smith 1951) vette át. A jelek használatát a korábbi ábrázolási formákkal szemben azzal indokolta, hogy a jelek a fonetikainál elvontabb síkot képviselnek, a nyelv leírásához és nem a beszéd lejegyzéséhez tartoznak. További indoka az volt, hogy az intonációs jelek a szövegbe jobban beleilleszthetők. Varga fonológiai szintű összefoglalását fonetikai síkra átültetve és kibővítve teljessé tehető a magyar beszéd intonációjának összefoglalásszerű leírása. Beszédépítés vonatkozásában Olasz (1996) végzett kísérleteket, amelyek eredményeképpen szabályrendszert állított össze és alkalmazott prozódiai elemek gépi megvalósításához. Kassai (1979) után már Bolla (1992) is jelzi a fonetikával szemben támasztott új igényeket, amelyeket az elektronikus hírközlő eszközök fejlődése, elterjedése hoz felszínre. A korszerű beszédépítés már ma szükségszerű követelmény. Világszerte folynak a kutatások a beszéd dallamszerkezetének minél pontosabb leírására, az egyes nyelvek intonációs rendszereinek összehasonlítására (Hirst–Di Cristo 1998). A megvalósításhoz szabályszerű leírásokat, modelleket határoztak meg, amelyek alapján a beszéddallam felépítése elvégezhető. Ehhez nem volt elégséges az analízis eredményeit közölni és összegezni, azokat a szintézisben kellett alkalmazni. Az eredményeket tehát nemcsak számok és szabályok reprezentálták, hanem maga a szintetizált beszéd is. Ez a visszacsatolás adta meg a végleges ellenőrzést (mint, ahogy a formánsok meghatározása után a formánszintetizátorok igazolták (vagy nem) a kiszámított eredmények helyességét). A beszéd intonációs szerkezetének meghatározásánál is ez a visszacsatolás erősíti meg (vagy bírálja felül) a fonológiai és fonetikai szintű leírások helyességét., mivel az eredményeket nemcsak számok és szabályok reprezentálják, hanem maga az elhangzó szintetizált beszéd is. A beszédintonációt általánosan leíró és ábrázoló rendszer tekintetében az alapvető probléma az, hogy csak kialakulóban van az egységes reprezentációs forma (mint amilyen a hangok lejegyzésére már kialakították az egységesített IPA rendszerben). Az egyik legelterjedtebb a To-BI (Tones and Break Indices) rendszer (Silvermann et al. 1992). Ez a rendszer sem ad azonban szabályokat arra, hogy hogyan kell eljutni a fonológiai jelölésekből a konkrét alaphangszerkezetig. A jelöléseket a szöveg alapján itt kézzel kell megadni. Ennek felgyorsítására már dolgoztak ki félautomatikus szoftver támogatást (Sydral et

al. 2001). A végső cél az lenne, hogy az absztrakt, fonológiai reprezentáció és a valós, végleges fizikai értékeket meghatározó fonetikai reprezentáció közötti transzformációs összekapcsolás szabályait adjuk meg. A valós, fizikai értékek hatásmechanizmusának felmérésére azonban szintén absztrakciót kell végezni, hogy meghatározzuk a leglényegesebb elemek részvételének a súlyozását az alapfrekvencia-szerkezet szempontjából. Ehhez részletesen kell elemezni a beszéd intonációs szerkezetét, másrésztől percepciós tesztekkel kell megállapítani azokat a határvonalakat, amelyek között bizonyos intonációs szabályok működhetnek. Magyar vonatkozásban ez utóbbira Gósy folytatott kísérleteket (1989) a kijelentő mondatok eső alaphangmagasság görbéje tekintetében, (1993) a kiegészítendő kérdés dallamváltozása tekintetében és Gósy–Terken (1994), a magyar eldöntendő kérdés intonációs csúcsának konkrét, percepciósan még elfogadható alsó és felső határértékei vonatkozásában.

Más nyelvekre konkrét kísérleteket is elvégeztek a beszédépítéshez optimalizált intonációs modellezés meghatározására. Ilyenek például Collier (1990), valamint Terken és Collier (1990) munkái hollandra, Adriaens (1991) munkája németre, Mertens (1995) rendszere franciára. Mindhárom modellben lineáris elemeket alkalmaztak az intonáció leírására és ezek működését percepciós tesztekkel is ellenőrizték. Adriaens rendszerében az intonációs alapgörbe képezi a kiindulási alapot, és erre kerülnek rá a frázis- és szó szintű intonációs változások az idő függvényében. Ez utóbbiakat úgynevezett atomi szintű intonációs elemekből lehet felépíteni egy a kottázáshoz hasonló, 5 szintes rendszerben, ahol szintenként 2,5 félhangnyi távolság van a szintek között. Ehhez az ábrázolási formához hasonló szabályrendszert dolgozott ki és alkalmazott Olaszy (1996) magyarra és németre a prozódiai elemek gépi megvalósítására. Ennek lényege a kétszintű ábrázolás, amelyben az alapot a mondatrész-szintű általános dallam képviseli (ami természetesen vonatkozhat az egész mondatra is), és erre ültetjük rá a szó szintjére megadott alapfrekvencia változást. Így külön kategóriaként tudjuk kezelni a fonológiai szintű dallamprozodémákat és a hangsúlyozás különböző fokozataiból adódó egyéb alapfrekvencia változásokat. Kontrasztív jellegű, több nyelvre alkalmazható fonetikai szabályrendszer leírására többek között Olaszy (1991) tett kísérletet. Olyan általános intonációs építőelemeket fogalmazott meg, amelyek felhasználásával több nyelven is fel lehetett építeni intonációs görbéket. Werner és Keller (1994, 36) rámutatnak, hogy hányféle faktor (nyolcat mutatnak be) működik

befolyásoló tényezőként a prozódia kialakításánál. A magyar beszéd intonációja vonatkozásában Sovijärvi és Aulanko (1991) is végzett szintézissel kontrollált kísérleteket. A jelenleg legelismertebb fonetikai alapú intonációt ábrázoló rendszerek egyike Fujisaki (1992) modellje. Indítéka a japán hangsúlyozásból eredő alapfrekvencia görbék élethű előállításának megoldása volt. A modell egyszerű leírása a következő: két komponenst különböztet meg egy úgynevezett frázisra vonatkoztatottat (phrase control) és egy hangsúly komponenst (accent control), amelyeket egymásra ültetve kapható meg a végleges alapfrekvencia görbe. Fujisaki a modellt arra a korábbi eredményre alapozta, hogy egy alapfrekvencia görbéből le lehet vezetni az azt felépítő komponenseket (Bell et al. 1961) az idő függvényében. Ezen komponensek időbeli elrendeződése egymás alatti függvényekkel ábrázolható, így általános, nyelvészeti megállapítások tehetők a mondatban kialakuló dallammenetekre mint vivőkomponensekre és az azokat moduláló hangsúlykomponensekre. A modell tehát kapcsolatot teremt a vizsgált nyelvre jellemző dallammenetek és az azok alatti információtartalom kifejezése között. A frázis szintű komponensek és a hangsúlykomponensek helyét, számát, súlyozását jó közelítéssel le lehet vezetni nyelvészeti eszközökkel, fonológiai szabályokkal és szintaktikai elemzéssel. A modellben Fujisaki 11 paramétert használt. Ilyenek például: az alapfrekvencia minimum értéke, a frázisok száma, a hangsúlyok száma, az adott frázis komponens erőssége és időtartama, az adott hangsúlykomponens erőssége, időbeni kezdete és vége, az alapfrekvencia emelkedés meredeksége stb. Ennek a modellnek a továbbfejlesztett változata az úgynevezett szuperpozíciós megoldás, amelyet a Bell Laboratóriumban dolgoztak ki (van Santen et al. 1998) és valósítottak meg több nyelvre.

Formánsszerkezet

A beszéd kutatás egyik leglátványosabb eredménye a beszédhangok belső frekvenciaszerkezetének a feltárása volt. Ez kimutatta, hogy a beszédhangok hangzását meghatározott frekvenciasávokra korlátozott frekvenciagócok alakítják ki. Ezeket a magánhangzóknál és ritkábban néhány zöngés mássalhangzónál formánsoknak nevezték. Egy hangot 3-4 formánssal lehet jellemezni. Ennek alapján készítették az első automatikus hang és beszédelőállító elektronikus szerkezeteket (Homer et al. 1939). A formánsok leírásával az időben folyamatosan változó artikuláció akusztikus vetületét határozták meg (Vértes O. 1982). A folyamatos

artikulációból következik, hogy a formánsok is más-más frekvenciaértékeket vesznek fel (mozognak) az időben. A formánsok helyzetének frekvencia-idő formájú lejegyzésével tehát láthatóvá lehetett tenni a beszédet (Dudley 1955). A beszéd-képzés akusztikai elméletét Fant (1960) fektette le, és ez adta meg az alapot a korszerű beszédanalizáló módszerek és berendezések fejlődéséhez.

A magyar magánhangzók formánsszerkezetét először Tarnóczy (1941) számította ki, majd folyamatosan közölte további kutatási eredményeit a többi hang vonatkozásában is (Tarnóczy 1948, 1954). Az első összefoglaló munkát a magyar beszédhangok akusztikai szerkezetéről Magdics (1965) végezte. Vizsgálataiban megállapította a beszédhangok formánsértékeit, a formánsok mozgását a hangátmeneti szakaszokban, a formánsok szávszélességét és egyenkénti relatív intenzitását is, továbbá az alapfrekvenciának a magánhangzók képzésével kapcsolatos összefüggéseit. Magdics ezzel a munkájával lerakta a magyar beszéd szegmentális akusztikai szerkezetének alapjait. A későbbiekben többen végeztek kutatásokat ezen a területen (Fónagy–Szende 1969; Tarnóczy 1974; Szende 1976; Vértés 1982). A 70-es évek végétől az MTA Nyelvtudományi Intézetének Fonetikai Laboratóriumában bevonták a kutatásba a formánsszintézist is mint akusztikus ellenőrzési lehetőséget (Bolla 1978; Olaszky 1984). Az akusztikus visszacsatolással még pontosabban meg lehetett határozni a frekvenciaszerkezet építőelemeit és ez lehetőséget adott például irányított percepciók kutatásához is a beszédhangok észlelésével kapcsolatban (Gósy 1982, 1984, 1985; Kiss 1985). A formánsszerkezeti vizsgálatok eredményeinek felhasználásával fejlesztettek ki a későbbiekben több magyar formánsszintetizátoros szövegfelolvasót.

Intenzitásszerkezet

A beszéd intenzitásszerkezetének kutatása sohasem kapott olyan hangsúlyt, mint az időtartamé, a formánsszerkezeté vagy a dallamé. Nemigen találunk olyan közleményeket, amelyek címe kifejezetten az intenzitás vizsgálatát tenné a középpontba. Ettől függetlenül már Horger (1929) külön fejezetet írt a hang erősségéről Általános fonetika című könyvében. Említi a hangok közötti erősségi különbségeket, ezek kialakulásának okait (rés, zár), valamint a hangzósági sorrendet is, de hozzá teszi, hogy: „Teljes pontossággal még nincsen megállapítva a csökkenés sorrendje.” (21). Laziczius (1944, 1963) már a hangerő viszonylagos értékének mérésére szolgáló egységet (dB=decibel) ismerteti és megadja – Fletcher

vizsgálataiból – a leghalkabb és leghangosabb beszédhang közötti hangerő különbséget (60 dB). A hangzósság tekintetében azonban nem adott meg konkrét adatokat, a hangerő kérdésében inkább a nyomaték vizsgálatára, magyarázatára koncentrált. Laziczius (1979, 131) hangsúlyozta, hogy „egész sereg kérdés vár válaszra a beszédhangok hangerejével kapcsolatban”, amit megfelelő eszközök hiányában még akkor nem lehetett elvégezni. Bárczi (1951) is csak általánosságban beszélt a hangerő kérdéséről. „Alapvetően a hangerőt nyomatéknak szokták nevezni. Minden hangnak van nyomatéka és ez esetről esetre változhatik. Az erősebb nyomatékkal ejtett szótagot hangsúlyosnak nevezzük...” (32). Fónagy 1958-ban megjelent kismonográfiájában a hangsúly kérdését vette vizsgálat alá és megjegyezte, hogy magáról a hangsúlyról nemigen található szakirodalom. „A hangsúly mérése terén nem mutathatunk fel azonban ilyen egyértelmű, elméleti és gyakorlati igényeinket egyaránt kielégítő sikereket” (1). Vizsgálatai során többek között hangnyomás görbéket is bemutatott egyes szavakról, rövid mondatokról. Ezek a hangerő változását mutatták az idő függvényében. Azonban ezeket a regisztrátumokat csak olyan célzattal készítette, hogy például hangerő különbségeket mutasson ki hangsúlyos és nem hangsúlyos hangsorok között. Szende (1976) az intenzitás szerepéről ezt írja: „Az idő, a frekvencia és az intenzitás három dimenziójában végbemenő beszéd folyamat akusztikai összetevői közül az intenzitás határozza meg a hangjelenségek egész akusztikai faktúráját” (i.m. 115). Szende a hangsúly tárgyalásán túl beszélt az egyes beszédhangok belső intenzitásviszonyairól is. Tárgyalta a formánsintenzitásokat, és megállapította, hogy a formánsok sorrendjével fordítottan arányos azok erőssége. Ezen kívül tárgyalta a hangok specifikus intenzitásának értékeit és a hangzósságot. Megadta a magyar magánhangzók erősségi sorrendjét. A beszédhangok egymáshoz viszonyított intenzitásszintjeinek és a beszédhangok belső intenzitásviszonyinak kutatását, továbbá a folyamatos beszédjelben kialakuló intenzitásszerkezetek vizsgálatát a beszéd mesterséges előállítására tett kísérletek lendítették fel. Magyarra vonatkozóan Olasz (1985, 1988, 1989) végzett ilyen vizsgálatokat és közölt intenzitásgörbéket a magyar beszédhangok és hangkapcsolatok időbeli lefolyásáról valamint hangsorok intenzitásszerkezetéről. Vizsgálataiban rámutatott arra, hogy az intenzitásszerkezet és a formánsszerkezet időbeli változása között nem lehet közvetlen kapcsolatot teremteni, azok leírására más-más időosztást kell alkalmazni. Olasz (1989) a beszédhangokat egyszerű és összetett szerkezetű kategóriába sorolta és általánosított,

sematikus intenzitáselemeket határozott meg rájuk. Így a hangkapcsolatok szintjén minden adat rendelkezésre állt, hogy tetszőleges hangsorokat helyes intenzitásstruktúrával jellemezzünk és állítsunk elő. Az adatokból automatikusan adódott a beszédhangok erősségi sorrendje is, amelyre az adatokat dB-ben adta meg (62).

4. Új kutatási követelmények, nyitott kérdések, problémák

A folyamatos beszéd időszerkezete

A korszerű, minőségi beszédépítéshez a folyamatos beszédre jellemző hangidőtartamokat és időviszonyokat azok kialakulásának szerveződési rendszerét ismerni kell. A folyamatos beszéd komplex időszerkezetének pontos megadása a beszédépítés legfontosabb eleme, ugyanis az időszerkezetre épül a dallamszerkezet és az intenzitásszerkezet is. Ha az időszerkezetben torzulások vannak, akkor hiába határozzuk meg pontosan a dallam- és intenzitásszerkezetet a beszéd építése során, az eredmény olyan hangzást fog adni, amelyen erősen lehet érezni a helytelen időszerkezetből adódó hibákat. Ilyen hibák lehetnek a túl röviden, illetve túl hosszán ejtett hangok és ebből következhetnek a szó szintű kiejtési torzulások. Az ilyen időbeli kiegyensúlyozatlanság a megértést lerontja. A kutatások ezidáig nem foglalkoztak például olyan kérdésekkel, hogy egy mondat hangjainak egyenként milyen időtartamot jósolhatunk, hogy az elhangzáskor ne legyenek durva időtartam-eltérések az elvárthoz képest. A magyar beszédhangokra csak átlagolt időtartamokat, időtartam-arányokat adtak meg amelyekből nem lehet levezetni az egyes hangok egyedi időtartamát. A komplex időszerkezetbe beletartozik a szegmentális szintű szerkezet (mint alap), amikor csak az artikuláció befolyásolja a hangidőtartmot, és beletartozik a szupraszegmentális szint befolyása is, amikor a hangsúly, a hang helyzete a hangsorban, a hangot közrefogó hangkörnyezet, a mondat fajtája hatással van a hang időtartamára. Arra vonatkozóan, hogy az artikuláció hogyan hat az időtartamok alakulására csak leíró, általánosított jellegű adatokat tartalmaz a szakirodalom. Arra is csak hasonló szintű megállapítások vannak, hogy a szegmentális, specifikus időtartamokból milyen tényezők hatására milyen hangidőtartam rövidülések, illetve nyúlások jönnek létre a végleges időtartamszerkezet kialakulása során. A beszédben egymáshoz kapcsolódó hangok időtartamainak alakulását mint többszintű folyamatjelenséget a magyarra eddig nem vizsgálták.

Az alapfrekvencia változása és változtatása a folyamatos beszédben

A beszéd leglátványosabb színesítését az alapfrekvencia változtatása adja (Szende 1995). Következésképpen az alapfrekvencia-változás működésének folyamat- és rendszerszintű meghatározása a beszédépítés fontos elemét képezi. Nem vizsgálták például azt, hogy milyen az alapfrekvencia-változás pontos lefolyása különböző típusú és összetettségű mondatokban, milyen mértékű és összetételű változások jellemzik a mondat belsejében a dallammenet kialakítását, mely dallamelemek köthetők szigorúan a szótag szintjéhez, melyek a szó szintjéhez, a szótag szintjén a szótagon belül milyen szabályok szerint épülnek fel az alapfrekvencia változások, azaz a hangok mely pontjain milyen változtatást kell megvalósítanunk, hogy egy adott hangzást megkapjunk. Nincsenek adatok arra, hogy a beszéd folyamat mondatait illetően milyen összefüggések irányítják az egyes mondat szintű dallamformák egymáshoz való kapcsolódását, hogy a folyamatszintű összetett dallammenet mondatról mondatra természetes hangzású legyen. Az alapfrekvencia változásának szegmentális szintű mikrorészletei – folyamatos beszédre vonatkoztatva – szintén kutatást igényelnek.

A folyamatos beszéd intenzitás szerkezete

A folyamatos beszéd intenzitás szerkezetének kialakításában egyrészt a szegmentális szinten megvalósuló, a hangokra, azok belső részleteire vonatkoztatott intenzitás szerkezetek, másrészt pedig a szuprasegmentális szinten alakított intenzitás változások vesznek részt. A szegmentális szintű intenzitás szerkezetek a korábbi kutatásokból már ismertek. A szuprasegmentális szintre vonatkozóan azonban a részletes, fonetikai szintű vizsgálatok hiányosak. Nem végeztek vizsgálatokat arra vonatkozóan, hogy a folyamatos beszédben milyen összefüggések vezérlik a korrekt intenzitás viszonyok kialakítását a hangzósság függvényében. Nincsenek adatok arra sem, hogy a mondat építőelemeinek szintjén (szó, mondatrész, az egész mondat) milyen intenzitás változások jellemzőek a folyamatos beszédre.

A kutatási eredmények új szempontú alkalmazása

A kutatás lényege a megismerésen túl az eredmények alkalmazása. A korszerű beszédépítésben **a fonetikai kutatási eredmények felhasználása, alkalmazási**

technikájuk számos esetben új megközelítést kíván. Ez abból adódik, hogy a beszédépítés technológiai támogatása csak az utóbbi 20 évben alakult ki, és a számítástechnikai berendezések teljesítménye csak napjainkra fejlődött olyan szintre, hogy a kutatók által megfogalmazott legtöbb követelményt, szabályt, kísérletet a számítógépekkel – megfelelő szoftver alkalmazása esetén – hatásosan, viszonylag gyorsan meg lehet valósítani. A gyorsaságon azt értem, hogy például párhuzamosan lehet vizsgálni a szintézis alkalmazásával külön-külön is a beszéd folyamat különböző (magasabb és alacsonyabb) szintjeinek a működését (például ki-be lehet kapcsolni a dallamképzés különböző fázisait, a hangsúly rátételt, illetve levételt, az időtartamok korrekciós szabályait, amire Kassai utalt már 1976-ban). A kutatás tárgyának a meghangosítása olyan visszacsatolás a kutató számára, amely a korábbi vizsgálatoknál nem volt lehetséges. Ezért bizonyos rész kérdések nem is merülhettek fel. Ilyenek például hogy a magánhangzók hangzóssági viszonyai milyen összefüggésben vannak a hang szóban elfoglalt helyzetével. További ilyen kérdés, hogy a beszédhangok egymásra hatása milyen mértékben működik visszafelé, illetve előre. Ezt hangzásban lehet a legjobban megítélni. Ugyanehhez a kérdéskörhöz tartozik az, hogy a hangok egymásrahatására vonatkozó korábbi megállapításokat hogyan használhatjuk fel például a beszédépítés építőelemeinek a kialakításánál, beszédadatbázisok tervezésénél. Ez utóbbi kérdések megválaszolásához a hangok belső spektrális szerkezetéről, a formánsstruktúrákról, a hangátmenetekről kialakult eddigi tudásanyagot kell az egyedi feladatok megoldásához hozzáigazítani és felhasználni.

5. Eszközök és módszerek

Az értekezésben leírt kutatásokban egyrészt a hagyományos analízis eljárásokat használtuk, az azokból kapott eredmények ellenőrzéséhez pedig a szintézist alkalmaztuk. Az analízis-szintézissel eljárást a szabályrendszerek kidolgozásánál a szabályok finomításához használtuk. Az analízis szintézissel eljárás lényege az, hogy bizonyos paraméterek hatását, működési tereit olyan módon állapítjuk meg, hogy a paramétert, adatot változtatva generálunk beszédet és meghallgatással döntjük el, hogy a kapott eredmény megfelel-e a magyar beszéd hangzásának. Ilyen módszert alkalmaztunk például a hangidőtartamok vizsgálatában, és a beszéd dallam építőelemeinek meghatározásában. A közvetlen analíziseket KAY típusú CSL 4300B

típusú számítógépes beszédelemzővel (Computerized Speech Lab.) végeztük, az analízis szintézissel eljáráshoz pedig a magyarországi fejlesztésű, interaktív beszéd szintetizáló, időtartam és prozódia generáló PDS szoftvert (Profivox Development System) használtuk. Utóbbi a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszékén fejlesztették a szerző irányításával 1995 és 2000 között (Ferenczy et al. 1995; Olaszky et al. 2001). A PDS szoftver olyan eszköz, amellyel mind természetes beszédet, mind szintetizált hullámforma alakban meg lehet jeleníteni. A hullámformával párhuzamosan tárolja a hangokra jellemző információkat, mint a hang gerjesztési formáját, a hang típusát, a hanghatárt, a periódusok határát a zöngés hangokban, a szóhatárt, az alapfrekvencia és az intenzitás időbeli görbéjét, az artikulációs sebesség értékét hangonként, szavanként, valamint a hangsor intenzitásviszonyait. A rendszer különösen alkalmas intonációkutatásra, szabályrendszerek kipróbálására. Képes fogadni a szövegbe beiktatott (előre meghatározott) intonációs mellékjeleket, parancsokat. A rendszer moduláris felépítéséből adódik, hogy ki-be kapcsolhatók a beszéd folyamat egyes szintjei (a szegmentális és szuprasegmentális szint szétválasztható), így vizsgálatkor meg lehet határozni, hogy a beszédben csak az előre meghatározott paraméterek működjenek (például csak az időtartam-módosító szabályok, a beszéddallam ráültetés ne). A rendszer támogatja az olyan manipulációkat, mint például a természetes beszéd időszerkezetének ráillesztése ugyanolyan tartalmú szintetizált hangsorra vagy egy szintetizált intonációs görbe ráültetése az ugyanolyan tartalmú természetes hangsorra. A PDS szoftver a mai kor korszerű beszéd kutatási eszköze.

A vizsgálatok módszere

A folyamatos beszéd időszerkezetét két komponensre, szegmentális és szuprasegmentális elemekre bontva vizsgáltuk. A szegmentális síkra jellemző időtartamokat specifikus időtartamoknak neveztük. Új felfogású, inverz mérési eljárást dolgoztunk ki a specifikus időtartam mint elméleti fogalom számszerűsítésére. A közlés végleges hangidőtartamainak kialakítását (szuprasegmentális szint) a specifikus időtartamokból vezettük le az erre meghatározott szabályrendszer segítségével. Az eredményeket szintézissel ellenőriztük.

A beszéddallam szerkezetét is két síkon vizsgáltuk. A magasabb, elvontabb síkot képviselik frázisdallamok amelyek a mondat dallamát felépítő egyedi, önálló,

nem szó szintű dallamelemek. A frázis meghatározását Szende (1976, 181) így adta meg: „A beszéd folyamatban egy fonációs szakasz lezárulásával, egy természetes légzési csoport határain belül egységnyi közlésszakasz, **f r á z i s** jön létre, amely nyelvi értelemben alapszintű ’fonemikus frázisokat’ eredményez. Ez értelemmegkülönböztető szerepű, és a közlemény grammatikai tagolási egységeiben keletkezik.”. A fonemikus frázisok szavak csoportjait fogják össze. „Fonetikai kritériumuk az egyetlen, egységes hanglejtésforma.” (i.m.160). A beszéddallam tehát a mondat tagolásának funkcióját látja el. A tagolást a fonemikus frázisok valósítják meg. Rendszerünkben minden fonemikus frázis a rá jellemző **frázisdallammal** valósul meg. Minden fonemikus frázis új dallamelemet képvisel. Egy mondat egy vagy több frázisdallamból is állhat. A frázisdallamok fonetikai szintű, sematizált változatai a **dallamsémák**, amelyeket a beszéddallam építéséhez, mint építőelemeket határoztunk meg.

Vizsgálatainkban a dallamszerkezet alacsonyabb szintjét képviselték a szó szintű alapfrekvencia- változások. Ezek többségét a szóra előírt hangsúly kategóriák teszik ki, de ide tartoznak a szótag szintű változásokat megvalósító elemek is (például kérdésekben). A szó szintű építőelemeket dinamikus módon szuperponáltuk a frázis szintűekre, így alakítottuk ki a mondat végleges alapfrekvencia-szerkezetét.

Egységesített ábrázolási rendszert dolgoztunk ki a mondatok közötti, kontextuális dallamkapcsolódások megadására. A mondatra megadott dallam kezdési és végpontját a kijelentő mondatra mint alapszerkezetre vetítve adtuk meg. Ez lehetővé tette, hogy a különböző mondat-fajtákra jellemző dallamformákat transzformációs szabályok alkalmazásával tetszőleges szövegre átültessük, továbbá, hogy ugyanazon szövegű közléseket különböző dallamformával lássunk el (például a kijelentést kérdéssé, felszólítássá vagy kéréssé alakítsuk át). Ezek a **transzformációs szabályok** tették lehetővé, hogy szöveg szinten a mondathatárokon a nyelvre jellemző folyamatos dallammenet megvalósítható legyen. Ez lehetőséget adott arra, hogy például dialógusok szövegeire a megfelelő dallamformákat paraméterekkel, szabályokkal előre megadjuk.

6. Szegmentális szintű vizsgálatok

Ebben a fejezetben három témakörrel foglalkozunk, **a beszéd időszerkezetének szegmentális szintű meghatározásával, a formáns szerkezet néhány**

részletkérdésével, valamint az alapprofrekvencia akaratunktól független mikrointonációs változásaival. A lényegi hangsúlyt az első témakörre helyeztük, mivel ilyen célzatú vizsgálatot a magyar beszédhangokra még nem végeztek. A vizsgálat két szempontból fontos. Az egyik cél az volt, hogy a folyamatos beszéd bármely pontján lévő hangnak meg tudjuk adni azt az időtartamát, amelyik szegmentális szinten jellemző a hangra. Ezt specifikus időtartamnak neveztük. A követelményt csak úgy lehetett teljesíteni, hogy a hangsor szerveződésnek megfelelően, mintegy gördülő leképezéssel mentünk végig a hangsoron, figyelembe véve az adott hangot megelőző hangot és az őt követőt is. Ilyen hármas hangegységek középső hangját vizsgáltuk. Ha ezt a hármas hangegységet mindig jobbra léptetjük egy hanggal, akkor folyamatosan végig menve a hangsoron annak minden hangjára meg tudjuk adni az alapidőtartamot és ez tartalmazni fogja a hangkörnyezet alapvető hatását is. Ennek az időtartamnak olyannak kell lenni, hogy az így felépített beszéd időszerkezete kiegyensúlyozott legyen, tehát ne legyenek benne olyan időtartam torzulások (túl rövid, túl hosszú hangok), amelyeket meghallgatással érzékelni lehet. Erre az alapra kívántuk felépíteni a végleges hangidőtartamokat meghatározó szabályokat, amelyekkel már figyelembe vesszük a szupraszegmentális szintű finomabb hangidőtartam változásokat. A végcél az volt, hogy olyan kétszintű időtartam modellt állítsunk fel, amellyel közelíteni lehet a természetes ejtésű beszéd időszerkezetét. A másik cél az volt, hogy igazoljuk ennek az eljárásnak a mérési pontosságát és ha ez sikerül, akkor megmutassuk, hogy milyen előnyei vannak a hagyományos, direkt időtartammérési eljárásokkal szemben.

A formánsszerkezet tekintetében olyan vizsgálatokat ismertetünk, amelyeket a beszédépítéssel kapcsolatos néhány részletkérdés megoldására végeztünk. Ilyenek a formánsszerkezet stabilitása a hangsoron belül, a beszédhangok mesterséges összekapcsolása és a formánsszerkezet közötti összefüggések, továbbá a rövid-hosszú magánhangzópárok formánsszerkezetének vizsgálata.

A mikrointonációs változásokra vonatkozóan teljes vizsgálatot végeztünk és megadjuk ezen változások fő szabályszerűségeit a magyar folyamatos beszédre.

6.1 A magyar beszédhangok specifikus időtartamainak meghatározása folyamatos beszédre

Kutatásunk célja az volt, hogy **konkrét adatokkal jellemezzük a magyar folyamatos beszédben jelenlévő hangok alap-időtartamait** mint a folyamatjelenség építőkockáit, azaz számszerűsítsük a specifikus időtartam fogalmát. A feltételeztük, hogy a specifikus időtartamok már önmagukban is reprezentálják a magyar beszédhangokra jellemző alapvető időtartamszerkezeti képet, a magánhangzókra jellemző időtartameloszlást, a mássalhangzók jellemző időtartamait, végül pedig a magánhangzók és mássalhangzók közötti időtartam arányokat.

A specifikus időtartam elméleti fogalom. A szerző meghatározása szerint olyan **alapidőtartamot fejez ki, amelyik a beszédképzés legsemlegesebb, azaz szegmentális szintjén jellemző a hangra. Ilyenkor csak az artikulációból eredő hatások hatnak a hang időtartamára.** Számszerű meghatározása nehéz, mivel az a kritérium, hogy „legsemlegesebb szint” nem fordul elő a természetes beszédképzés során. Talán az angol irodalomban használt 'intrinsic duration' terminussal, illetve az 'inherent duration' meghatározással lehet párhuzamba helyezni az általunk megfogalmazott definíciót. Lehiste (1970, 18) szerint „egy beszédhang időtartamát sok fonetikai faktor befolyásolhatja. Egy szegmens időtartamát bizonyos mértékig meghatározza a saját természete, azaz az artikuláció módja és helye. Az 'intrinsic duration' terminussal tehát hivatkozhatunk a szegmens időtartamára, amit a fonetikai minőség határoz meg”. Ez a meghatározás a szegmens saját fonetikai minőségét veszi figyelembe, a mi felfogásunk ezen túlmegy és figyelembe kívánja venni a folyamatos artikulációból adódó befolyást is, azaz azt, hogy milyen hang előzi meg és milyen hang követi a vizsgált hangot. Az MITalk angol beszéd szintetizáló rendszerben (Allen et al. 1984) nem használták az „intrinsic duration” fogalmát. Itt az időtartam szabályok az 'inherent duration'-ból építkeztek.. A szerzők ezt így határozták meg: „Az 'inherent duration' nem jelent speciális státuszt, szerepe csak annyi, hogy kiindulási pontot adjon a szabályoknak. Ez az időtartam közelítőleg megfelel a hangsorba helyezett értelmetlen CVC kapcsolatok ejtésekor keletkező időtartamnak. Például: *Kimondom, hogy BAB és BAB. Kimondom, hogy VAV és VAV.*” (i.m.94). Ebben a megfogalmazásban az 'inherent duration' közel áll a mi meghatározásunkhoz.

A beszéd során az elhangzott közlést több tényező által kialakított komplex időszerkezet jellemzi. **Felfogásunk szerint ez a komplex időszerkezet két részre bontható:** a szegmentális szintű szerkezetre (mint alap), amikor lényegében csak az artikuláció befolyásolja a hangidőtartamot, és a szupraszegmentális szintűre, amikor a szegmentális szintre ráépülő összes további tényező, például a hang helyzete a hangsorban és azon belül a szó belsejében, a hangsúly, az artikulációs sebesség, a mondat típusa, a beszédíram változása, a beszélő egyéni jellemzői stb. alakítja ki a beszédhang végleges időtartamát. A hallgató ezt a végleges időtartamot hallja. Ha csak a szegmentális szintre jellemző időtartamok meghatározása a cél, akkor ebből a komplex időszerkezetből kell visszafejteni az egyes befolyásoló tényezők hatását, hogy a művelet végén megkapjuk azt az időtartamot, amelynek kialakulását már csak az artikuláció befolyásolja. Ez ilyen formában szinte megvalósíthatatlan, tehát más utat kellett keresni a probléma megoldására.

Anyag és módszer

A cél megvalósításához újszerű, indirekt, kombinált, módszert dolgoztunk ki. Az indirekt megközelítés azt fejezi ki, hogy a beszédhangok időtartamát nem közvetlenül a beszédjelenből mértük, hanem beszéd-szintézis és percepció teszt kombinációjával olyan beszédet hoztunk létre, amelyik jó közelítéssel reprezentálta a szegmentális szerkezetű beszédet, ezáltal a rá jellemző időtartam tulajdonságokat. Az így létrehozott beszédjelen végeztük el az időtartam méréseket és az így kapott hangidőtartamokat tekintettük specifikus időtartamnak. Az indirekt mérés tehát négy részből tevődött össze:

- első szakasz: célirányos beszéd-szintetizálás, szegmentális szintű beszéd létrehozása;
- második szakasz: percepció teszt és ennek alapján történő hangidőtartam beállítás a szintetizált, szegmentális szintű beszédben;
- harmadik szakasz: a specifikus hangidőtartamok megmérése, az eredmények összesítése;
- negyedik szakasz: az eredmények ellenőrzése, összehasonlítása korábbi mérési adatokkal, az inverz eljárás létjogosultságának igazolása. Az időtartam adatok új szempontú, több oldalról való meghatározása.

A kísérlet során 9 magánhangzó és 23 mássalhangzó specifikus időtartamait határoztuk meg folyamatos beszédre. **Hármas hangkapcsolatokban, CVC,**

VCV,CCV, VCC elemekben vizsgáltuk a középső hang időtartamát a hangsor minden pontján, ahol az adott hanghármas előfordult. A C kategóriába számítottuk a hangsorkezdő és hangsorzáró csend állapotot is. A vizsgált hangokat és jelölésüket a 6.1. és 6.2. táblázatban mutatjuk be. A táblázatok harmadik sorában szereplő jelölések bevezetésére a számítógépes feldolgozás megkönnyítése érdekében volt szükség. Itt az ékezetes betűknek megfelelő magánhangzókat azok ékezet nélküli nagybetűs változatukkal jelöltük (például á=A). A számítógépes ábrákban és táblázatokban nem a hangok fonetikai jelét használtuk, hanem ezeket a saját jelöléseket.

6.1. táblázat: A vizsgált 9 magánhangzó és jelölésük az értekezésben

IPA jel	a:	ɔ	o	u	y	i	e:	ø	ɛ
Írott forma	á	a	o	u	ü	i	é	ö	e
A hang jele a számítógépben	A	a	o	u	U	i	E	O	e

6.2. táblázat: A vizsgált 23 mássalhangzó és jelölésük az értekezésben

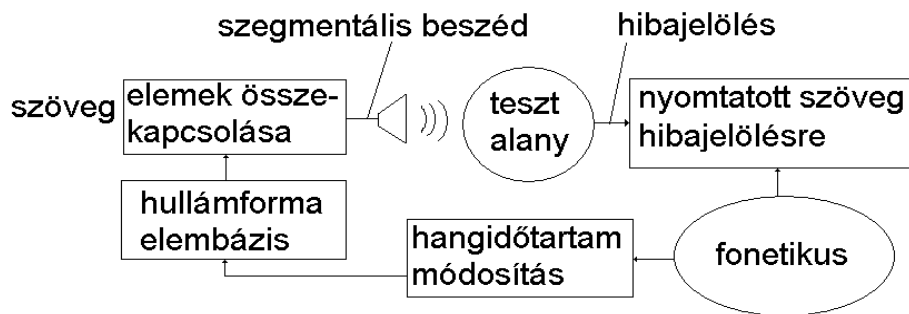
IPA jel	b	p	d	t	g	k	ɟ	c	m	n	ɲ	j	h	v	f	z	s	ts	ʒ	ʃ	tʃ	l	r
Írott forma	b	p	d	t	g	k	gy	ty	m	n	ny	j	h	v	f	z	sz	c	zs	s	cs	l	r
A hang jele a számítógépben	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r

A beszédben előforduló hosszú mássalhangzókat és a rövid magánhangzók hosszú párjait a rövid megfelelőjük időtartamának duplázásával oldottuk meg Kassai (1982, 131) megállapításait követve.

A kísérletben a célirányos beszédszintézis helyettesítette az emberi beszédet. E beszéd létrehozásához speciális, emberi hangból kialakított hullámformarészeket használtunk. A hullámforma részletek kialakításánál (a hangfelvételnél) úgy jártunk el, hogy a később felhasználandó jelrészlet-építőelemekben lehetőleg csak a szegmentális szintre jellemző komponensek szerepeljenek. Ezekből a jelrészletekből adatbázist állítottunk össze. A gépi beszédet az adatbázisból kiválasztott eseti

elemek egymás után való kapcsolásával hoztuk létre. Így imitáltuk a szegmentális szintű beszédet. A gép a kísérlet során szöveget olvasott fel.

A percepció tesztlényege az volt, hogy a kísérleti személynek a gép által generált beszéd hangjainak az időtartamát kellett minősítenie elfogadható, túl hosszú, illetve túl rövid jelzővel. A kísérleti személyek döntéseiket abban a nyomtatott szövegben jelölték, amelyet a gép felolvasott. Ezután a túl hosszúnak, illetve túl rövidnek minősített hangok időtartamát a gép adatbázisában korrigáltuk, így közelítettünk a percepciósan helyesnek talált időtartamok felé. A percepció tesztl és a korrekciók többszöri megismétlésével fokozatosan elértük, hogy a gép által generált beszédben minden beszédhang időtartamát elfogadhatónak minősítették a percepció tesztl résztvevői. Az így létrehozott beszéd reprezentálta a specifikus időtartamokat, amelyek kialakításában csak az artikuláció hatása szerepel. A kísérlet folyamatábráját a 6.1. ábra mutatja.



6.1. ábra

Kísérleti összeállítás a beszédhangok specifikus időtartamának meghatározására

A kísérletben alkalmazott percepció tesztl zárt láncú, önmagába visszatérő 5-6 fordulós vizsgálat volt, amelyben minden fordulóban hallás alapján korrigáltuk a szövegben jelzett időtartam eltéréseket. A korrekciót az akusztikai adatbázis elemein végeztük el, így a következő fordulóban ugyanaz a hangsor már a korábban kijavított hangidőtartamokkal épült fel a szintézis során. Egy-egy tesztforduló általában egy hónap alatt zajlott le. A percepció tesztl 8 hónapig tartott 1999-ben.

A percepció tesztlhez egyrészlről olyan 2480 mondatból (5-10 szó mondatonként) álló szövegkorpuszt állítottunk össze, amelyik tartalmazta a CVC és VCV kapcsolatok teljes halmazát. Másrészlről pedig meglévő természetes szövegeket

(újságból, magyar publikációkból¹ stb.) használtunk a gépi felolvasásokhoz. Ezek a szövegek nem tartalmazták az összes lehetséges változatot a VCC és CCV kapcsolatokból, ezért a hiányzó ilyen elemeket célirányos egyedi szövegekből, esetenként mozaikszavakból készített szintézis eredményéből határoztuk meg. A tesztek első három fordulójában a szövegkorpusz mondatait hallgatták le a kísérleti személyek. Itt jelölték be a kirívóan hosszú, illetve rövidnek ítélt hangokat. A 4-6 fázisokban összefüggő szövegeket hallgattak (újságcikkeket, tanulmányokat stb.) és ezek szövegébe írták be jelöléseiket.

Négy fő (egy nő és három férfi, életkoruk 30 és 40 év közötti,) vett részt a tesztben. Meg kellett hallgatniuk mondatról mondatra a szintetizált mintát, és a kinyomtatott szövegben be kellett jelölni (az adott hang alá írt jellel), hogy mely hangok túl hosszúak (mínusz jellel) és melyek túl rövidek (x jellel) az elhangzott mondatban. Például:

A g y e r e k e k b á g y a d t a n ü l t e k a b á b s z í n h á z b a n .
 – – – x – – – x

A mondatot többször is meg lehetett hallgatni egymás után. A tesztet egyenként végeztettük. Egy vizsgálati szakaszban minden kísérleti alany meghallgatta a 2480 mondatot. Ezután négy vélemény állt rendelkezésre. A fonetikus ellenőrizte az ítéleteket. Ha négyből legalább három egyezett, azt elfogadta és elvégezte a szükséges korrekciót a hangban (nyújtotta, illetve rövidítette a hangot saját ítélete szerinti mértékben). Ha négyből kettő vagy egy jelölte meg valamelyik hangot, akkor nem változtatott a jelölt hangok időtartamán. Az időtartamok fizikai korrigálása egy korábban kifejlesztett speciális fonetikai szabályrendszer alkalmazásával történt (Olaszy–Olaszi 1998). A vizsgálat első harmadában háromszor hallgatták meg a kísérleti személyek a 2480 mondatot. Ebben a szakaszban a durva időtartam hibák kerültek kijavításra, a jelölt esetek többségében javítani kellett, ritka volt a téves ítélet. A második harmadban szintén háromszor hallgatták meg a mondatokat. Itt már finomabb időtartam eltéréseket is észleltek, (a durva időtartam hibák ugyanis elfedték a finomabbakat az első szakaszban). Ebben a szakaszban az ítéletek körülbelül 65%-ában kellett javítást végezni az adott hang időtartamán. A második harmad végén már 10-15 ms-os finomsággal észlelték a hallgatók a kissé hosszú, illetve kissé rövid időtartamokat. Ilyen alacsony érzékelési küszöbről már Hugins (1972) is közölt eredményeket. A harmadik harmadban

¹ CD 5

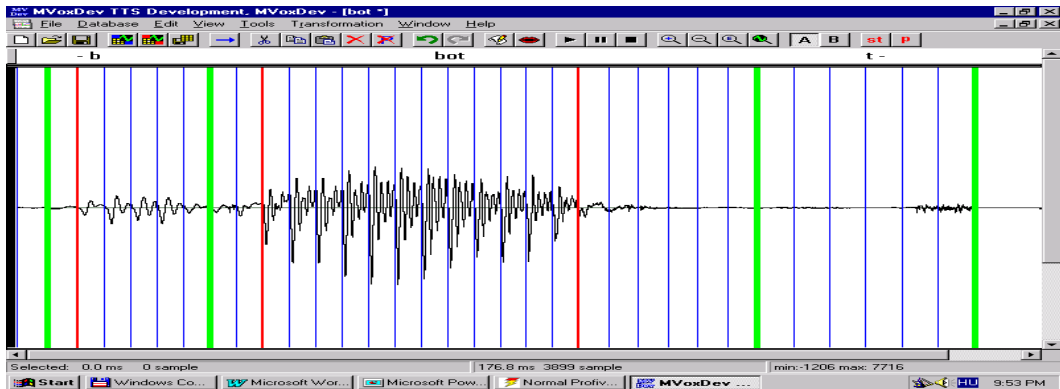
szabadon választott szövegeket olvastattunk fel a géppel, itt már egyre ritkultak a jelölések a szövegekben. A teszt végére a kísérleti személyek közel húszezer olyan jelölést hajtottak végre, amelyeknek a következménye időtartam módosítás volt. A kísérletsorozat végére elértük azt az állapotot, hogy a magyar beszédhangok specifikus, szegmentális szintre vonatkoztatott időtartamait az adatbázis egyes építőelemei tartalmazták. A beállított hangidőtartamokat a továbbiakban számítástechnikai támogatással nyertük ki az adatbázisból és dolgoztunk fel különböző szempontok szerint.

A szintetikus beszéd építőelemei

Az indirekt mérési eljárásból következik, hogy a kísérlet leglényegesebb eleme a célirányos beszéd-szintézissel létrehozott szegmentális szintet reprezentáló szintetikus beszéd (emberi kiejtésből származó hullámforma elemeket kapcsolunk egymás után és így hozzuk létre a hangsorozatot). A szintetikus beszéd tervezésekor a következő szempontokat vettük figyelembe: az építőelemeket úgy határoztuk meg, hogy lehetőleg ne okozzanak torzulást a hangok akusztikai szerkezetében. A beszédépítés során felhasznált elemek lényegében a szegmentális szerkezetre jellemző tulajdonságokkal rendelkeztek (a bemondó közel azonos hangmagasságon, dallam nélkül ejtette az elemeket, és ritmikából származó időtartam-módosulásokat nem ejtett). Az alapvető cél az volt, hogy a hangok időtartamát a megelőző és a követő hang hatásának függvényében határozzuk meg, mivel a folyamatos beszédben ez a hangsor felépülésének természetes szerkezete.

Korábbi mérések szerint a hallgatók érzékenyebbek a magánhangzók időtartam hibáira (túl hosszú, túl rövid), mint a mássalhangzóknál generált hasonló hibákra (Kato et al. 1998). Ezért a beszédépítés alapelemének a CVC kapcsolatokat jelöltük meg, hogy a magánhangzók időtartamát egyedileg lehessen beállítani. A CVC elemek felépítése a következő volt: a C-k fél hangot tartalmaztak (a mássalhangzók felénél volt elvágva a hang) a magánhangzó pedig eredeti formájában maradt. Így elértük azt, hogy a magánhangzók akusztikai szerkezete nem torzult (hiszen nem vágtuk el őket), továbbá, hogy minden CVC kapcsolatban szereplő magánhangzónak külön-külön mérhető (kezelhető) saját időtartama volt függetlenül attól, hogy milyen mássalhangzó előzte meg, illetve követte. A CVC elemeken túl – mivel a hangsorok nem kizárólag CVCVCVC.... szerkezetűek – két fél hangot tartalmazó CV, VC, CC, VV félhang kapcsolatokat is alkalmaztunk építőelemként. Ezeknél az elemeknél a

hang közepén történt a vágás. A fenti ötféle építőelemből bármilyen hangsor összeállítható. A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy a rövid magánhangzók hosszú párjaira is készítettünk elemeket, továbbá, hogy a hosszú mássalhangzókat a rövid párjukból állítottuk elő a szintézisben, a megfelelő hangszakasz nyújtásával (Olaszy–Olaszi 1998). A 6.2. ábrán bemutatjuk, hogy mely építőelemek összekapcsolásával hozzuk létre például a *-bot-* hangsort. A kezdő *-C* elem 6 periódusból áll és csak a [b] zöngéjét tartalmazza. A második CVC elem 20 periódusból áll, a [b] zárfelpattanásával kezdődik, majd a teljes [o] hangot tartalmazza és a [t] hang néma fázisával zárul. A hangsort záró *C-* elem a [t] néma fázisát is tartalmazza, valamint a zárfeloldódásból származó hosszabb zörejt.



6.2. ábra

A *bot* hangsor *-C*, *CVC*, és *C-* elemei összekapcsolva. A periódusokat kék, a hanghatárokat piros, az elemhatárokat vastag zöld függőleges vonal jelzi

A *Jó napot kívánok.* hangsort ezek alapján tehát a következő elemekből építjük fel:

-j jón nap pot tk kív ván nok k-
CC CVC CVC CVC CC CVC CVC CVC CC

Az alkalmazott ötféle építőelem bizonyos korlátok közé szorította a hangidőtartamok korrekt beállítását. Mint láttuk, a magánhangzók időtartamait minden CVC helyzetben egyedileg be tudtuk állítani. A mássalhangzók időtartamát – mivel a mássalhangzókat két fél elemből állítottuk össze – azonban már nem lehetett ilyen pontossággal kezelni, mivel a mássalhangzó egyik fele sok másik féllal találkozhatott a hangsorépítés során.. Például a *jó napot* példájában látott harmadik, negyedik elemekben az **nap** és **pot** építőelemek kapcsolódnak. Az **nap** elemhez

azonban kapcsolhatjuk még az összes olyan elemet, amelyikben az első elem a **p** hang (például a **pét**-t a *napét* hangsorhoz, a **pít** elemet a *napit* hangsorhoz). A **p** hang teljes időtartama tehát a két félhang időtartamának összege lesz minden esetben. Ha például megnyújtjuk a **nap** építőelem **p** félhang-részében a némafázis hosszát, akkor ez nyújtani fogja az összes **p** hangot, amelyet a **nap** elemhez való kapcsolással hoztunk létre. Mindezekből az következik, hogy a magánhangzók specifikus időtartamának kialakításánál feltétel nélkül rövidíthettük, nyújthattuk a magánhangzót, tehát beállíthattuk a leoptimalisabb időtartamot. Ezek az időtartamok tükrözik a nyelvre jellemző specifikus magánhangzó időtartamokat. A mássalhangzók esetében viszont az esetleges időtartam korrekciók végzése során figyelembe kell venni, hogy az egyik elemben végzett időtartam korrekció sok más elemre is kihat, a mássalhangzók specifikus időtartamának kialakítása tehát mindig kompromisszum eredménye. Ezek a kompromisszumok – a mérések szerint – azonban jól meghatározhatók, így a mássalhangzókra kapott specifikus időtartam értékek is jól tükrözik a nyelvre jellemző tulajdonságokat.

Az akusztikai adatbázis létrehozása

Az akusztikai adatbázisba CVC, CV, VC, CC és VV felépítésű elemeket tároltunk. Az elemek kialakításához három szótagos szövegelemeket terveztünk, ezeket olvasta fel a bemondó (részletesen lásd Olaszy,1999). A felolvasott szövegkorpuszból 4761 CVC, 207 CV, 207 VC, 529 CC és 81 VV hullámforma elemet hoztunk létre az adatbázisban.

A hanghatár meghatározása a kísérlet szempontjából (és minden, hangidőtartam mérésre vonatkozó kutatás szempontjából) kritikus fontosságú (Laziczius 1944). Laziczius külön részt szentel a kérdésnek (i.m. 109) és kifejti a hangelhatárolás nehézségeit. „Az igazi nehézségek azonban csak akkor kezdődnek, amikor a hangsort alkotó hangok időtartamának a meghatározására kerül sor. Ahhoz, hogy ezt megállapítsuk, a hangsor görbéjét megfelelő részekre kell bontanunk. Meg kell tudnunk mondani, hogy inentől eddig tart egy hang, s itt kezdődik a másik”. A mai technika már segít a hangelhatárolás korrekt megállapításában, de az alapvető nehézségek ugyanúgy fennállnak, mint régen (van Santen 1992). A hanghatárok megjelölését ebben a kísérletben a szerző manuálisan végezte, a munkát vizuális és auditív szoftver eszközök segítették. Vizuálisan az időfüggvényből és a hangintenzitás alakulásából, auditíve pedig a hangátmenetek meghallgatásával

döntöttük el, hogy hol lesz a hanghatár. Csak néhány nehezen meghatározható esetben készítettünk hangspektrogramot a már megállapított hanghatár végleges azonosítására. A hanghatárok meghatározása erősen hangfüggő. A zár- zár-rés és réshangoknál viszonylag jól meg lehet határozni a pontos helyet, a többi mássalhangzó esetében nehezebb. A zárhang+V kapcsolatoknál a mássalhangzóhoz számítottuk a zár-felpattanást a lecsengés végéig. A réshang+V, zár-réshang+V kapcsolatoknál a hanghatárt a magánhangzó első induló periódusának kezdetére jelöltük meg. A szonoráns+V+szonoráns kapcsolatoknál a hanghatár egyértelmű megállapítása szinte lehetetlen. Itt a vizuális elemzésen túl erősen támaszkodtunk a hangkapcsolat meghallgatásos vizsgálatára (a hangkapcsolatot meg lehetett hallgatni úgy, hogy periódusról periódusra tágítottuk a hullámforma ablakot és minden tágítás után meghallgattuk a kijelölt rész hangzását). Így végül kialakult az optimális hanghatár helye.

Eredmények

A kísérletsorozat eredménye, hogy meg tudtuk határozni a specifikus időtartamokat a vizsgált magyar beszédhangokra az őket megelőző és az őket követő hang függvényében (összesen 16146 féle hármas hangkapcsolat középső hangjára). Más szóval **sikerült számszerűsíteni a specifikus időtartamokra vonatkozó elméleti kategóriát**. Ennek egyik közvetlen, a beszédépítésre vonatkoztatható eredménye az lett, hogy **megadhatóvá vált bármely szöveg minden hangjára a szegmentális szinten rá legjellemzőbb specifikus időtartam** az adott artikulációs sebességre vetítve. Ez a kísérletben használt szintetikus beszédnél 12-13 hang/másodperc volt. Ezek az időtartamok szupraszegmentális szinten változnak, általában gyorsulnak (lásd a 7. fejezetben).

Az eredményként kapott specifikus időtartamokat mátrix formában szemléltetjük. A mátrix első oszlopában szerepelnek a mért hangot megelőző, az első sorában pedig az őt követő hangot jelképező karakterek. A kérdéses hang, amelyre az adatok vonatkoznak, a mátrix bal felső sarkában van megjelölve. A mátrixokban a hangokat a 6.1. és 6.2. táblázatok harmadik sorában megadott, a számítógép számára is megjeleníthető karakterekkel adtuk meg. A mátrix sor-oszlop találkozási pontjain a vizsgált hang időtartama szerepel ms-ban. Ez a mátrixos táblázati forma jó rálátást biztosított az időtartamok alakulására. Ez a percepció tesztel megállapított időtartamok pótlólagos ellenőrzésre is módot adott. Ha kirívóan eltérő értéket

találtunk a mátrixban, akkor az arra utalt, hogy valamilyen okból az adat hibás. Ez adódhatott például abból, hogy, a hanghatár kijelölésébe hiba csúszott, vagy abból, hogy a rossz értéket adó hanghoz tartozó építőelemenben ténylegesen túl rövid, vagy túl hosszú maradt a hangrész. Mindezeket figyelembevéve pusztán a mátrix tanulmányozásával feltártuk a rendszerben lévő néhány hangidőtartam hibát és azokat korrigáltuk. Korrigálás után újra képeztük az adott mátrixot és az már a javított adatot tartalmazta. Ebből a pótlólagos javításból következik, hogy a mátrixokban közölt adatokban kevés a hiba.

A magánhangzók specifikus időtartamai CVC kapcsolatokban

Az adatokat, mivel három hang kapcsolódását kell szemléltetni, mátrix formába rendeztük. Minden magánhangzóra $23 \times 23 = 529$ specifikus időtartam adatot adtunk meg. A mért magánhangzók specifikus időtartamait tartalmazó kilenc mátrix a függelékben található. Példaképpen bemutatjuk az [o] hang specifikus időtartamait tartalmazó mátrixot (6.3. táblázat).

6.3. táblázat: Az [o] hang specifikus időtartamai CVC kapcsolatokban ms-ban

o	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	88	93	84	95	93	90	93	103	83	84	94	95	95	85	94	93	90	94	94	85	83	84	94
p	88	93	83	95	92	90	92	103	82	83	93	95	95	84	93	93	90	94	94	84	83	83	93
d	86	91	82	93	91	88	91	101	81	81	92	93	93	83	91	91	88	92	92	83	81	82	92
t	84	90	80	92	89	86	89	100	79	80	90	92	92	81	90	90	87	91	91	81	80	80	90
g	87	92	83	94	92	89	92	102	82	82	93	94	94	84	92	92	89	93	93	84	82	83	93
k	79	84	75	86	84	81	84	94	74	74	85	86	86	76	84	84	81	85	85	76	74	75	85
G	90	95	85	97	94	92	94	105	84	85	95	97	97	86	95	95	92	96	96	86	85	85	95
T	99	104	95	106	104	101	104	115	94	95	105	106	106	96	105	105	101	106	106	96	95	95	105
m	79	85	75	87	84	81	84	95	74	75	85	86	86	76	85	85	81	86	86	76	75	75	85
n	90	96	86	98	95	92	95	106	85	86	96	98	98	87	96	96	93	97	97	87	86	86	96
N	94	99	90	101	99	96	99	109	89	90	100	101	101	91	100	99	96	100	100	91	89	90	100
j	80	86	76	88	85	82	85	96	75	76	86	87	87	77	86	86	82	87	87	77	76	76	86
h	90	96	86	98	95	92	95	106	85	86	96	98	98	87	96	96	93	97	97	87	86	86	96
v	88	94	84	96	93	90	93	104	83	84	94	96	96	85	94	94	91	95	95	85	84	84	94
f	80	86	76	88	85	82	85	96	75	76	86	88	88	77	86	86	83	87	87	77	76	76	86
z	91	96	87	98	96	93	96	106	86	86	97	98	98	88	96	96	93	97	97	88	86	87	97
s	87	92	83	94	92	89	92	103	82	83	93	94	94	84	93	93	89	94	94	84	83	83	93
c	93	98	88	100	97	95	97	108	87	88	98	100	100	89	98	98	95	99	99	89	88	88	98
Z	87	92	82	94	91	89	91	102	81	82	92	94	94	83	92	92	89	93	93	83	82	82	92
S	77	83	73	85	82	79	82	93	72	73	83	85	85	74	83	83	80	84	84	74	73	73	83
C	88	94	84	96	93	90	93	104	83	84	94	95	95	85	94	94	90	95	95	85	84	84	94
l	80	85	76	87	85	82	85	95	75	75	86	87	87	77	85	85	82	86	86	77	75	76	86
r	89	95	85	97	94	91	94	105	84	85	95	97	97	86	95	95	92	96	96	86	85	85	95

Ha tehát meg akarjuk adni az [o] specifikus időtartamát a *bot* hangkapcsolatban, akkor a mátrix **b** sorának és **t** oszlopának metszéspontjában találjuk a 95 ms-os értéket.

Az adatokból látható, hogy az [o] hang specifikus időtartama széles határok között mozog attól függően, hogy milyen mássalhangzó előzi meg és, hogy milyen követi. A szórás 72 ms-tól 115 ms-ig terjed. Az adatokból számított átlag 90 ms. Ha az adatokat 10 ms-os csoportokba rendezzük, akkor eloszlási képet kapunk arról, hogy milyen hangkörnyezetnek milyen hatása van az [o] hang időtartamára. Ezt ábrázolja a 6.4. táblázat. E szerint, négy 10 ms-os csoportba sorolható be az [o] hang specifikus időtartamainak eloszlása CVC helyzetre a 70-79, a 80-89, a 90-99 és a 100-109 ms-os sávokra. A jellemző hangidőtartam a 80-100 ms-os tartományba esik (itt van a legtöbb hangkapcsolat). Az adatokból két fő tendenciát láthatunk. Az egyik az, hogy az [o] hang időtartama a leghosszabb ha palatálisokhoz kapcsolódik, a másik pedig, hogy a hang időtartama a legrövidebb a nazálisok szomszédságában. A mért 9 magánhangzóra kiszámított eloszlások mátrix táblázatait a függelék tartalmazza.

6.4. táblázat: Az [o] hang specifikus időtartamainak eloszlása a CVC kapcsolatok függvényében

70-ms	tom toC kob kod kom kon kov koS koC kol mob mod mom mon mov moS moC mol jod jom	
	jon jov joS joC jol fod fom fon fov foS foC fol Sob Sod Sok Som Son Sov Sos SoS SoC	
	Sol lob lod lom lon lov loS loC lol	
80-	bob bod bok bom bon bov boS boC bol pob pod pok pom pon pov pos poS poC pol dob	
	dod dok dom don dov dos doS doC dol tob top tod tog tok toG ton tov tof toz tos toS	
	tol gob god gok gom gon gov gos goS goC gol kop kot kog kok koG koN koj koh kof koz	
	kos koc koZ kor Gob God Gom Gon Gov GoS GoC Gol mop mot mog mok moG moN moj moh morf	
	moz mos moc moZ mor nod nom non nov noS noC nol Nod Nom Non NoC Nol job jop jot jog	
	jok joG joN joj joh jof joz jos joc joZ jor hod hom hon hov hoS hoC hol vob vod vom	
	von vov voS voC vol fob fop fot fog fok foG foN foj foh fof foz fos foc foZ for zod	
	zom zon zov zoS zoC zol sob sod sok som son sov sos soS soC sol cod com con cov coS	
	coC col Zob Zod Zok Zom Zon Zov Zos ZoS ZoC Zol Sop Sot Sog SoG SoN Soj Soh Sof Soz	
	Soc SoZ Sor Cob Cod Com Con Cov CoS CoC Col lop lot log lok loG loN loj loh lof loz	
	los loc loZ lor rob rod rom ron rov roS roC rol	
	90-	bop bot bog boG boN boj boh bof boz bos boc boZ bor pop pot peg poG poN poj poh
		pof poz poc poZ por dop dot dog doG doN doj doh dof doz doc doZ dor tot toT toN toj
toh toc toZ tor gop got gog goG goN goj goh gof goz goc gor koT Gop Got Gog Gok		
GoG GoN Goj Goh Gof Goz Gos Goc GoZ Gor Tob Tod Tom Ton Tov ToS ToC Tol moT nob nop		
not nog nok noG noN noj noh nof noz nos noc noZ nor Nob Nop Nog Nok NoG NoN Nov Nof		
Noz Nos NoS Nor joT hob hop hot hog hok hoG hoN hoj hoh hof hoz hos hoc hoZ hor vop		
vot vog vok voG voN voj voh vof voz vos voc voZ vor foT zob zop zot zog zok zoG zoN		
zoi zoh zof zoz zos zoc zoZ zor sop sot sog soG soN soj soh sof soz soc soZ sor cob		
cop cot cog cok coG coN coj coh cof coz cos coc coZ cor Zop Zot Zog ZoG ZoN Zoi Zoh		
Zof Zoz Zoc ZoZ Zor SoT Cop Cot Cog Cok CoG CoN Coj Coh Cof Coz Cos Coc CoZ Cor loT		
rop rot rog rok roG roN roj roh rof roz ros roc roZ ror		
100-		boT poT doT goT GoT Top Tot Tog Tok ToG ToN Toj Toh Tof Toz Tos Toc ToZ Tor noT
		Not NoT Nej Noh Noc NoZ hoT voT zoT soT CoT ZoT CoT roT ToT

Minden magánhangzóra kiszámítottuk az átlagos specifikus hangidőtartamokat. Az eredményeket a 6.5. táblázat mutatja időtartamsorrend szerint. A rövid magán-

hangzókra kapott átlag 88 ms. Magdicsnál (1967) ez az adat 121 ms., Tarnóczynál (1974) 110 ms, Kassainál (1979) pedig 100 ms.

6.5. táblázat: A magánhangzók átlagos specifikus hangidőtartamai ms-ban

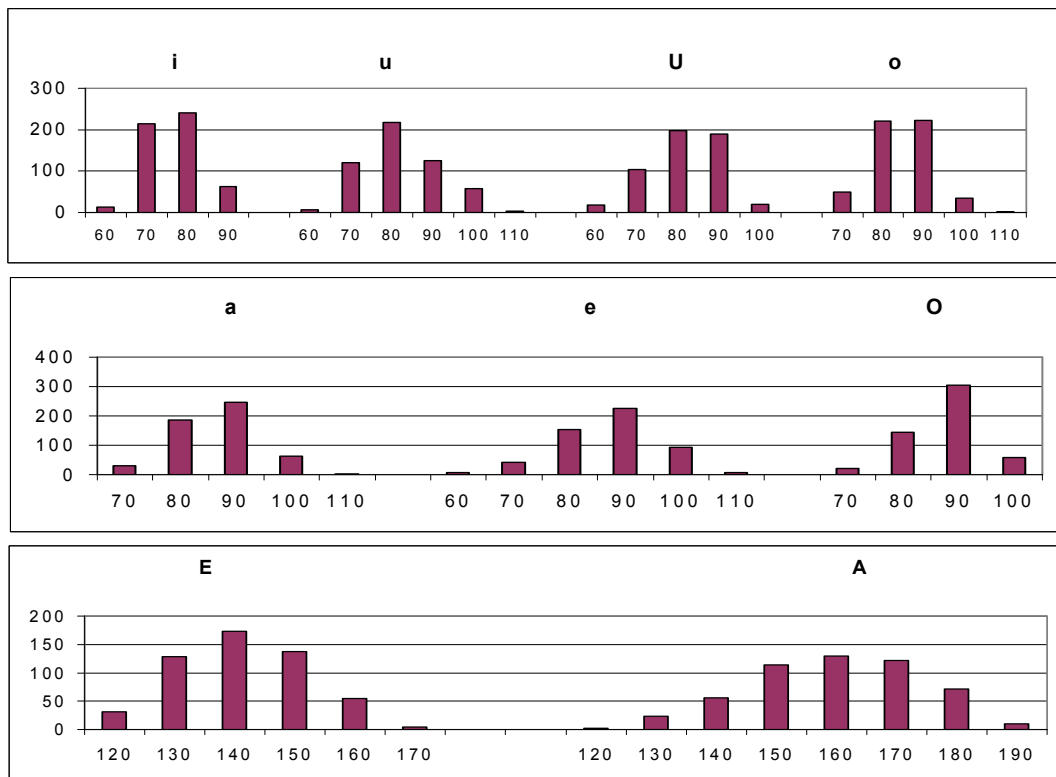
Magánhangzó	Átlag	Minimum	Maximum
[i]	80	61	99
[u]	86	69	113
[y]	86	61	103
[o]	90	72	115
[ɔ]	91	73	113
[ɛ]	91	64	115
[ø]	92	71	109
[e:]	146	124	170
[a:]	164	128	196

Magdics (1966) mérései szerint a hangsúlyos helyzetű rövid magánhangzók átlagidőtartamai a következő hangsorrendet adták: [y](100ms), [i](102), [ɛ](117), [ø](117), [u](132), [o](139) [ɔ](144). A hangsúlytalanokra is hasonló volt a sorrend: [i](83), [y](86ms), [ɛ](100), [ø](105), [u](125), [ɔ](125), [o](130). Látható, hogy Magdics időtartam adatai lényegesen hosszabbak, mint a mi adataink. Ez abból adódhat, hogy Magdics, úgymond nyugodt beszédtempóval ejtett anyagon végezte méréseit. Egy későbbi vizsgálatában Magdics (1969) összehasonlította a nyugodt és a gyors beszédben megvalósuló hangidőtartamokat. Ebben a mérésben a nyugodt tempóra 10-11 hang/s-os artikulációs sebesség volt a jellemző, a gyors beszédre kb. 13 hang/s. Magdics gyors beszédre kapott adatai a következők: [y](90ms), [i](92), [ø](96), [ɛ](100), [ɔ](109), [o](115), [u](121). Kassai (1982) a hangsúlyos helyzetben mért magyar magánhangzókra a következő sorrendet közölte: [i] < [u] < [y] < [o] < [ɛ] < [ɔ] < [ø]. A 6.5. táblázat szerinti sorrend megegyezik ezzel a sorrenddel. Kassai ugyanakkor megjegyezte, hogy a CVC helyzetű, hangsorbelseji elemek reprezentálhatják a legjobban a magánhangzók időtartam sorrendjét, amely már más képet mutat: [i] < [u] < [y] < [o] < [ø] < [ɔ] < [ɛ]. Olasz egy későbbi mérésben (1993) a következő sorrendet kapta az általa mért négy magánhangzóra: [i](55ms), [ɛ](75), [ɔ](80), [o](90). A két hosszú magánhangzóra kapott mérési

adataink egyeznek Kassai, Magdics és Olaszgy megállapításával, miszerint az [e:] rövidebb, mint az [a:]. A rövid magánhangzókra kapott adatok tehát meglehetősen változatos képet mutatnak. Magdics adataiban nyugodt beszédben az [ɔ], gyors beszédben az [u] a leghosszabb, Kassainál és a mi méréseink szerint az [u] majdnem a legrövidebb, az [ɔ] a hangsorrend közepén foglal helyet. Ez az eltérés csak azzal magyarázható, hogy a Magdics által mért beszédanyagban a felolvasó kiejtési stílusa más volt, mint például Kassainál. A mi esetünkben pedig nem a kiejtési stílus döntötte el az egyes beszédhangok hosszúságát, hanem a percepció teszti ítéletei. A produkció hatással van a percepcióra, tehát a gyorsan beszélő rövidebb időtartamokat fog helyes értékűnek tartani. A jelenségre vonatkozatható percepció kísérletet végzett Balázs–Gósy (1988). Így a mi mérési eredményeink személytől függetlenek, ezért tekinthetők talán a leghitelesebbnek és a legjellemzőbbnek. A hosszúsági sorrend tekintetében más nyelvekre mért adatok hasonló eredményt adnak, mint ami az 6.5. táblázatban szerepel. A francia magánhangzók tekintetében zárt szótagokban mérve a legrövidebb magánhangzó a magas nyelvállású [i] és [u] volt, utána az [e] következett, majd az alsó nyelvállású [a] (O’Shaughnessy 1981). Angolra mért adatok szerint (van Santen 1992) a sorrend hasonló mind hangsúlyos, mind pedig hangsúlytalan helyzetű magánhangzó esetén. Finn vizsgálati eredmények szerint a nyílt, illabiális magánhangzók a leghosszabbak, kevésbé hosszúak a labiális, hátulképzettek, ezeknél is rövidebbek a labiális előlképzettek, a legrövidebb pedig az [i] (Lehtonen 1970). Ezek szerint a jelen inverz módszerű vizsgálat is ugyanazokat az eredményeket adja, amit korábban magyarra és más nyelvekre is megállapítottak, miszerint hogy a magánhangzó időtartama és a nyelvállás között fordított arány van. Kassai szerint a rövid magánhangzók átlag időtartama 55 ms-tól 195 ms-ig terjed. Nálunk ez az érték 61-115 ms. A szélesebb intervallum Kassainál azzal magyarázható, hogy egyrészt az adatokat normál kiejtésű mondatokban mérte, amelyekben a szupraszegmentális szerkezetnek a hatása is érvényesült, másrészt a beszéd tempója felgyorsult (Kassai 1996). A konkrét szám adatok összehasonlítása azonban nehéz Kassai (1982) adataival, mivel nem közölte, hogy az általa mért időtartamok milyen átlagos artikulációs sebességre vonatkoznak. Az adatainkból számított eloszlásokat a mért magánhangzókra a 6.3. ábra mutatja. Az ábrán a függőleges tengelyen az előfordulások száma, a vízszintes

tengelyen az időintervallumok értéke van megadva ms-ban. A részletes adatokat a függelékben található eloszlási táblázatok tartalmazzák.

Az artikuláció hatását tehát a magánhangzók specifikus hangidőtartamaira a mátrixok adatai tartalmazzák. Ezeket összehasonlítottuk korábbi vizsgálatok eredményeivel. Kassai szerint a magánhangzók időtartama különböző mássalhangzó-csoportok környezetében a következőképpen alakul. A legrövidebbek zöngétlen affrikáták környezetében, majd a sorrend a következő: zöngétlen zárhangok < nazálisok < zöngétlen réshangok < zöngés affrikáták < zöngés zárhangok < zöngés réshangok < likvidák. Ezek szerint a magánhangzók a leghosszabbak a likvidák környezetében. A specifikus időtartamok tekintetében eredményeink nem erősítik meg ezt a sorrendet. Kiszámítottuk a mátrixok adataiból a specifikus időtartamokat azokra az esetekre, amelyekben a magánhangzót ugyanazon mássalhangzó veszi közre (C1-V-C1 kapcsolat, amilyenekben Kassai is mérte az időtartamokat). Az eredményeket a 6.6. táblázatban összegeztük, majd grafikusán is ábrázoltuk (6.4. ábra). A táblázat legalsó sorában az átlagokat is feltüntettük.

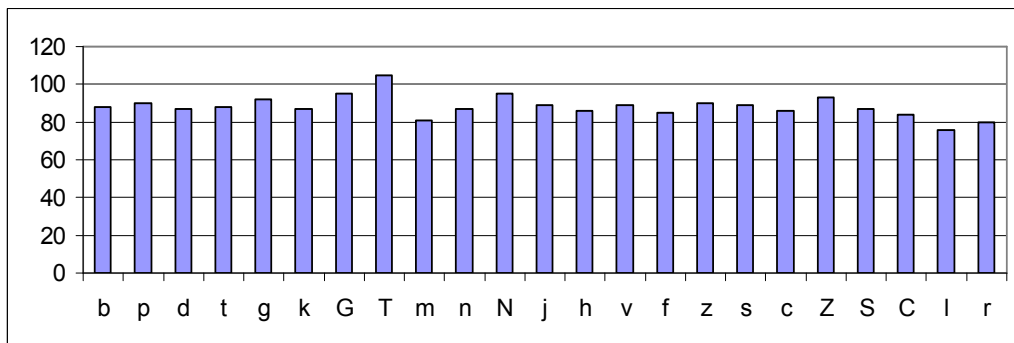


6.3. ábra

A magánhangzók specifikus időtartamainak eloszlása CVC helyzetre ms-ban

6.6. táblázat: A rövid magánhangzók specifikus időtartamátlagai ms-ban, C1-V-C1 hangkapcsolatokban ms-ban

	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
i	79	84	81	76	94	72	84	82	84	83	71	75	86	74	73	81	82	77	95	86	85	74	81
u	82	94	73	76	94	74	96	109	89	87	97	106	84	92	85	101	77	86	76	86	86	74	76
U	98	99	88	97	93	86	95	106	80	90	89	85	73	80	81	71	93	79	96	85	85	75	70
o	88	93	82	92	92	89	94	115	74	86	100	87	98	85	86	96	89	99	93	74	84	76	95
a	93	91	94	95	86	88	98	110	83	94	96	93	95	88	92	95	94	77	97	89	86	83	76
e	93	88	93	91	92	101	95	110	78	83	111	84	86	101	89	93	94	90	101	100	86	66	74
O	83	84	96	93	96	99	101	103	80	89	100	92	83	102	93	96	97	95	95	87	76	84	94
átl.	88	90	87	88	92	87	95	105	81	87	95	89	86	89	85	90	89	86	93	87	84	76	80



6.4. ábra

A mért rövid magánhangzók átlagos időtartamai C1VC1 kapcsolatokban a mátrix-táblázatok adataiból számolva ms-ban

Ezekből az átlagértékekből a következő sorrend alakult ki: a magánhangzók a legrövidebbek a likvidák környezetében, majd következnek a zöngétlen zár-rés hangok, a zöngétlen réshangok, a nazálisok, a zöngés réshangok, a zöngés zárhangok és végül a zöngétlen zárhangok. Ha minden mássalhangzóra külön vesszük az átlagokat (6.4. ábra és 6.6 táblázat utolsó átl. sora) akkor a legrövidebbek a magánhangzók az [l] környezetében (76ms), majd a növekvő sorrend a következő: [r] (80); [m] (81); [tS] (84); [f] (85); [c,h] (86); [d,k,n] (87); [b,t] (88); [s,v,j] (89); [p,z] (90); [g] (92); [ʒ] (93); [G,N] (95); [T] (105). Magdics adatai szerint a legrövidebbek a magánhangzók a zöngétlen zárhangok szomszédságában (80 ms az átlag), a zöngésekében pedig 100 ms. Ez az érték a mi méréseink alapján 92 ms, illetve 90 ms. Adataink tehát ellentétes tendenciát mutatnak, mint Magdics és Kassai mérési eredményei. Az eltérés a likvidák és a nazálisok esetében a legnagyobb, majdnem kétszeres. Ennek a magyarázata nehéz. A jelenlegi adatok reprodukálhatók és meghallgathatók. Az eltéréseket okozhatja pontatlan hanghatár meghatározás, nem megszokott ejtésforma, gyorsuló beszéd, illetve az, hogy Kassai is és Magdics

is komplex beszédjelet vizsgált, a mi esetünkben pedig szegmentális szintű beszéden határoztuk meg a specifikus időtartamokat. Kassai (1982) táblázatokban is megadott adataiból kiszámoltuk a magánhangzók átlagos időtartamát C1-V-C1 típusú kapcsolatokra. Ezeket is összehasonlítottuk Magdics, adataival és a jelenlegi adatokkal (6.7. táblázat). Kassai adatai közelebb állnak az általunk mért adatokhoz, a likvidák és a nazálisok esetében azonban nála is lényegesen hosszabak a magánhangzók időtartamai. Az azonban, hogy a mi mérési adataink a legrövidebbek azt is mutatja, hogy a magyar beszéd gyorsul, ahogy ezt Kassai (1993) is megállapította.

6.7. táblázat: A rövid magánhangzók átlagos időtartama ms-ban C1-V-C1 helyzetben

Fonetikai helyzet	Magdics szerint	Kassai szerint	a jelen kísérletben
zöngétlen zárhangok között	80	88	92
zöngés zárhangok között	100	105	90
zöngétlen zár-rés hangok között	90	87	85
zöngés zár-rés hangok között	110	114	nincs adat
zöngétlen réshangok között	110	97	87
zöngés réshangok között	130	110	89
likvidák között	150	111	78
nazálisok között	150	107	87

A jelenlegi kísérletből a magánhangzókra származtatott mátrixok sor-oszlop keresztezési pontjaiban szereplő adatok a CVC kapcsolatokban szereplő magánhangzók **egyedi** időtartamait adják meg. Ezen időtartamok kialakításában benne van a magánhangzót megelőző mássalhangzó és az őt követő mássalhangzó hatása is. A mátrix-adatokból képezhetők olyan átlagolt adatok is, amelyek megmutatják, hogyan alakul a magánhangzók időtartama az őket megelőző mássalhangzó (CV helyzet) függvényében (6.8. táblázat). Ezeket a mátrix soraiból számolt átlagok adják. Az oszlopok átlagai arról adnak képet, hogy a magánhangzó időtartamát hogyan befolyásolja az őt követő mássalhangzó (VC helyzet). Ezt a 6.9. táblázatban adjuk meg. Adataink szerint CV helyzetben a magánhangzók időtartamának szórása mintegy 20 ms függetlenül a magánhangzótól. Az adatok ebben az esetben is mutatják a magánhangzók átlagos adataiból kapott hosszúsági sorrendet. Az [i] 74-90 ms-os sávban mozog; az [u] 78-96; az [y] 77-94; az [o] 82-102; az [ɔ] 81-102; az [ɛ] 83-104; az [ø]83-101.

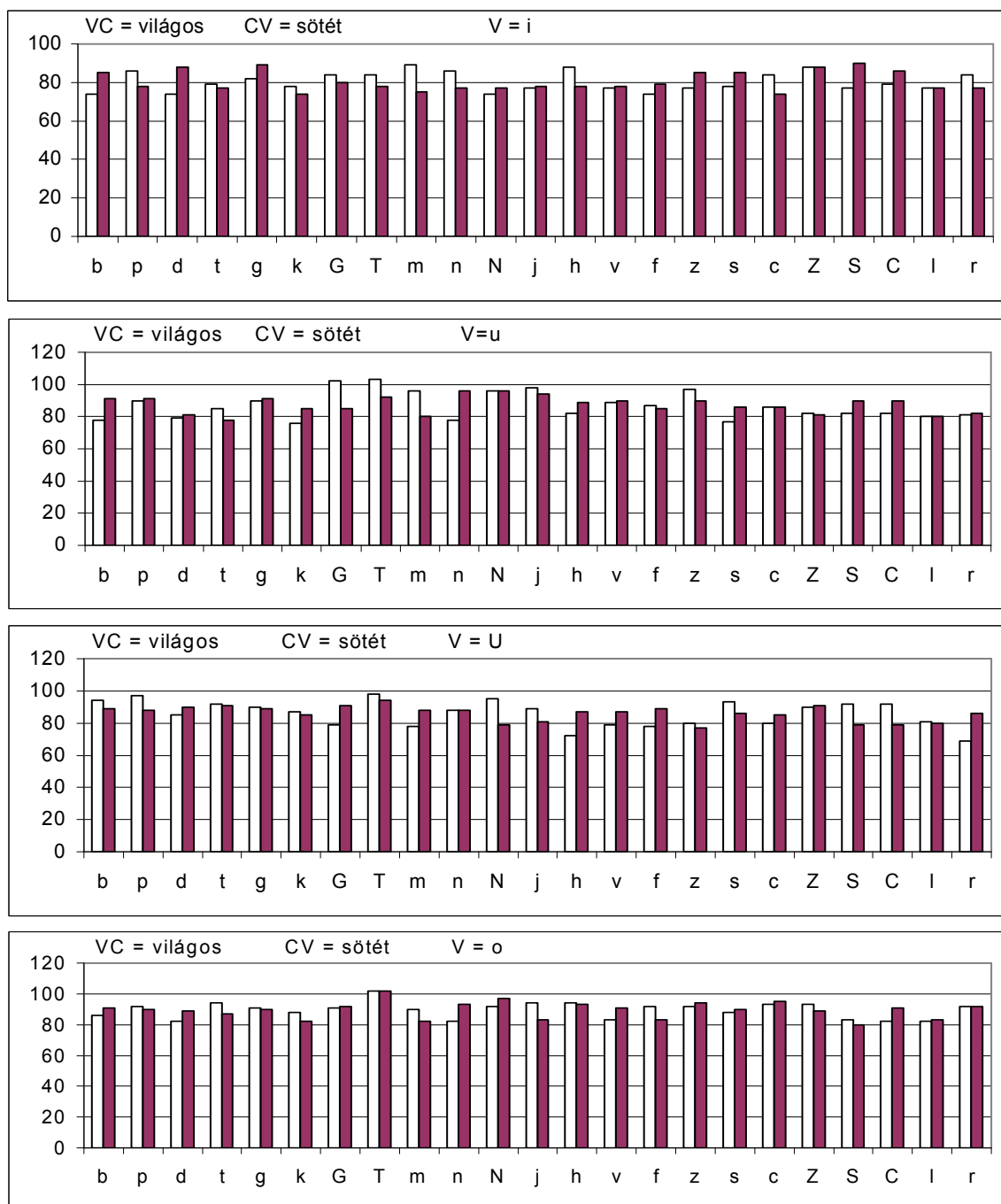
6.8. táblázat: A rövid magánhangzók átlagos időtartama az őket megelőző mássalhangzó függvényében ms-ban

CV	i	u	U	o	a	e	O
b	85	91	89	91	93	94	92
p	78	91	88	90	89	92	85
d	88	81	90	89	93	92	94
t	77	78	91	87	90	91	89
g	89	91	89	90	83	92	94
k	74	85	85	82	89	92	98
G	80	85	91	92	96	95	92
T	78	92	94	102	100	99	95
m	75	80	88	82	83	85	90
n	77	96	88	93	93	92	90
N	77	96	79	97	93	104	101
j	78	94	81	83	102	92	92
h	78	89	87	93	93	85	91
v	78	90	87	91	95	92	101
f	79	85	89	83	90	89	92
z	85	90	77	94	93	93	94
s	85	86	86	90	92	83	92
c	74	86	85	95	85	91	92
Z	88	81	91	89	93	92	96
S	90	90	79	80	94	97	84
C	86	90	79	91	82	84	80
l	77	80	80	83	81	85	83
r	77	82	86	92	83	83	92

6.9. táblázat: A magánhangzók átlagos időtartama az őket követő mássalhangzó függvényében ms-ban

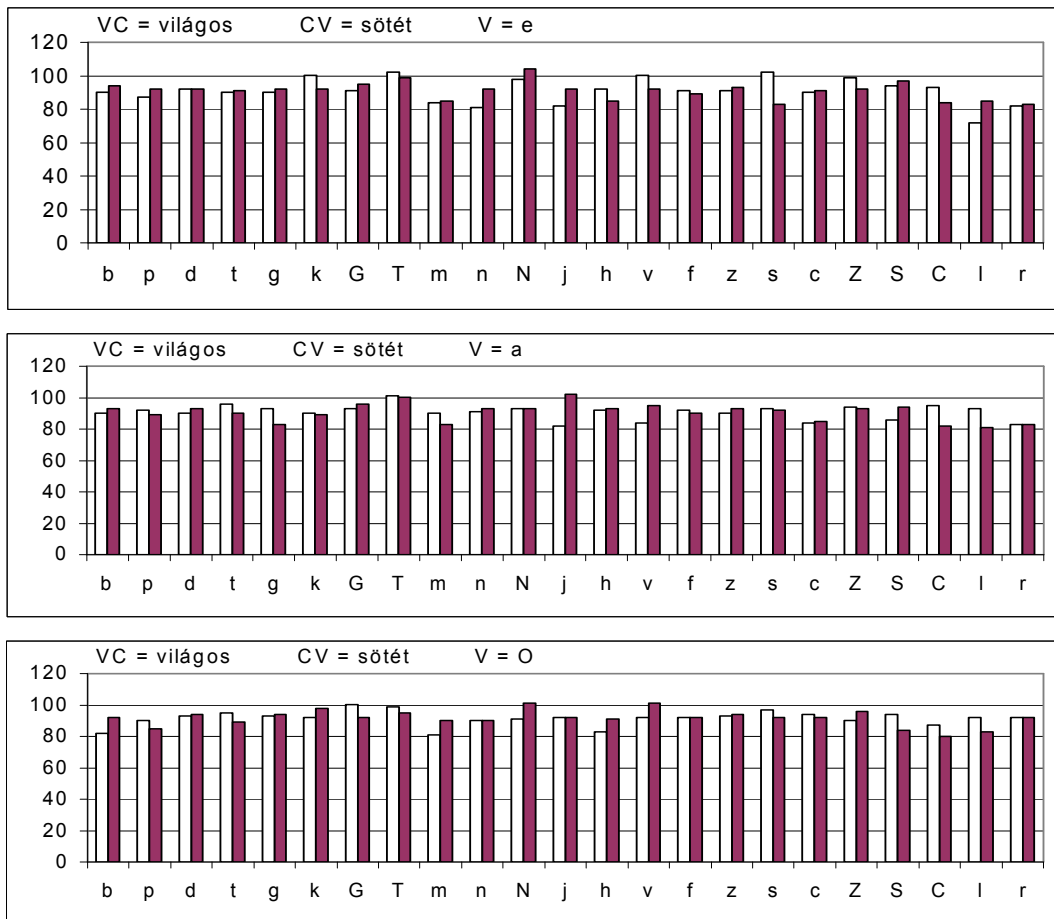
VC	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
i	74	86	74	79	86	79	84	84	89	86	74	77	88	77	74	77	78	84	88	77	79	77	84
u	78	90	79	85	90	76	102	103	96	78	96	98	82	89	87	97	77	86	82	82	82	80	81
U	94	97	85	92	90	87	79	98	78	88	95	89	72	79	78	80	93	80	90	92	92	81	69
o	86	92	82	94	91	88	91	102	90	82	92	94	94	83	92	92	88	93	93	83	82	82	92
a	90	92	90	96	93	90	93	101	90	91	93	82	92	84	92	90	93	84	94	86	95	93	83
e	90	87	92	90	90	100	91	102	84	81	98	82	92	100	91	91	102	90	99	94	93	72	82
O	82	90	93	95	93	92	100	99	81	90	91	92	83	92	92	93	97	94	90	94	87	92	92

A VC helyzetre számított adatok nem térnek el lényegesen a CV helyzetiektől, a tendenciák is ugyanazok. A 6.5. ábrán grafikonokon is bemutatjuk az egyes magánhangzók időtartamának változását az őket megelőző és követő mássalhangzó függvényében. A táblázatokban a számítógépes jelölést használtuk a magánhangzók jelölésére. A jobb követhetőség segítésére az ábra aláírásában a hangok IPA jeleit használtuk, az ábrán pedig a 6.1. és 6.2. táblázatban megadott számítógépes jelölést.



6.5/1. ábra

Az [i, u, y, o] hangok átlagos specifikus időtartamai VC és CV helyzetben ms-ban

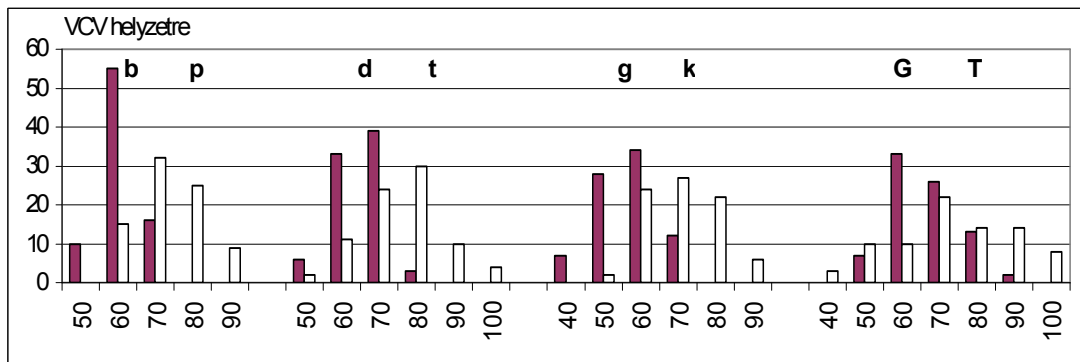


6.5/2. ábra

Az [ε, ɔ, ø] hangok átlagos specifikus időtartamai VC és CV helyzetben ms-ban

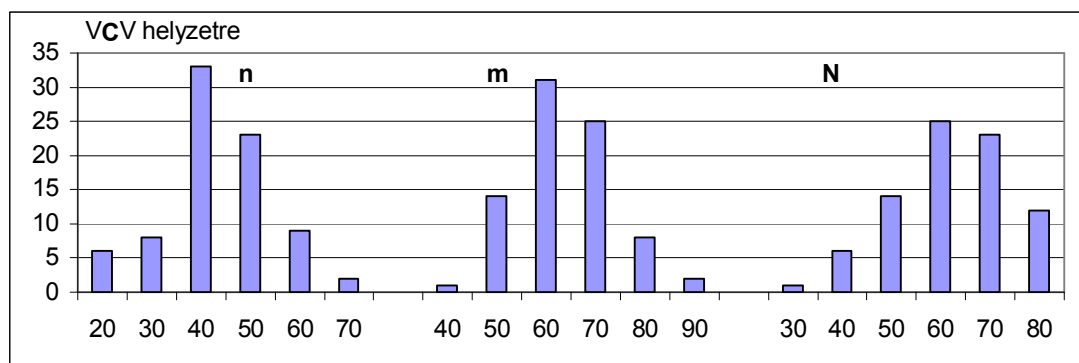
Összefoglalva a magánhangzókra kapott eredményeket azt állapítottuk meg, hogy az összegzett időtartamátlagok tekintetében a jelenlegi mérési adatok megegyeznek az eddig, mások által is megállapított fő tendenciával. A részletesebb, hangcsoportonkénti eredmények azonban lényeges eltéréseket mutatnak. Az eltéréseket magyarázhatja, hogy a korábbi mérések beszédanyagában a szupraszegmentális tényezők is szerepet játszottak, míg a jelen mérésben csak a szegmentális jelet vizsgáltuk.

A vizsgált zárhangokra kapott általános időtartam-eloszlási adatokat a 6.6. ábra mutatja. A vízszintes tengelyen szerepelnek a 10 ms-os időtartamsávok, a függőleges tengelyen a hangkapcsolatok száma, ahányban az adott időtartam előfordult. Az eloszlásokból látható, hogy a zöngétlen zárhangok átlagosan hosszabb időtartamúak, mint a zöngések. Ezt állapította meg Magdics (1966) és Kassai (1982) is. A francia zárhangokra is hasonló jellemzőket állapított meg O'Shaughnessy (1981). Az eloszlási ábrából továbbá látható, hogy a zöngétlen zárhangok szélesebb eloszlási sávot mutatnak, mint a zöngések. A nazálisokra kapott adatokat a 6.7. ábra mutatja.



6.6. ábra

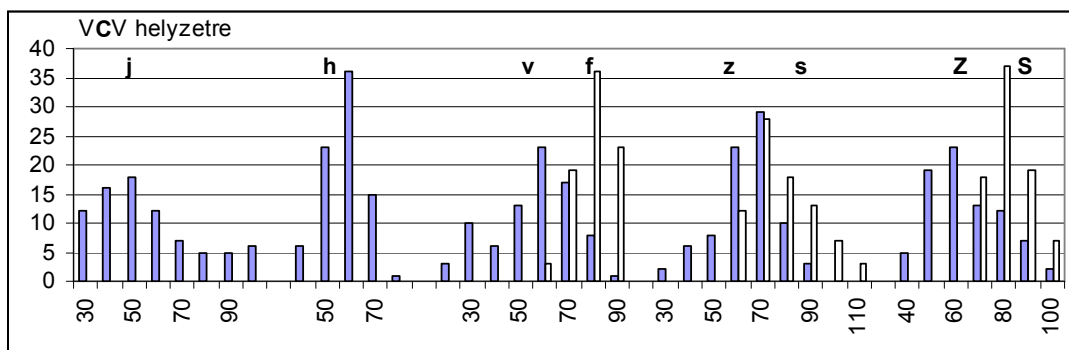
A zárhangok specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva



6.7. ábra

A nazális mássalhangzók specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

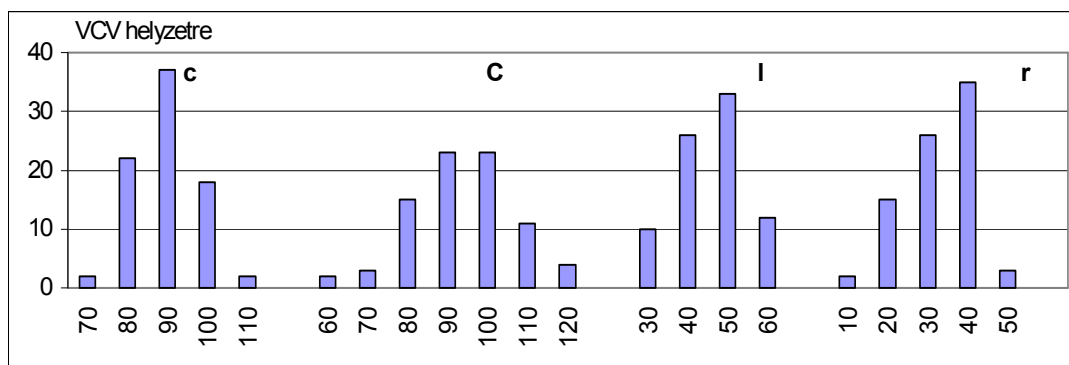
Az időtartam eloszlás az [n], [m], [ɲ] sorrendet mutatja, amely egyezik Kassai adataival. Magdics [ɲ], [n] és [m] sorrendet állapított meg. A réshangokra kapott eloszlásokat a 6.8. ábra mutatja.



6.8. ábra

A réshangok specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

A 6.8. ábra grafikonjai egyértelműen mutatják, hogy a réshangok esetében is fennáll, hogy a zöngétlenek hosszabbak, mint a zöngés párjuk. Magdics szerint a zöngés réshangok közül a [j] a legrövidebb, majd ezt hosszúsági sorrendben a [v, z, ʒ] követi. Kassai is hasonló sorrendet kapott. Az ábrán mutatott eloszlásból hasonló tendencia látható, ugyan a [ʒ]-re nem lehet egyértelműen kimondani, hogy az a leghosszabb. A zár-rés hangok és a likvidák időtartam eloszlását a 6.9. ábra mutatja.



6.9. ábra

A zár-rés hangok és az [l], [r] hangok specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

Magdics szerint a zöngétlen zár-rés hangok hosszúsága között nincs különbség, míg Kassai szerint a [tʃ] hosszabb, mint a [ts]. A mi adataink Magdicséval egyeznek, az eloszlások időskálája a [ts] és [tʃ] hangoknál ugyanaz, csak az eloszlás szélességében van különbség.

A likvidák esetében adataink egyeznek Magdics és Kassai megállapításaival, miszerint az [r] rövidebb, mint az [l]. A mátrixok adataiból kiszámítottuk az összes mássalhangzó átlagos időtartamát és összevetettük a Magdics átlagaival, valamint Kassai adataiból a VCV elemekre kiszámított átlagokkal. Az összehasonlításba belevettük Olasz (1989) VCV helyzetre számított adatait is, noha azok csak kétszótagú szavakból voltak meghatározva, azonban szintén minden mássalhangzóra volt adat. Az összesítést a 6.12. táblázat mutatja. A táblázat adatai nagy szórást mutatnak. A kiolvasható legfőbb tendencia az, hogy a jelen kísérlet adatai adják a legrövidebb értékeket. Ez egyrészt a beszéd gyorsulásának tudható be, másrészt annak, hogy a jelen kísérletben folyamatos beszéden állítottuk be a hangidőtartamokat. Rövidebb hangidőtartamok valósulnak meg folyamatos olvasásnál, mint egyszavas, illetve néhány szavas mondatok kiejtésénél.

Magdics átlagai szerint a mássalhangzók sorában a legrövidebbek a likvidák (88ms), majd a sorrend a következő: zöngétlen zárhangok (89), zöngés zár-rés hangok (92), nazálisok (93), zöngétlen zárhangok (98), zöngés réshangok (102), zöngétlen zár-rés hangok (103) és a leghosszabbak a zöngétlen réshangok (110). Adataink több helyen is eltérnek ettől a sorrendtől. Kassai (1979) a következő sorrendet adta meg: likvidák < nazálisok < zöngés zárhangok < zöngés réshangok < zöngétlen zárhangok < zöngétlen réshangok < zöngétlen zár-réshangok. Jelen kísérlet eredményei Kassai adataival vannak leginkább összhangban. Ha az általa megadott sorrendre vetítjük számadatainkat a következő eredményt kapjuk: 44, 61, 66, 65, 76, 79, 95ms. A tendencia tehát egyezik. Olasz (1985) a következő értékeket állapította meg ugyanerre a hangsorrendre vetítve: 45, 67, 69, 65, 117, 120, 125 ms. Itt csak egy helyen van eltérés, a zöngés réshangokra rövidebb időtartam adódott, mint a zöngés zárhangokra. Az 1985-ös mérés nagyobb számértékeit azzal lehet magyarázni, hogy abban a vizsgálatban egy- és kétszótagú szavak képezték a mérés alapját, jelen vizsgálatban pedig folyamatos, szegmentális szintű beszéd. A mi mérésünk szerint a mássalhangzók időtartamátlagai VCV helyzetben: 37-98 ms közé esnek. Francia mássalhangzókra nagyobb, 101-176 ms-os átlagokat mértek

(O'Shaughnessy 1981). A francia mássalhangzók tehát valószínűleg átlagosan hosszabbak, mint a magyarok, időtartamértékeik szélesebb sávú eloszlást mutatnak, mint a magyarokéi. Nem vagyunk azonban biztosak abban, hogy a mi mérési eljárásunkkal mérve nem jönnek-e ki rövidebb értékek a franciára is.

6.12. táblázat: A magyar rövid mássalhangzók átlagos időtartama ms-ban

C	Jelen kísérletből	Magdics (1966)	Kassai (1982)	Olaszy (1985)
[b]	67	98	81	75
[p]	77	110	133	105
[d]	70	88	87	70
[t]	76	96	131	120
[g]	62	83	91	80
[k]	74	90	116	150
[ʒ]	68	89	86	55
[c]	76	97	119	105
[m]	67	103	72	80
[n]	48	94	61	80
[ɲ]	66	83	73	50
[j]	59	90	73	50
[h]	62	88	93	150
[v]	61	102	72	60
[f]	85	116	129	150
[z]	68	106	84	70
[s]	82	119	139	120
[ts]	92	106	170	120
[ʒ]	67	110	94	80
[ʃ]	83	117	150	120
[tʃ]	98	106	127	130
[l]	52	91	56	50
[r]	37	86	36	40
átlag	69,4	98,6	98,8	91,7

A mássalhangzók időtartamát VCC és CCV kapcsolatokban is meghatároztuk (minden esetben a középső C-re). Ilyen adatokat a szakirodalom nem tartalmaz. Az eredményeket hasonló szerkezetű mátrixokban ábrázoltuk, mint a korábbiakban. A

2x4761 hangkapcsolatra (9 magánhangzó és 23 mássalhangzó kombinációja) vonatkoztatott időtartamokat 2x23 mátrix tartalmazza (lásd a függelékben). A VCC esetre példaként bemutatjuk, hogy a [b] hang időtartama milyen értékeket vesz fel, ha magánhangzó előzi meg és mássalhangzó követi (6.13. táblázat). A 6.14. táblázatban az előbbi adatok hangkapcsolatra vonatkoztatott eloszlását mutatjuk be öt 10 ms-os csoportba szedve. Az eloszlási táblázatokat a függelék tartalmazza.

6.13. táblázat: A [b] hang specifikus időtartamai ms-ban, VCC kapcsolatokban, folyamatos beszédben

b	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	87	79	71	78	78	76	80	69	59	71	89	69	79	68	69	68	76	89	76	79	73	67	79
a	88	80	72	80	79	77	81	70	60	72	90	70	80	69	70	77	90	77	80	74	68	80	
o	93	85	77	85	84	82	86	75	61	77	95	75	85	68	71	75	82	95	82	85	79	73	85
u	96	88	80	88	87	85	89	78	62	80	98	78	88	68	70	78	85	98	85	88	82	76	88
U	87	79	71	79	78	76	80	69	59	71	89	69	79	69	69	69	76	89	76	79	73	67	79
l	93	85	77	85	84	82	86	75	60	77	95	75	85	65	70	75	82	95	82	85	79	73	85
E	86	78	70	78	77	75	79	68	58	70	88	68	78	68	68	68	75	88	75	78	72	66	78
O	86	78	70	78	77	75	79	68	58	71	88	68	78	68	68	68	75	88	75	78	72	66	78
e	95	87	79	86	86	84	88	77	60	79	97	77	87	66	72	76	84	97	84	87	81	75	87

A [b] hang legrövidebb időtartama VCC kapcsolatban 58 ms, a leghosszabb 95 ms. Az átlagidőtartama tehát hosszabb, mint a VCV kapcsolatokban szereplő [b] hangé. A táblázat adatai jól mutatják például az azonos artikulációs helyzetre jellemző rövidüléseket is. A [b-m] kapcsolatban (m oszlop) a [b] időtartamai a legrövidebbek (az átlag: 60 ms). Ez a rövidülés azzal magyarázható, hogy a [b-m] kapcsolatban a [b] elveszti zárfelpattanási részét folyamatos beszédben. A mátrixok adatai más hangkapcsolatokra is tükrözik az ilyen típusú artikulációs hatásokat (például a [t-n] kapcsolatban a [t] rövidülését). Azokban az esetekben, amikor a két kapcsolódó hangra a távoli artikulációs helyzet a jellemző a mátrixokban hosszabb hangidőtartamokat találunk. A [b] esetében ilyen helyzet, amikor az [r]-rel kapcsolódik. Ebben az esetben a [b] hang átlagos időtartama a (r oszlop) 82 ms.

6.14. táblázat: A [b] hang specifikus időtartamainak eloszlása VCC kapcsolatok szerint

50-	Abm	abm	Ubm	Ebm	Obm																
60-	AbT	Abj	Abv	Abf	Abz	Abl	abT	abj	abv	abf	abz	abl	obm	ubm	UbT	Ubj	Ubv	Ubf	Ubz	Ubl	
	ibm	EbT	Ebj	Ebv	Ebf	Ebz	Ebl	ObT	Obj	Obv	Obf	Obz	Obl	ebm							
70-	Abp	Abd	Abt	Abg	Abk	AbG	Abn	Abh	Abs	Abz	AbS	AbC	Abr	abp	abd	abt	abg	abk	abn	abh	
	abs	abZ	abS	abC	abr	abd	obT	obn	obj	obv	obf	obz	obC	obl	ubd	ubT	ubj	ubv	ubf	ubz	ubl
	Ubp	Ubd	Ubt	Ubg	Ubk	Ubn	Ubh	Ubs	Ubz	UbS	UbC	Ubr	ibd	ibT	ibn	ibj	ibv	ibf	ibz	ibC	ibl
	Ebp	Ebd	Ebt	Ebg	Ebk	EbG	Ebn	Ebh	Ebs	Ebz	EbS	EbC	Ebr	Obp	Obd	Obt	Obg	Obk	ObG	Obn	Obh
	Obs	ObZ	ObS	ObC	Obr	ebd	ebT	ebn	ebj	ebv	ebf	ebz	ebl								
80-	Abb	AbN	Abc	abb	abG	abN	abc	obp	obt	obg	obk	obG	obh	obs	obZ	obS	obr	ubp	ubt	ubg	
	ubk	ubG	ubn	ubh	ubs	ubZ	ubS	ubC	ubr	Ubb	UbG	UbN	Ubc	ibp	ibt	ibg	ibk	ibG	ibh	ibs	ibZ
	ibS	ibr	Ebb	EbN	Ebc	Obb	ObN	Obc	ebp	ebt	ebg	ebk	ebG	ebh	ebs	ebZ	ebS	ebC	ebr		
90-	obb	obN	obc	ubb	ubN	ubc	ibb	ibN	ibc	ebb	ebN	ebc									

A [b] hang specifikus hangidőtartamait CCV kapcsolatokban a 6.15. táblázat mutatja.

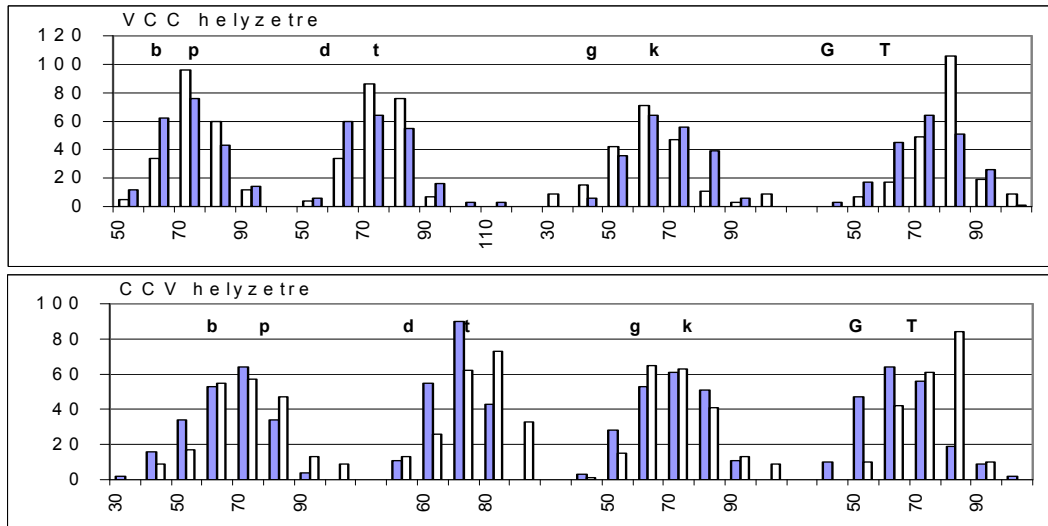
6.15. táblázat: A [b] hang specifikus időtartamai ms-ban, CCV kapcsolatokban, folyamatos beszédben

b	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	80	82	82	75	86	88	85	76	80
p	76	77	77	71	81	83	81	72	76
d	55	57	57	50	60	63	60	51	55
t	52	54	54	47	57	60	57	48	52
g	73	75	75	68	79	81	79	70	73
k	52	54	54	47	57	59	57	48	52
G	72	74	74	67	78	80	77	68	72
T	83	85	85	78	89	91	88	79	83
m	42	44	44	37	47	49	47	38	42
n	62	63	63	57	67	69	67	58	62
N	60	62	62	55	66	68	65	57	60
j	49	51	51	44	55	57	54	45	49
h	77	79	79	72	82	85	82	73	77
v	72	74	74	67	77	80	77	68	72
f	66	67	67	61	71	73	71	62	66
z	71	73	73	66	77	79	76	68	71
s	61	63	63	56	66	69	66	57	61
c	73	75	75	68	79	81	78	70	73
Z	75	77	77	70	80	83	80	71	75
S	76	77	77	71	81	83	81	72	76
C	62	64	64	58	68	70	68	59	62
l	60	62	62	55	65	68	65	56	60
r	87	89	89	82	93	95	92	83	87

VCC kapcsolatban a [b] legrövidebb időtartama 52 ms, a leghosszabb 95 ms. Ezek az adatok hasonlóak, mint amilyenek a CCV helyzetben jellemezték a [b] hangot.

A vizsgált zárhangokra kapott általános időtartam-eloszlási adatokat VCC és CCV helyzetre a 6.10. ábra mutatja. A grafikonon a világos oszlopok mutatják a zöngés, a sötétek a zöngétlen zárhangok adatait. A két helyzet között nincs lényeges időtartam-eltérés, mindkét helyzetben hasonló skálán mozognak az eloszlások. Ha a

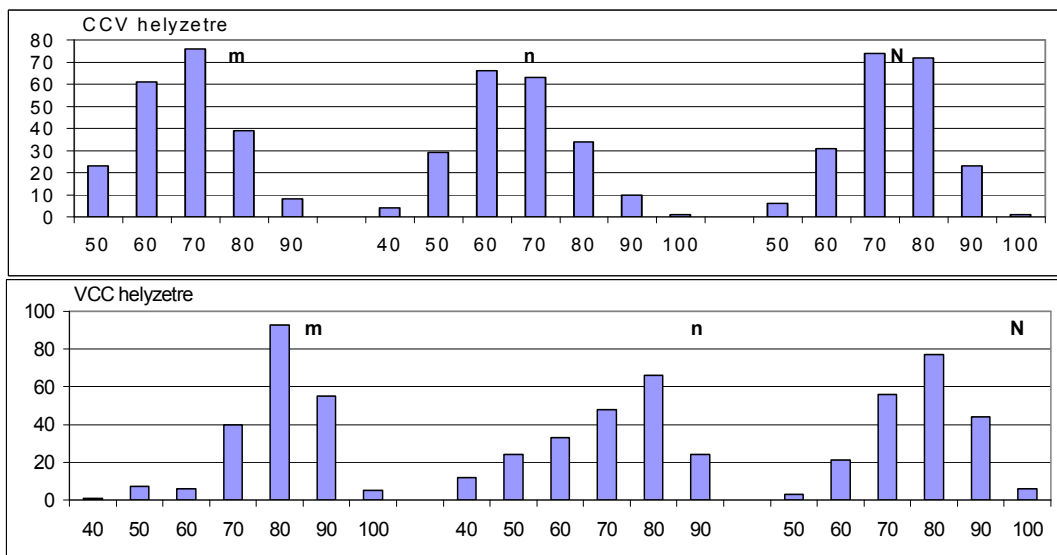
VCC helyzethez viszonyítva nézzük meg az adatokat, akkor azt látjuk, hogy a VCC, illetve CCV helyzetben lévő zöngés zárhangok időtartama mintegy 10-15 ms-mal hosszabb, a zöngétleneké viszont nem. Így az utóbbi esetben a két eloszlási görbe egymásba csúszott, azaz itt nincs meg az az időtartam eltolódás, mint amit a VCV helyzetű zárhangoknál a 6.6.ábra grafikonja mutatott.



6.10. ábra

A zárhangok specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCC és CCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

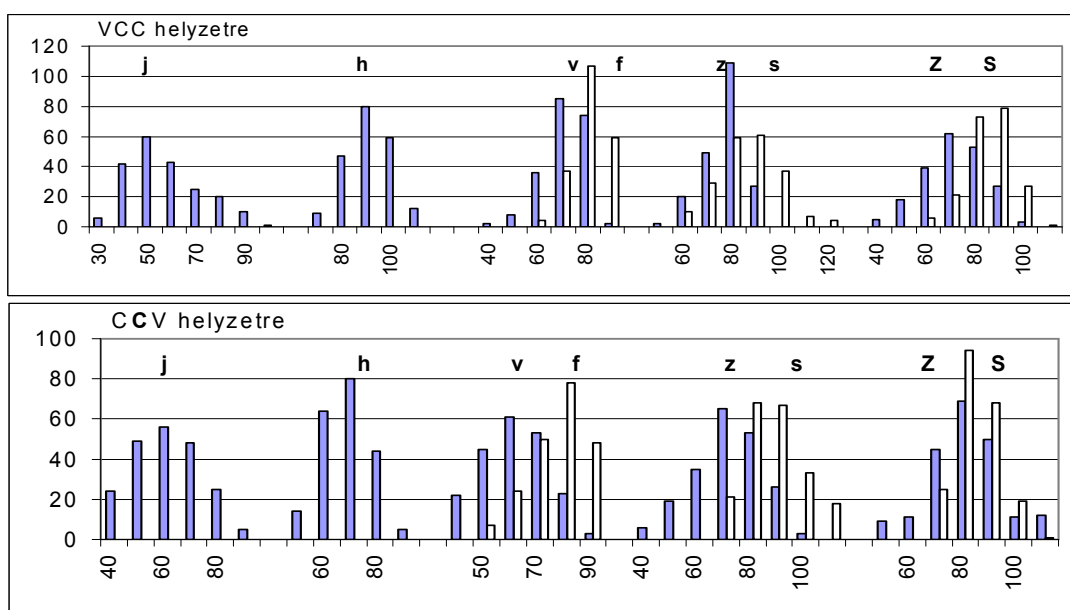
A nazálisokra kapott eloszlási adatokat a 6.11.ábra mutatja.



6.11. ábra

A nazális mássalhangzók specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCC és CCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

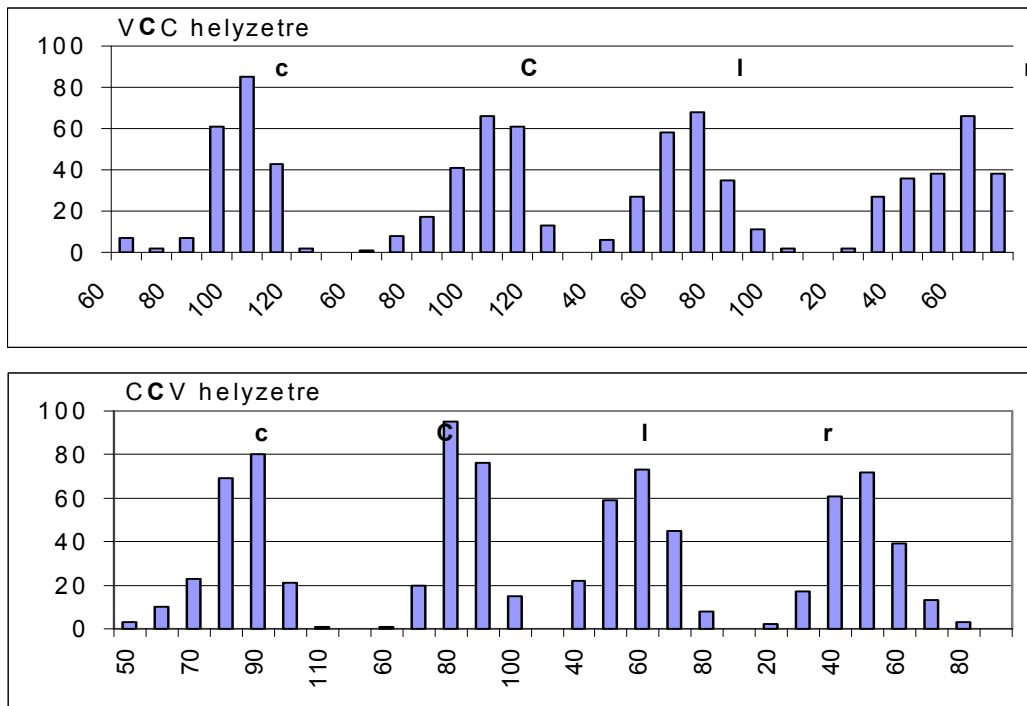
Az adatok szerint az [m] VCC helyzetben kissé hosszabb, CCV helyzetben viszont hasonló hosszúságot mutat, mint VCV helyzetben. Az [n] VCC helyzetben lényegesen hosszabb, CCV-ben kissé hosszabb, mint intervokális helyzetben. Az [ŋ] estében mindhárom helyzetben hasonló a hanghosszúság. A réshangokra kapott eloszlásokat a 6.12. ábra mutatja.



6.12. ábra

A réshangok specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCC és CCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

A 6.12. ábra eloszlásai azt mutatják, hogy VCC helyzetben a réshangok időtartama kissé rövidebb, mint CCV helyzetben. A réshangpároknál viszont világosan látszik, hogy a zöngés réshangok rövidebbek, mint a zöngétlen párjuk, csak a sáv csúszott feljebb, a hosszabb időtartamok felé, mintegy 10 ms-al a VCV helyzethez képest. A VCV helyzettel való további összehasonlítás pedig azt mutatja, hogy a réshangok rövidebbek intervokális helyzetben, mint VCC, illetve CCV helyzetben. A mért két zöngétlen zár-rés hangra, valamint az [l] és [r] hangra számított eloszlásokat a 6.13. ábra mutatja. Az eloszlások azt mutatják, hogy a zár-rés hangok és az [l, r] időtartama a leghosszabb VCC helyzetben, ennél rövidebb CCV kapcsolatban, a legrövidebb pedig VCV helyzetben.



6.13. ábra

A zár-rés hangok és az [l, r] specifikus időtartamainak átlagolt időtartam eloszlása VCC és CCV helyzetben, 10 ms-os sávokra elosztva

A mássalhangzók átlagadatait összevetettük a magánhangzókéval is. Így megkaptuk, hogy milyen az arány közöttük. A folyamatos beszédben fontos, hogy ezek az arányok a nyelvre jellemző időtartamokkal valósuljanak meg. Az egyes mássalhangzó csoportokra a következő időtartam átlagokat kaptuk: [b, d, g, ʒ] (76ms); [p, t, k, c] (67); [m, n, ŋ] (60); [j, v, z, ʒ] (65); [h, f, s, ʃ] (78); [ts, tʃ] (95); [l, r] (44). Ha ezeket az értékeket összevetjük a magánhangzókra kapott átlag-
 adatokkal, akkor kimondhatjuk, hogy a mássalhangzók – kivéve a zöngétlen zár-rés hangokat – konzekvensen rövidebbek a folyamatos beszédben, mint a magánhangzók. Az egyes esetekre vonatkozó ilyen adatokat a mátrixok tartalmazzák.

Összefoglalás

Az általunk kidolgozott inverz eljárás segítségével meghatároztuk a magyar beszédhangokra jellemző specifikus időtartamokat folyamatos beszédre. Ezzel az újszerű módszerrel sikerült az elméleti kategóriaként kezelt specifikus időtartamokat

számszerűsíteni. A kapott adatok tükrözik az artikuláció hangidőtartamokra vonatkoztatott hatását. A vizsgálat során meghatároztuk 9 magánhangzó és 23 mássalhangzó specifikus időtartamait a hangok kombinációjából származtatható hármas hangkapcsolatok (összesen 16146 féle kapcsolat) középső hangjára. Az adatokat mátrixokba foglaltuk. Ezek a hangidőtartam-adatok a hangsor bármely pontjára jellemzőek az adott hármas hangkapcsolat középső hangjára 12-13 hang/s-os artikulációs sebességre vonatkoztatva. Az eredményekből levonható leglényegesebb következtetések az alábbiak.

- a) A magánhangzókra számított hangidőtartam-eloszlási sorrend lényegében megegyezik Kassai adataival, azonban kissé eltér Magdics adataitól. A magánhangzókra kapott tényleges időtartam-értékek lényegesen rövidebbek, mint amelyeket Kassai, illetve Magdics közölt.
- b) A magánhangzók időtartameloszlási sorrendje az őket megelőző és követő mássalhangzó függvényében néhány esetben eltérést mutatnak Kassai és Magdics adataitól. Adataink nem tükrözik azt a korábbi megállapítást, hogy a magánhangzók a leghosszabbak a likvidák környezetében, ellenkezőleg, adataink szerint itt a legrövidebbek, a palatális mássalhangzók környezetében pedig a leghosszabbak. Ez az eredmény szegmentális szintű beszédre vonatkozik.
- c) Megadtuk, hogy a magánhangzót megelőző mássalhangzó milyen hatással van a magánhangzó időtartamára (CV helyzet) és az eredményeket grafikonokban ábrázoltuk. A magánhangzók időtartam sorrendje (hogy milyen mássalhangzó után a legrövidebb, illetve a leghosszabb) a grafikonok szerint magánhangzó függő. Minden magánhangzóra más sorrend állapítható meg. Az egyes magánhangzók időtartamainak minimum és maximum értéke közötti eltérés (szórás) általában 20 ms. A magánhangzók megtartják azt az általánosított időtartam sorrendet amit korábbi mérések is igazoltak. Ez azt jelenti, hogy a megelőző mássalhangzónak nincs olyan befolyásoló hatása a magánhangzó időtartamára, ami a magánhangzókra megállapított időtartam-sorrendet felborítaná. VC helyzetre hasonló adatokat kaptunk, mint CV helyzetre.

- d) A mássalhangzók időtartam-eloszlása hasonló sorrendiséget mutat, mint amelyeket Kassai (1982) és Olasz (1985) közölt, Magdicsétól azonban eltérnek. A mássalhangzókra számított időtartam-átlagok lényegesen kisebbek, mint amelyeket Magdics, illetve Kassai mért.
- e) Megadtuk a mássalhangzók időtartamát VCC, illetve CCV helyzetben is. Ilyen adatokat a szakirodalom eddig nem tartalmazott. Az eredmények azt mutatják, hogy VCC, illetve CCV helyzetben a mássalhangzók hosszabbak, mint VCV helyzetben. A zárhangoknál az eloszlások egymásba csúsznak, tehát nincs olyan időszáv eltolódás, mint amelyet VCV helyzetben tapasztaltunk. A réshangoknál viszont megmaradt a sávelcsúszás, tehát VCC és CCV helyzetben a zöngétlen réshangok hosszabbak, mint a zöngés párjaik.
- f) A magánhangzók és mássalhangzók időtartamarányaira kapott fő megállapítás az, hogy folyamatos beszédben a mássalhangzók rövidebbek, mint a magánhangzók. A mi méréseink szerint ez az arány 1,26-szoros. Ugyanez az arány Magdicsnál, 1,7-szeres, Kassainál 1,03-szoros.

Úgy ítéljük meg, hogy a kidolgozott inverz eljárás alkalmas a beszédhangok specifikus időtartamainak meghatározására. Az eljárás előnyei a következők: beszélőtől független, reprodukálható, statisztikai vizsgálatokra közvetlenül alkalmas, minden hangra megadja a tényleges időtartamot a hangkörnyezet függvényében (adott artikulációs sebességre), a korábbi mérésekhez képest többféle vonatkozásban származtathatók az adatok, az adatok auditív ellenőrzése biztosított, a specifikus időtartamok tükrözik az artikuláció összetett hatását a beszédhangok időtartamára, a módszer minden hangkapcsolatra szolgáltat adatot, a mátrixok időtartam adatait tanulmányozva közvetve felfedezhetők esetleges kiugró adatok, amelyek mögött feldolgozási hiba rejlik, ezeket korrigálni lehet így a végleges adatok – a több szintű ellenőrzésnek köszönhetően – nagy pontossággal tükrözik a beszéd időtartam viszonyait. A célkitűzést tehát elértük, rendelkezésre áll egy újfajta mérési eljárás a hangidőtartamok meghatározására. A szuprasegmentális szinten erre az alapra építjük rá a végleges hangidőtartamokat meghatározó szabályrendszert. Ezzel egy komplex modellt alkotunk meg a hangidőtartamok vonatkozásában.

6.2 A frekvenciaszerkezet vizsgálata

Szegmentális szinten a beszéd frekvenciaszerkezetének két komponensét vizsgálhatjuk, a formánsszerkezetet és az alaphang akaratunktól függetlenül létrejövő változásait. Ez utóbbit mikrointonációnak nevezzük. Ez a két szerkezeti elem nem elméleti kategória – mint ahogy a specifikus időtartam volt –, hanem műszeresen mérhető. A két szerkezeti elem közül a formánsszerkezet szerepe meghatározó, a mikrointonációé csak másodlagos. A magyar beszédhangok és hangkapcsolódások formánsszerkezetével nem foglalkoztunk, mivel arra vonatkozóan az elmúlt évtizedekben kimerítő és eredményes kutatások folytak. Itt olyan problémaköröket vizsgáltunk, amelyek a korszerű beszédépítéshez kapcsolódnak.

6.2.1 A formánsszerkezet stabilitása

A formánsszerkezet a beszéd szegmentális szerkezetének meghatározó fontosságú eleme. Önmagában is vizsgálható, más beszédparaméterek nemigen befolyásolják. A magyar beszédhangok formánsértékeit első ízben Tarnóczy számította ki (1941), az elmúlt évtizedek során több kutató is végzett formánsszerkezetre vonatkozó méréseket (Magdics 1965; Bolla 1978; Kiss 1985; Olasz 1985, 1989). Ezen vizsgálatok eredményeként a beszédhangok frekvenciaszerkezetét három-négy formánssal írták le és a beszédhangra legjellemzőbb formánsfrekvenciaértékeket, sávokat, formánsmozgásokat adták meg. A vizsgálatok hangkapcsolati szintig terjedtek, amiből az következik, hogy hosszabb hangsorok akusztikai szerkezetét – mintegy összefűzve a hangokra és hangkapcsolatokra kapott adatokat – is lehetett jellemezni. Ez adta meg az alapot a formánszintézis megvalósításához (Olasz 1985, 1989). A gyakorlatban a beszéd szintetizálási kísérletek egyértelműen megmutatták, hogy a beszédhangoknak ilyen formán történő jellemzése elégséges ahhoz, hogy a hangokat, hangkapcsolatokat mesterségesen előállítsuk és jól érthető szintetizált beszédet hozzunk létre (mintegy igazolva a mérések eredményeinek helyességét, mármint azt, hogy ezek az adatok a legjellemzőbbek a magyar beszédhangokra). Ugyanakkor felmerült az a kérdés, hogy ugyanazon hangsorok formánsszerkezete mennyiben változik a kiejtési folyamat különböző pontjain, azaz a szegmentális frekvenciaszerkezet legjelentősebb elemei, a formánsok mennyire tekinthetők invariánsnak? A kérdés megválaszolására kísérletet végeztünk (Olasz 1997), melyben azt a célt tűztük ki, hogy hangkapcsolatnál nagyobb egységeken, szó szinten

vizsgáljuk meg a formánsstruktúra változását ugyanazon szóban a kiejtési folyamat különböző pontjain, azaz mondat elején, -belsejében és -végén, valamint az adott szó különböző megjelenési formáiban (maga a szó, ha a szó valamely összetett, toldalékolt szó része).

Anyag és módszer

A nyelvi anyagot olyan szavak alkották, amelyek önmagukban is állhatnak (pl. *iskola, felhő*), de összetett, illetve képzett formában is előfordulhatnak (pl. *szakiskola, iskolatitkár, gomolyfelhő, felhősödés*). Négyféle előfordulási helyzetet vizsgáltunk. Magát a szót (alapszó), majd a szót beépítve különböző, a szónál nagyobb egységekbe. Ez utóbbiaknál a szót háromféle előfordulási formában is vizsgáltuk, ha az alapszó a lexikai egység első része (alapszó.....) vagy közbülső (...alapszó...), illetve utolsó (... alapszó) eleme. A nyelvi anyag elemeit a 6.16. táblázat mutatja.

6.16. táblázat: A vizsgált 5 alapszó és bővített változataik

A szó helyzete	1alapszó	2 alapszó	3alapszó.....	4 alapszó
1.	szakiskola	iskola	szakiskolatitkár	iskolatitkár
2.	jómadár	madár	jómadárnak	madárlátta
3.	átlag hő mérséklet	hő mérséklet	átlag hő mérsékleteket	hő mérsékletsáv
4.	jégeső	eső	jégesőben	esőzóna
5.	eső felhő	felhő	gomoly felhő södés	felhő átvonulás

Az elemeket mondatba ágyztuk oly módon, hogy az (1), (2) és (4) elemek három kiejtési pozícióban szerepeljenek, nevezetesen a mondat első szavaként (e), mondatbelseji helyzetben (b) és a mondat végén (v) utolsó szóként. A (3) jelű elemeket csak mondatbelseji helyzetben vizsgáltuk. A vizsgálat során összesen 5 szó formánsszerkezetét elemeztük. Az összes variációk száma ezekre a szavakra $5 \times 4 = 20$ hangsor. Mind a 20 hangsort elemeztük a hangsorbeli elhelyezkedés három helyzetében is (6.14. ábra).

A fenti 20 szót tartalmazó példamondatokból mutatunk be néhányat:

Az iskolatitkár bement az iskola könyvtárába és megnézte a szakiskola címét.

A jómadár ismét feltűnt a környéken.

A szakiskola Budapesten nyitotta meg kapuit.

A férfi hatalmas pofont adott az egyik jómadárnak a lépcsőfeljáróban.

A napi átlaghőmérséklet 2 fokkal csökkent.

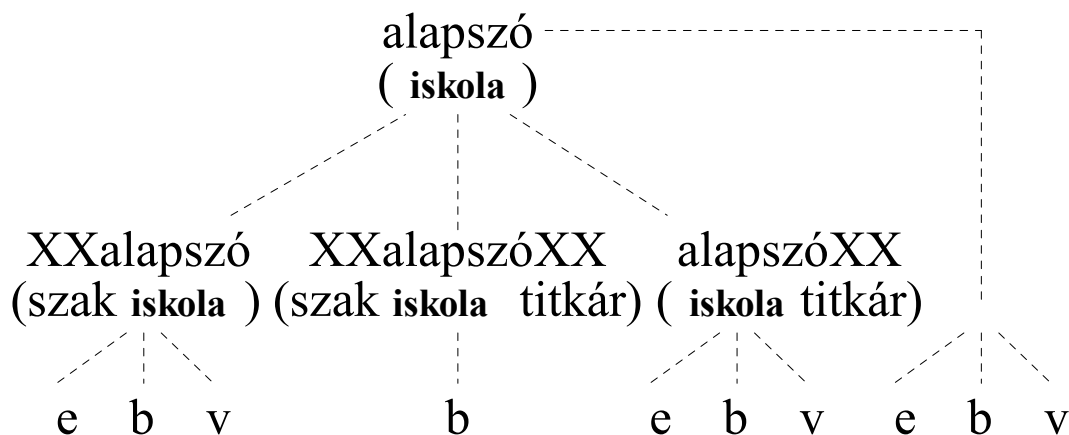
A sarkon két jómadár jelent meg és megálltak a járda szélén.

Az iskola fogadta az új tanulókat.

Tarka madár repült fel az égre.

Ez az épület már nem óvoda, hanem iskola.

A védett állatok közül a legfontosabb a madár.
 Az új szakiskolaitkár bemutatkozott az igazgatónak.
 Sándor is egy jómadár.
 Madárlátta cipót vitt magával a vándor.
 Az anyóka madárlátta cipót adott a vándornak.
 Megnyitotta kapuit a harmadik szakiskola.



6.14. ábra

A vizsgált szavak rendszere (alapszó: *iskola*)

A példamondatokat két férfi bemondó ejtésében magnetofonszalagra rögzítettük, majd a kijelölt szavak akusztikai szerkezetét diagramokon vizsgáltuk. Az elemzéshez PC-n működő CSL beszédanalizáló rendszert használtunk. A mérések során kizárólag a vizsgált szó magánhangzóinak formánsfrekvenciáit mértük, mivel a formánsstruktúra az automatikus artikuláció frekvenciavetülete, amely bármely kiejtéskor jellemző a szóra. Nem vizsgáltuk a beszélőtől, valamint a szupraszegmentális tényezőktől függő elemeket, vagyis a szó hangjainak időtartamát, az intenzitásváltozásokat, sem pedig az alaphangfrekvencia változását. A koartikuláció okozta hangátmeneti módosulások figyelembevétele a méréseknél úgy történt, hogy minden magánhangzóban 5 mérési pontot jelöltünk ki, az elején, a negyedénél, a felénél, a háromnegyedénél és a végén. Ha a vizsgált hangsor első hangja magánhangzó volt, akkor abban az első mért értéket 50%-nál vettük fel. Ugyanez vonatkozott arra az esetre is, ha a hangsor utolsó hangja magánhangzó. Ezt az egyszerűsítést azért alkalmaztuk, mert feltételeztük, hogy a magánhangzó kialakulási, illetve végleges lecsengési fázisában a formánsstruktúra az 50%-os ponthoz képest nem változik. A mérésekből kapott formáns-frekvenciákból kiszámítottuk a szó összes magánhangzójára, az összes mérési pontra a formánsok átlagértékeit, így megkaptuk minden formáns átlagértékét az adott magánhangzó adott

pontján. Ezután megkerestük a formánsátlagtól pozitív, illetve negatív irányba eső legnagyobb eltérésű formánsértéket és kiszámítottuk, hogy az eltérés mértéke hány százalék az átlagértékhez képest. Ezzel megkaptuk a szórást, amit ezután összehasonlítottunk korábban más célból mért formánsáv-adatok szórásával. Az összehasonlítás eredményéből következtettünk arra, hogy változik-e a szó formánszerkezete a kiejtési folyamat különböző formáiban és pontjain, vagyis hogy mennyire lehet stabilnak tekinteni a beszédet felépítő szavak szegmentális frekvenciaszerkezetét.

Eredmények

A mérések során az 5 szó összesen 13 magánhangzójának formánsfrekvenciáit mértük meg. A teljes anyagban egy bemondó ejtésében 50 mérési egység szerepelt 650 mérési ponttal. Összesen tehát 1300 mérési ponton mértük meg a négy formáns értékét. Néhány példát adunk az *iskola* szóra mért értékekből a 6.17.–6.22. táblázatokban, (a feltüntetett formánsértékek ugyanazon bemondó hangjának vizsgálatából származtak).

6.17. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *szakiskola* (2. mondat)

Helyzete: mondat eleji

Az analizált rész: *...iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

a mért mgh.	F1 Hz	F2 Hz	F3 Hz	F4 Hz
[i] 50%	339	2172	2566	3722
[i] 75%	407	2158	2702	3535
[i] 95%	373	2022	2566	3280
[o] 5%	424	1002	2532	3552
[o] 25%	441	985	2447	3569
[o] 50%	509	1053	2481	3603
[o] 75%	492	1121	2481	3569
[o] 95%	492	1121	2787	3841
[ɔ] 5%	521	1133	2408	3717
[ɔ] 25%	562	1157	2398	3520
[ɔ] 50%	562	1140	2398	3571

6.18. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *szakiskola* (1. mondat)

Helyzete: mondat belseji

Az analizált rész: ...*iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

	F1	F2	F3	F4
[i] 50%	339	2090	2566	3314
[i] 75%	322	2056	2634	3535
[i] 95%	254	1971	2566	3399
[o] 5%	407	934	2532	3518
[o] 25%	441	935	2516	3604
[o] 50%	493	1053	2397	3332
[o] 75%	476	1121	2397	3569
[o] 95%	442	1088	2278	3893
[ɔ] 5%	561	1207	2516	3774
[ɔ] 25%	562	1209	2552	3691
[ɔ] 50%	562	1309	2516	3672

6.19. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *szakiskola* (3. mondat)

Helyzete: mondatvégi

Az analizált rész: ...*iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

	F1	F2	F3	F4
[i] 50%	339	2050	2509	3478
[i] 75%	339	2027	2532	3535
[i] 95%	288	1869	2209	3331
[o] 5%	441 _e	849 _{cs}	2532	3586
[o] 25%	441	849	2516	3586
[o] 50%	485	995	2525	3528
[o] 75%	502	1148	2525	3935
[o] 95%	442	1159	2525	3970
[ɔ] 5%	579	1207	2551	3558
[ɔ] 25%	630	1225	2568	3622
[ɔ] 50%	562	1242	2602	3656

6.20. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *iskola* (4. mondat)

Helyzete: mondat eleji

Az analizált rész: *iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

	F1	F2	F3	F4
[i] 50%	299	2203	2764	3750
[i] 75%	299	2186	2866	3665
[i] 95%	214	2101	2849	3512
[o] 5%	452	928	2594	3546
[o] 25%	448	907	2624	3491
[o] 50%	465	958	2505	3474
[o] 75%	499	1043	2556	3508
[o] 95%	448	1026	2318	3508
[ɔ] 5%	521	796	2615	3533
[ɔ] 25%	562	1119	2275	3520
[ɔ] 50%	592	1119	2258	3601

6.21. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *iskola* (1. mondat)

Helyzete: mondat belseji

Az analizált rész: *iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

	F1	F2	F3	F4
[i] 50%	339	2022	2719	3688
[i] 75%	322	1958	2583	3331
[i] 95%	356	1988	2770	3348
[o] 5%	472	1067	2532	3518
[o] 25%	472	1118	2516	3604
[o] 50%	442	1126	2378	3332
[o] 75%	408	1126	2210	3740
[o] 95%	340	1275	2346	3791
[ɔ] 5%	524	1170	2224	3431
[ɔ] 25%	562	1221	2411	3499
[ɔ] 50%	524	1391	2275	3465

6.22. táblázat: Az *iskola* szó magánhangzóinak formánsértékei Hz-ben

A teljes szó: *iskola* (5. mondat)

Helyzete: mondatvégi

Az analizált rész: *iskola*

Az analizált hangok: [i], [o], [ɔ]

	F1	F2	F3	F4
[i] 50%	321	2091	2786	3466
[i] 75%	287	2091	2786	3483
[i] 95%	253	2055	2990	3636
[o] 5%	456	882	2532	3483
[o] 25%	441	907	2516	3491
[o] 50%	516	1043	2522	3508
[o] 75%	533	1077	2522	3491
[o] 95%	516	1145	2488	3610
[ɔ] 5%	615	1193	2551	3488
[ɔ] 25%	615	1108	2519	3488
[ɔ] 50%	598	1278	2485	3692

A formánsfrekvenciák átlagértékének számítását első lépésben a magánhangzók 50%-os pontjaira végeztük el. A mérési eredményeket a 6.23. – 6.26. táblázatokban adjuk meg.

6.23. táblázat: Az *iskola* szó három magánhangzójára átlagolt formáns-értékek Hz-ben és az átlagtól való eltérések az 50%-os mérési pontokon

Formáns	[i]	Eltérés az átlagtól	[o]	Eltérés az átlagtól	[ɔ]	Eltérés az átlagtól
F1	510	+4%	484	+6%	566	+5%
		-6%		-8%		-7%
F2	1198	+3%	1038	+8%	1230	+6%
		-7%		-8%		-8%
F3	2515	+5%	2468	+3%	2422	+6%
		-5%		-4%		-7%
F4	3420	+4%	3463	+4%	3609	+2%
		-6%		-4%		-4%

6.24. táblázat: A *madár* szó két magánhangzójára átlagolt formánsértékek Hz-ben és az átlagtól való eltérések az 50%-os mérési pontokon

Formáns	[ɔ]	Eltérés az átlagtól	[a:]	Eltérés az átlagtól
F1	510	+4%	619	+5%
		-6%		-6%
F2	1198	+3%	1450	+6%
		-7%		-4%
F3	2515	+5%	2390	+7%
		-5%		-7%
F4	3420	+4%	3420	+6%
		-6%		-5%

6.25. táblázat: A *hőmérséklet* szó négy magánhangzójára átlagolt formánsértékek Hz-ben és az átlagtól való eltérések az 50%-os pontokon

Formáns	[ø:]	Eltérés az átlagtól	[e:]	Eltérés az átlagtól	[e:]	Eltérés az átlagtól	[ɛ]	Eltérés az átlagtól
F1	390	+6%	435	+6%	403	+4%	542	+5%
		-5%		-4%		-3%		-6%
F2	1198	+3%	1960	+4%	2008	+4%	1590	+6%
		-7%		-5%		-7%		-4%
F3	2515	+5%	2555	+3%	2380	+3%	2494	+7%
		-5%		-4%		-4%		-7%
F4	3420	+4%	3624	+6%	3668	+5%	3730	+6%
		-6%		-4%		-4%		-5%

6.26. táblázat: Az *eső* szó két magánhangzójára átlagolt formánsértékek Hz-ben és az átlagtól való eltérések az 50%-os mérési pontokon

Formáns	[ε]	Eltérés az átlagtól	[ø:]	Eltérés az átlagtól
F1	554	+3%	408	+5%
		-6%		-3%
F2	1748	+4%	1608	+4%
		-6%		-5%
F3	2410	+6%	2198	+3%
		-4%		-3%
F4	3660	+4%	3300	+3%
		-6%		-4%

6.27. táblázat: A *felhő* szó két magánhangzójára átlagolt formánsértékek Hz-ben és az átlagtól való eltérések az 50%-os mérési pontokon

Formáns	[ε]	Eltérés az átlagtól	[ø:]	Eltérés az átlagtól
F1	582	+3%	372	+6%
		-4%		-3%
F2	167	+3%	1664	+5%
		-5%		-3%
F3	247	+6%	2240	+4%
		-5%		-3%
F4	362	+5%	3452	+3%
		-5%		-4%

A mérési adatok értékelése

A fenti mérésekkel megállapítottuk az adott szavak magánhangzóit meghatározó formánsszerkezet változását a kiejtési folyamat különböző pontjain. Az adatokból látható, hogy a magánhangzók formánsszerkezetében a formánsok kismértékű változásokat mutatnak a különböző kiejtési helyzetekben. A legkisebb eltérés az átlagtól 2%, a legnagyobb 8%. A kérdés most az, hogy a mért adatoknak az átlagtól való eltérése tekinthető-e olyan mértékűnek, hogy releváns formánsszerkezeti változásról beszéljünk vagy sem. Ennek egzakt meghatározására három kutató (Bolla 1978; Kiss 1985; Gósy 1986) korábbi eredményeit használtuk fel. Mindhárom kutató szintetizált beszédhangok generálásával próbálta meg meghatározni az egyes magyar magánhangzók formánssávjait, vagyis az adott magánhangzóra jellemző minimális és maximális formánshatárértékeket. Bolla az első három formánssávra, Kiss az első kettőre, Gósy az F1-re végzett ilyen méréseket. Jelen munkánkban az általuk mért adatokat olyan formában hasonlítottuk össze a mi adatainkkal, hogy az ő adataiból is képeztük az egyes formánsok átlagértékét, majd kiszámítottuk, hogy a megadott formánssávok alsó és felső határai mennyire térnek el a középértékektől. Így a

jelenlegi és a régebbi mérésekből származtatott adatok egyforma szerkezetűekké váltak, tehát mód nyílt az összehasonlításukra.

Bolla adataiból számított, az átlagoktól való eltérés az F1 esetében 9-23%, az F2-nél 3-15%, az F3-nál pedig 2-7%. Összehasonlítva a jelenlegi mérés eredményeit ezekkel az adatokkal, láthatjuk, hogy az első formáns tekintetében az általunk mért átlagtól való eltérések lényegesen kisebbek, mint Bollánál. Az F2 tekintetében a szórás gyakorlatilag hasonló eredményeket mutat mindkét vizsgálatnál, az F3 vonatkozásában pedig Bolla adataiban néhol kisebb a szórás, mint a jelen mérésben. Az [a:] és [ɔ] esetében az általunk mért F1 és F2 formánsok átlagtól való eltérése kisebb, az [o]-nál pedig jelentősen kisebb, mint amiket Bolla állapított meg. Az [i], [ø:], [e:] és [ɛ] hangoknál csak az F1-nél tapasztalható sokkal kisebb szórás, mint Bollánál, az F2 és F3 adatai sem lépik túl lényegesen Bolla adatait. Kiss F1, F2 formáns-sáv-méréseinek eredményei tágabb sávokat mutatnak, mint Bolla eredményei: az átlagtól való eltérés az F1 esetében 12-30%, az F2-nél 7-17%. Gósy mérési eredményei az F1-re: az átlagtól való eltérés 3-21%. Az F1 formáns-sávok az [a:], [ø:], [e:] és [ɛ] hangoknál lényegesen szűkebbek, mint Bolla adatai, a többi magánhangzónál pedig közel megegyeznek azokkal. Azonban a szűkebb sávok sem térnek el lényegesen az általunk mért adatoktól.

Összegzés

A fenti összehasonlítások alapján kimondhatjuk, hogy a szóhangsor szinten megvalósuló artikuláció és ennek akusztikai eredménye **a formánsszerkezet, a kiejtési folyamat minden pontján invariánsnak mondható**. Nem befolyásolja relevánsan a formánsok helyét és mozgását sem a hang hosszúsága, sem a hangerő csökkenése, sem pedig az alaphangmagasság változása (lásd a 6.15. ábrán).

6.2.2 A beszédhangok összekapcsolásának vizsgálata a formánsszerkezet tükrében

A beszédépítéshez minden esetben valamilyen elemtárra van szükség. Az elemtár elemeiből állítjuk össze a beszédet. Alapvető kívánság, hogy az összekapcsolási pontokon a beszéd formáns-, dallam-, és intenzitás szerkezetének folyamatossága biztosítva legyen, tehát, hogy ne legyenek ugrásszerű adateltérések az elemek

csatlakozási pontjain. A beszédépítés mai legkorszerűbb formája, amikor emberi hangból kivágott jelrészleteket kapcsolnak egymás után, mind szövegfelolvasókban, mind kötött szótáras rendszerekben. A szövegfelolvasó rendszerek tekintetében ennek egyik legelterjedtebb változata, amikor két fél hangból álló úgynevezett diádokat képeznek (felolvasott szövegből) és ezekből hozzák létre az elemtárat. A magánhangzókat tartalmazó diádok CV és VC és VV szerkezetűek lehetnek (C=a mássalhangzó felét, V= a magánhangzó felét jelenti). Az ilyen CV és VC elemekben a magánhangzónak van egy kötött vége (amelyik az adott mássalhangzóhoz csatlakozik) és van egy szabad vége (amelyik mindig magánhangzóval, a saját másik felével találkozik). Az alapvető probléma minden ilyen rendszerben az, hogy, - mivel a magánhangzók a hang felénél vannak elvágva - az elemek összekapcsolásakor általában nem teljesül az a kívánság, hogy az első C1V1 elem magánhangzójának szabad végén lévő formánsai találkozzanak a hozzá kapcsolódó második V1C2 elem magánhangzójának szabad végén lévő formánsaival, vagyis ugrás lehet a formánsmenetben. Az ugrás mértéke attól függ, hogy milyen hangkapcsolatból származtattuk a C1V1 elemet és milyenből a V1C2-t. A probléma megoldására fonetikai módszert dolgoztunk ki (Olaszy 1999), amellyel csökkenteni lehet a jelenség létrejöttét. A módszer előnye, hogy nem torzítja a beszédjelet, egyszerűen alkalmazható, hátránya hogy gondos előkészítést kíván.

A módszer

A kísérlethez két diádos szervezésű adatbázist készítettünk, az elsőben (AB1) egyszótagú szavakból vágtuk ki a diádokat, a másodikban (AB2) olyan szöveges elemeket állítottunk össze a felolvasáshoz (az első tanulságai alapján), amelyekben igyekeztünk automatikusan biztosítani, hogy a magánhangzók formánsértékei a hang közepére már beálljanak egy stabil értékre (tiszta fázis) és azt, hogy ez az érték lehetőleg ugyanaz legyen függetlenül attól, hogy milyen mássalhangzó kapcsolódik a magánhangzó kötött végéhez. Hipotézisünk az volt, hogy, ha olyan kapcsoló mássalhangzót (x) teszünk a magánhangzó szabad vége elé (CVx, illetve xVC, továbbá xVV és VVx), amelyik nem mozgatja el lényegesen a magánhangzó formánsszerkezetét, akkor a formánsszerkezetben olyan tiszta fázis állapotot hozunk létre a magánhangzó szabad végén (ez tulajdonképpen a közepe), amelyikben a formánsok ugrás mentesen lesznek összekapcsolhatók a magánhangzó második felét

tartalmazó elemmel. A kapcsoló mássalhangzónak a [k] hangot választottuk, amelyik rugalmasan illeszkedik az őt megelőző és az őt követő magánhangzóhoz (Magdics 1965; Kassai 1979; Olasz 1985), így minimálisan tolja el a formánsokat. A szöveglista kidolgozásánál gondoltunk arra is, hogy a bemondásnál kiküszöböljük az első szótagi hangsúlyozás anyanyelvi beidegződését, valamint az értelmes szavak ejtésekor kialakuló esetleges értelmezési és kiejtési automatizmusokat. Ezért értelmetlen hangsorokat állítottunk össze, amelyekben a kivágandó elem elé és mögé egy kezdő és egy záró magánhangzót helyeztünk el. Erre az [ɔ] hangot találtuk a legalkalmasabbnak, mivel ennek artikulációja viszonylag semleges. Így az esetleges hangsúlyozás nem a kivágandó elemre esett, hanem az [ɔ] hangra. Ennek a magánhangzónak az alkalmazásával megkönnyítettük a hangerő-kontroll folyamatos figyelését is, mivel a kijelző műszeren minden hangsor ejtésének elején és végén ugyanoda kellett kitérni a műszernek. Ha nem így történt, akkor korrigáltunk a felvevő erősítésén. A diád elemek gyakorlati létrehozásához elkészítettük a felolvasandó szövegelemek listáját (14 magánhangzóra és 23 mássalhangzóra, összesen 1444 diádra). Mindezek figyelembevételével a szöveglista minden eleme tartalmazta a kezdő és záró magánhangzót és a kivágandó diád magánhangzójának nyitott végéhez kapcsolt [k] hangot (lásd a példákat a 6.24. táblázatban). A táblázatban külön oszlopban jelöltük az adott diádot, amelynek az elkészítéséhez a mellette lévő oszlopban szereplő értelmetlen betűsort fel kellett olvasni. A kivágandó elemet ebben az oszlopban félkövér kiemeléssel jeleztük.

Eredmények

A kísérlet során az AB1 és AB2 elemtárakkal felépített beszéd zajosságát, torzítottságát vizsgáltuk percepciós teszttel, hat személy részvételével (5 férfi és egy nő, életkoruk 25 és 45 év közötti volt) és spektrografikus méréssel. A teszthez ugyanazon szövegből szintetizált mondatokat készítettünk mind az AB1, mind pedig az AB2 elemtárak elemeivel, majd a mondatokat párokba válogattuk (ugyanazon mondat az AB1 és az AB2 elemeiből összeállítva). A testben résztvevőknek 25 mondatpárt kellett meghallgatni és arról kellett nyilatkozniuk, hogy a mondatpárból az egyes vagy a kettes mondat volt-e tisztább hangzású. A testben a 150 válaszból 132 esetben azaz 88%-ban az AB2-vel készített mondatot tartották tisztább

hangzásúnak a kísérleti személyek. Spektrografikus összehasonlítást csak 132 CVC kapcsolat magánhangzójára végeztünk mivel az összes hangkapcsolatra vonatkoztatott méréses ellenőrzést az elem-összekapcsolódási variációk nagy száma miatt nem tartottuk ésszerűnek. Például a *-bá-* diád 23 olyan VC diáddal kapcsolódhat, amelyekben a $V=á$ és további 13 olyan V1V diáddal, amelyekben a $V1=á$. E döntésünket még alátámasztotta az is, hogy a percepció teszt eredményei egyértelműen kimutatták, hogy az AB2 adatbázis kevesebb torzítással hozta létre a beszédet, mint az AB1. A spektrografikus mérések eredményei azt mutatták, hogy az AB2 esetében a formánseltolódások mértéke az ötödére csökkent, vagyis átlagosan 20%-os mértékű lett az AB1-ben mért értékekhez képest.

6.24. táblázat: Példák az AB2 típusú diádok adatbázis felolvasandó hangsoraira

diád	CVx	diád	xVC	diád	xVV	diád	VVx
b	b aba	b	dar ab	áa	ak á aka	aá	aka á ka
bá	ab áka	áb	ak áb a	áo	ak áo ka	oá	ako o áka
pá	ap áka	áp	ak áp a	áo	ak áo ka	óá	ako ó áka
dá	ad áka	ád	ak ád a	áu	ak áu ka	uá	aku u áka
gá	ag áka	ág	ak ág a	áü	ak áü ka	úa	aku ü áka
ká	ak áka	ák	ak ák a	áü	ak áü ka	üá	aku ü áka
gyá	agy áka	ágy	ak ágy a	áü	ak áü ka	üá	aku ü áka
tyá	aty áka	áty	ak áty a	ái	ak ái ka	íá	aki í áka
má	am áka	ám	ak áma	ái	ak ái ka	íá	aki í áka

A fenti fonetikai tervezéssel tehát sikerült lényegesen csökkenteni azokat a torzításokat, amelyek a diádok beszédépítés alapelvéből adódóan mindenképpen belekerülnek a beszédjelbe. Ezzel a szegmentális szerkezet minőségét javítottuk meg.

6.2.3. A rövid magánhangzók hosszú párjainak formánsszerkezete

Az alábbi kísérlet annak a vizsgálatára irányult, hogy az [o, o:], [u, u:], [y, y:], [i, i:], [ø, ø:] rövid-hosszú párok (Vr és Vh) formánsszerkezete eltér-e annyira egymástól, hogy azt a percepcióban érzékelni lehet. A kérdés olyan szempontból merült fel, hogy a beszédépítésben szükséges-e a hosszú magánhangzókat külön

megvalósítani, vagy azok előállíthatók-e a rövid párjuk megnyújtásával. A kérdés megválaszolására indirekt kísérletet terveztünk. Ez annyit jelentett, hogy nem a rövid-hosszú magánhangzó párok formánsszerkezetét, mértük meg, például szavakban, hanem a beszéd-szintézis lehetőségét kombináltuk percepciós teszttel folyamatos beszédre (hasonlóan, mint a specifikus időtartamok meghatározásánál, 6.1 ábra). Feltételezésünk az volt, hogy ha a vizsgált hosszú magánhangzók formánsszerkezete nem tér el relevánsan a rövid párjukétól, akkor ezt nem lehet meghallani a szintetikus beszéd minőségén. Ellenkező esetben percepciósan is érzékeljük a hangzásbeli különbséget.

A módszer

A kísérlet végrehajtásához a következő módszert dolgoztuk ki. A beszéd-szintézis során a CVr hangátmeneti részeket a CVh-ból készítettével, a VrC hangátmeneti részeket a VhC-ből készítettével helyettesítettük, úgy, hogy a hangidőtartamokat az eredeti CVr, illetve VrC elemekben meghatározott értékre állítottuk be. Így végül is két teljesen egyforma diádos adatbázis állt rendelkezésünkre (időtartamok szempontjából), csak az egyikben a magánhangzók formánsértékei a hosszúaknak megfelelő értékeken voltak (ABh), a másikban a rövideknek megfelelő értékeken (ABr). Mindkét adatbázissal elkészítettük egy 45 mondatból álló folyamatos szöveg szintetizált változatát. A két beszédben minden diád időtartamszerkezete megegyezett, tehát a beszédben létrejött hangok időtartamai is teljesen azonosak voltak. Percepciós teszttel vizsgáltuk a kétfajta beszédet. A percepciós teszt során 3 mondatos egységeket hallgattattunk le 4 fővel (3 férfi, 1 nő, életkoruk 25 és 45 év közötti volt). Azért tettünk 3 mondatot egy szövegegységbe, hogy a tesztalanyokban a hosszabb beszéd hallgatásával alakuljon ki olyan hallásélmény, amilyen például egy mondat meghallgatása esetén nem tud kialakulni. Tizenöt ilyen 3-3 mondatos csoportot készítettünk. A kísérleti személyek feladata az volt, hogy ítélik meg, hogy milyen az artikulációs stílusa az elhangzott szövegeknek. A teszt során meghallgatták az első mintában szereplő 3 mondatot, amit például az ABr-el készítettünk, majd utána ugyanazt a 3 mondatot az ABh diádjaiból felépítve. Az ítéletet a két szöveg meghallgatása után kellett meghozni. Mindkét szöveget minősíteni kellett a következő három meghatározás szerinti: pongyola, felszínes ejtémód (P); normál artikuláció (N); furcsa, túlartikulált, modoros (M) ejtés. Felhívtuk a figyelmet arra, hogy gépi

beszédet fognak hallani, a tartalom ugyanaz mindkét szövegben, és csak a hangzásbeli különbségekre kell koncentrálniuk. A tesztet minden személy külön végezte.

Eredmények

A tesztre adott válaszokat a 6.25. táblázat tartalmazza. A válaszokból az az általános tendencia vonható le, hogy az ABr-es mondatokat mindig vagy pongyolának, vagy normálnak jelölték a hallgatók. Az ABh-s mondatokat 24 esetben ítélték normálnak (40%) és 36 esetben modorosnak (60%). 18 esetben mindkét válaszban a normál kategóriát jelölték meg a hallgatók (30%), a többi esetben az ABr-es mondatokat alacsonyabb kategóriába sorolták, mint az ABh-ból készületeket (70%), például, ha az ABr-est pongyolának ítélték, akkor az ABh-t normálnak. Az eredmények tehát mindenképpen azt mutatják, hogy szignifikáns különbség van a rövid magánhangzók és hosszú párjuk formánsszerkezete között, vagyis a vizsgált hosszú magánhangzókat nem lehet a rövid párjukból előállítani korszerű, jó minőséget megcélzó beszédépítésnél.

6.2.4 A mikrointonáció

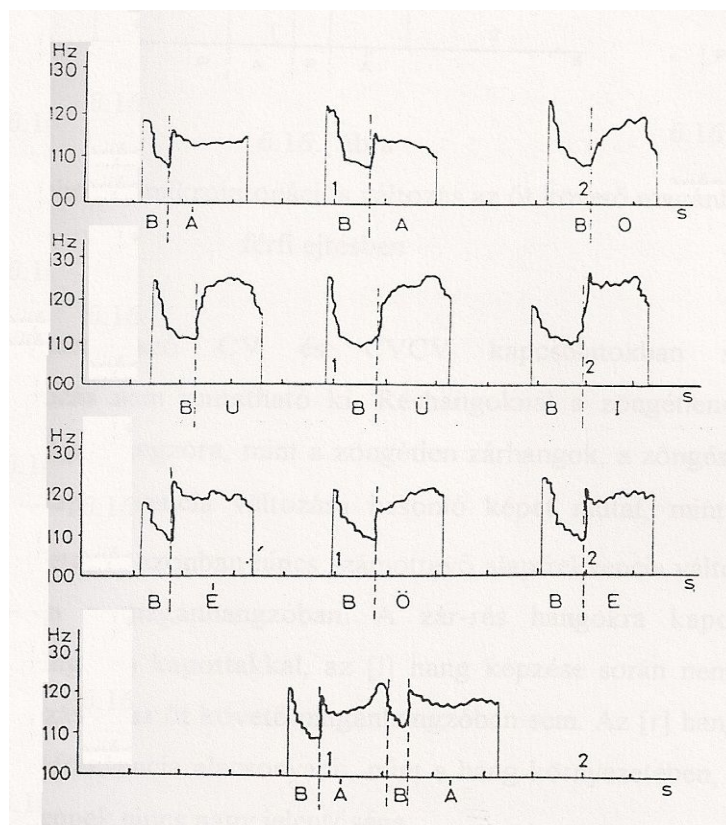
Az alapfrekvencia időfüggvényében kimutathatók olyan kismértékű (5-15 Hz) változások, amelyek akartunktól függetlenül a beszédhangon belül jönnek létre, még akaratlagos monoton ejtés esetén is. Ezek az artikuláció hatásának következményei (Ohde 1984). A mikrointonáció a szegmentális szintű frekvenciaszerkezet része, nyelvi funkciója nincs, jelenléte mind férfi, mind női ejtésű beszédben kimutatható, mértéke a beszélő egyéni sajátosságaitól függ. Ez az alapfrekvencia változás hozzájárul a beszéd természetességének megvalósításához. Ezért a beszédépítésben is figyelembe vesszük, hiszen ezek a változások szabályokba foglalhatóak. Az alapfrekvencia ilyen formájú szegmentális szintű változásáról írt még Umeda (1981), Aulanko (1985), Reinhalt Petersen (1986), Terken (1995). A magyar ejtésre vonatkozó mikrointonációs lapfrekvencia változások meghatározására hangkapcsolatok alapfrekvencia-szerkezetét vizsgáltuk 23 mássalhangzóra és 9 magánhangzóra CV és C1-V1-C1-V1 elemekben (Olaszy 1989).

6.25. táblázat: Az artikulációs különbség tesztjének válaszai (x-szel jelölve)

szöveg	kategória	I.		II.		III.		IV.	
		EB1	EB2	EB1	EB2	EB1	EB2.	EB1	EB2
1	P N M	x		x		x	x	x	x
2	P N M	x	x	x	x	x		x	x
3	P N M	x		x	x	x		x	
4	P N M	x	x	x	x	x		x	
5	P N M	x	x	x		x		x	
6	P N M	x		x	x	x		x	
7	P N M	x	x	x		x		x	
8	P N M	x		x	x	x		x	x
9	P N M	x		x	x	x		x	x
10	P N M	x		x		x		x	x
11	P N M	x		x	x	x		x	
12	P N M	x	x	x		x		x	
13	P N M	x		x	x	x		x	x
14	P N M	x	x	x		x	x	x	x
15	P N M	x		x		x		x	x

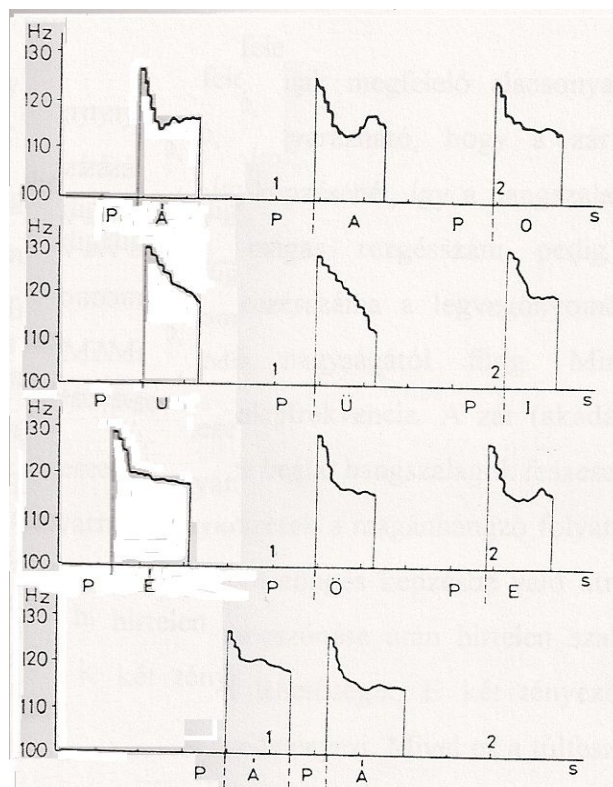
Eredmények

A zöngés zárhangok esetében CV helyzetben a hangsorkezdő mássalhangzó zöngé részének első felében az alapfrekvencia csökken, értéke a kezdeti frekvenciáról mintegy 10 Hz-et esik, majd ezen a mély ponton marad a zöngé végéig. A zár-felpattanásnál az alapfrekvencia hirtelen visszaugrik közel arra az értékre, amennyi a zöngé kezdetén volt és utána nem változik a magánhangzóban. VCV helyzetben hasonló képet kapunk. VC helyzetben a mássalhangzóban nem mutatható ki mikrointonációs változás. Példaképpen a 6.15. ábrán bemutatjuk a [b] hang és a hozzá kapcsolódó magánhangzó mikrointonációs szerkezetét CV és CVCV helyzetekben. A zöngétlen zárhangok esetében az őket követő magánhangzóban jön létre mikrointonációs változás. Az alapfrekvencia a magánhangzó kezdetén, a zár-felpattanás után a legmagasabb, majd rövid idő alatt (20-30 ms) lecsökken. Ez a hatás mind CV, mind VCV helyzetben megfigyelhető. Példaképpen a 6.16. ábrán bemutatjuk a [p] hang által a magánhangzóban kialakított mikrointonációs változásokat CV és CVCV helyzetekben.



6.15. ábra

A [b] és a hozzá kapcsolódó magánhangzó mikrointonációs szerkezete férfi ejtésben



6.16. ábra

A [p] hang által létrehozott mikrointonációs változás az öt követő magánhangzóban férfi ejtésben

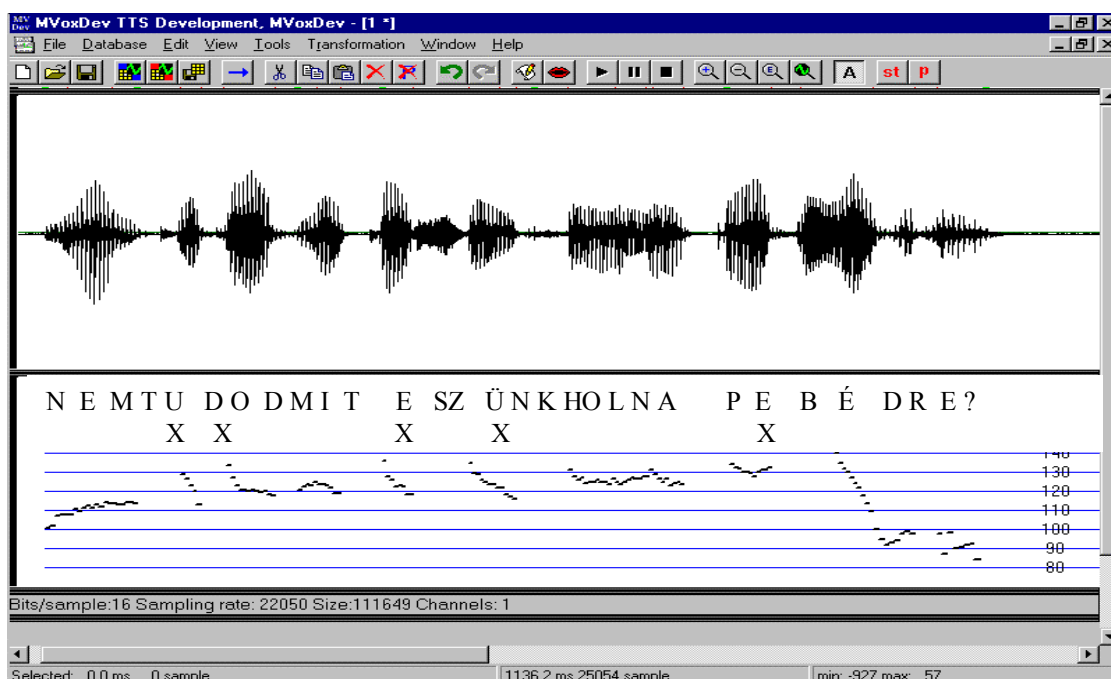
A nazálisokat tartalmazó CV és CVCV kapcsolatokban számottevő mikrointonációs változás nem mutatható ki. Réshangoknál a zöngétlenek hasonló hatást fejtenek ki a magánhangzóra, mint a zöngétlen zárhangok, a zöngéseknél a [v, z, ʒ] esetében az alapfrekvencia változása hasonló képet mutat, mint a zöngés zárhangoknál, a [j] esetében azonban nincs számottevő alapfrekvencia változás sem a mássalhangzóban sem a magánhangzóban. A zár-rés hangokra kapott adatok megegyeznek a zárhangokra kapottakkal, az [l] hang képzése során nem alakul ki mikrointonációs változás és az öt követő magánhangzóban sem. Az [r] hang esetében a hangon belül az alapfrekvencia alacsonyabb, mint a hang környezetében, azonban a hang rövidsége miatt ennek nincs nagy jelentősége.

A hangkapcsolatokban végzett mérések összegzéseként kialakult kép a következő. A mikrointonáció azokban a zöngés mássalhangzóban alakul ki, amelyek képzésében valamilyen akadály játszik szerepet. Ugyanezen mássalhangzók, valamint zöngétlen párjuk a hozzájuk kapcsolódó magánhangzóban is kialakítanak egy csökkenő

alaphang mozgást. A mikrointonációnak megfelelő alacsonyabb alapfrekvencia a zöngés mássalhangzóknál azzal magyarázható, hogy a zár (akadály) hatására kevesebb levegő áramlik ki a hang képzésénél, így a hangszalagrezgés lanyhább. A magánhangzó elején kialakuló magas rezgésszám pedig két dolognak a következménye. A hangszalagok rezgésszáma a levegőnyomás nagyságától és a hangszalagokat összeszorító erő nagyságától függ. Minél fesesebbek a hangszalagok, annál magasabb az alapfrekvencia. A zár (akadály) feloldódása után egyrészt a magánhangzó képzésére beálló hangszalagok fesesebb állapotot vesznek fel egy rövid időre, mint amilyen fesesek a magánhangzó folyamatos képzése során. Ez különösen a zöngétlen képzésből zöngés képzésbe való átmenetben alakul így. Ezzel párhuzamosan az akadály megszűnése után hirtelen szabaddá vált út gyors levegőnyomás kiegyenlítődsre ad lehetőséget. E két tényező együttes hatása a hangszalagok gyakoribb rezgését eredményezi. Mivel ez a túlfeszítettség és a nyomás két-három periódus után kiegyenlítődik (annak következtében, hogy a magánhangzó képzése megindult), az alapfrekvencia is lecsökken a képzésnek megfelelő szintre. Szende (1976, 115) így ír erről a jelenségről (bár a szóhangsúly kapcsán): „az alaphang rezgési periódusát szükségképpen nagyobb szubglottális nyomás kezdi meg, amely a szakasz első részében, amikor a csillapítás még nem lép föl erősebb. Az eredmény az, hogy a hangsúlyos szótag elején az alaphang frekvenciája valamennyire megemelkedik.” Hasonló folyamat játszódik le az akaratlagos indulatos kifejezések kiejtésekor is, amikor a megnövekedett levegőnyomás magasabb hangmagasságot eredményez (Fónagy 1958). Ebből az látszik, hogy ha a fenti körülmények kialakulnak a hangképzésben, akkor mind szegmentális, mind szuprasegmentális szinten érvényesül a hatás. Hosszabb hangsorokat is vizsgáltunk annak meghatározására, hogy egyrészt a folyamatos beszédben milyen fokon vannak jelen a mikrointonációs jelenségek, másrészt, hogy jelen vannak-e minden mondatfajtában. A vizsgálat során 45 mondat alapfrekvencia görbét elemeztük a PDS rendszerrel. Az eredmények a következők. **A mikrointonációs változások a mondat fajtájától függetlenül jelen vannak a hangsorokban** a következő korlátozással: nem mutathatók ki az olyan helyeken ahol a dallamgörbében csúcsok vannak (hangsúlyos szótagok, kérdő intonáció). Ezek a helyeken a magasabb kategóriájú intonációs elem, amely önmaga is jelentős alapfrekvencia változást valósít meg, elfedi a mikrointonációs változást. Nem mutathatók ki továbbá azokon a

helyeken sem, ahol a képzési energia már a minimumon van (mondat végén). Az artikulációs tempó növekedése azt eredményezi, hogy a hangok rövidülésével a mikrointonáció eltűnik, mivel nincs megfelelő idő a kialakulására.

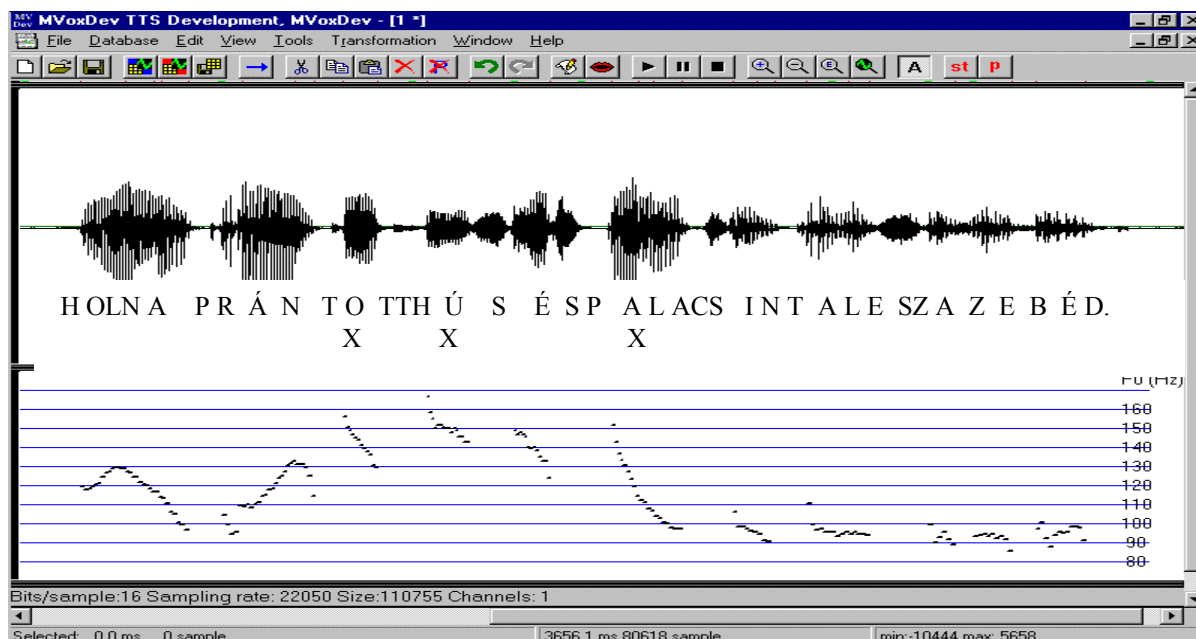
A 6.17., 6.18. és 6.19. ábrán bemutatjuk egy kérdő, egy kijelentő és egy óhajtó mondat alapfrekvencia-görbéjét.



6.17. ábra

Kérdő mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A mikrointonációs változások pontjait X jelzi a szöveg alatt

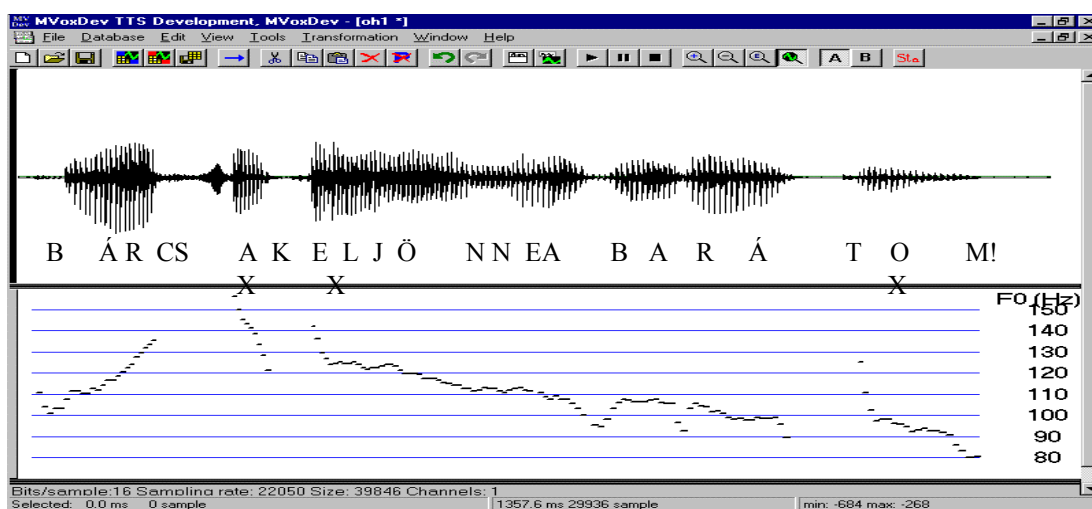
Az alapfrekvencia görbe általános menete az eldöntendő kérdés ismert enyhén emelkedő karakterisztikáját mutatja az utolsó előtti szótag magánhangzójának kezdetéig. Ebbe a karakterisztikába épül bele a jelzett pontokon a mikrointonáció, ami az alapfrekvencia görbében fűrészfog szerű változásokat hoz létre. A 6.18. ábrán bemutatott kijelentő mondat alapfrekvencia görbéjében öt ponton figyelhetünk meg mikrointonációs változást. A *palacsinta* szó első szótagjában azért nem jelöltünk X-et, mert a szó hangsúlyos, így a hangsúlyból adódó meredek frekvenciacsökkenés miatt mikrointonáció nincs.



6.18. ábra

Kijelentő mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A mikrointonációs változások pontjait X jelzi a szöveg alatt

Hasonló okból nem jelöltük az óhajtó mondatnál a második szótaban látható meredek alapfrekvencia csökkenést, hiszen ez az óhajtó mondat intonációjára jellemző szupraszegmentális elem.



6.19. ábra

Óhajtó mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A mikrointonációs változások pontjait X jelzi a szöveg alatt

7. Szupraszegmentális vizsgálatok

Ebben a fejezetben két témával foglalkozunk: a **hangsor végleges időtartamszerkezetének, valamint az alapfrekvencia időbeli lefolyásának** a vizsgálatával. Célunk az volt, hogy **olyan fonetikai szintű szabályokat fogalmazzunk meg, amelyekkel jellemezni lehet a folyamatos beszéd szupraszegmentális szerkezetének e két elemét.** A szabályok helyességét szintézissel ellenőriztük. A folyamatos beszéd szupraszegmentális szintű vizsgálata során a következő problémával kell a kutatónak szembenéznie. A vizsgálat tárgya, a komplex beszédjel, önmagában hordozza az összes szupraszegmentumot, a hangsor időtartamszerkezetét, az ebben megvalósuló frekvenciamódosulásokat (ezek többnyire az alapfrekvenciában jönnek létre) és az intenzitás szerkezeti módosulásokat is. Ez nehezíti a vizsgálatot a sok paraméter egymásra hatása miatt. A sikeres analízis elvégzéséhez két lépcsős vizsgálatot terveztünk. Az első lépcsőben szétválasztottuk a szupraszegmentális szerkezetet létrehozó hatásokat annak érdekében, hogy egyértelműen meg lehessen határozni a működésüket és modellezni lehessen őket. Ezt az analízis szintézissel eljárással és speciálisan az ilyen vizsgálatok végzésére tervezett szoftverrel valósítottuk meg. **Így a leíró jellegű eredményleíráson túlmenően konkrétan, fonetikai adatokkal, szabályokkal is meg tudtuk határozni a szupraszegmentális szerkezet vizsgált elemeinek várható működését,** a működés tartományát és hangsorbeli helyét. Részleteiben ez azt jelentette, hogy meghatároztuk a végleges hangsor időtartamszerkezetének leírására szolgáló szabályokat (a hangsor minden hangjára vonatkoztatva), valamint az alapfrekvenciaváltozások kétszintű szabályrendszerét (mondatdallam és a ráépített szótag és szó szintű alapfrekvenciaváltozás). A hangsúlyt külön vizsgáltuk. Meghatároztuk az alapfrekvencia változás és a hangsúly kapcsolatát, valamint azon jellemző eseteket, amikor a hangsúlyt nem az alapfrekvenciaváltozással, hanem csak az intenzitás növelésével hozzuk létre. A második lépésben a szétválasztott elemek szintjéről visszaléptünk a komplex szerkezet szintjére és meghatároztuk a vizsgált szupraszegmentális építőelemek közötti kapcsolatot leíró szabályokat is, hogy a komplex modellezést is el tudjuk végezni.

Az, hogy mit soroljunk a beszéd szupraszegmentális szintjét felépítő elemekhez, mindmáig vitatott kérdés. Felfogásunk szerint a három legfontosabb elem a következő: hangidőtartam változások és szünetek (a beszéd ritmikai komponense),

alulfrekvenciaváltozások (a beszéd szöveg és mondatszintű általános dallama, továbbá a szó, és a szótag szintjén végbemenő változások), a hangintenzitás időbeli lefolyása a közlésekben és kapcsolata az időtartam változással és az alulfrekvenciaváltozással. Ha ezt a csoportosítást összevetjük Varga(1981), Elekfi (1980) és Bolla (1980) meghatározásával a következő képet kapjuk. Varga kezdetben a dallamot, a hangsúlyt és a szünetet sorolta a prozodikus eszközök közé, Elekfi a dallamot, a hangsúlyt a szünetet és a tempót, míg Bolla ezekhez még hozzávette az átlag hangerőt és a hangszínezetet is. Látható, hogy Bolla felfogása a legtágabb. Ehhez csatlakozott Varga (1993) is legutóbbi közleményeiben. A hangszínezettel mi nem foglalkoztunk egyrészt azért, mert a beszédépítésnél ez egyelőre nemigen valósítható meg, másrészt pedig azért, mert a hangszínezet nem tekinthető nyelvi kategóriának (Ladd 1980; Varga 1993) és az írás-beszéd átalakítás szintjén nem jelölhető. Az átlag hangerő kérdésével sem foglalkoztunk, mivel az nem befolyásolja a beszédépítés minőségét. A hangsúlyt pedig úgy tekintettük, hogy az szerves eleme az idő-, az alulfrekvencia- és az intenzitás szerkezetnek, hiszen ezek mindegyike részt vehet a kialakításában (Fónagy 1958).

A hangidőtartamok tekintetében célunk az volt, hogy a vizsgálódások során a beszéd folyamat legalacsonyabb szintjére, a hangsorba szerveződött hangok időtartamához érjünk el és olyan szabályokat alkossunk, amelyek alkalmazásával jó hatásfokkal meg lehet határozni a folyamatos beszéd hangsor szintű általános időszerkezeti képét. Ebben a képben benne foglalják a hangok egyéni időtartama, a beszédtempó, de szerepet kap a hangsúly is, és más hangsorépítési és hangsorszervezési szempontok is (például az adott hangot megelőző és követő hangok szerveződése, a hang helye a szóban, a mondatban). **A szupraszegmentális szintre megállapított időtartam-módosító szabályokat a specifikus időtartamokra, mint alapra vetítve kell alkalmazni.** Ez azt jelenti, hogy a szabályokkal a specifikus időtartamokat nyújtjuk vagy rövidítjük. A szabályok hatásosságát úgy mértük, hogy grafikonban ábráztuk a természetes ejtésből származó beszéd hangjainak időtartamait, valamint a szabályok alapján felépített mesterséges beszédét és a grafikonok fő vonulataiban lévő különbségeket számítottuk ki. A szünetek kérdéskörét e munkában részletesen nem vizsgáltuk, csupán a mondatban előforduló vessző hatására létrejövő fizikai szünet optimális hosszát határoztuk meg adott beszédsebességhez, valamint azt, hogy a folyamatos

szöveg-beszéd átalakítás során milyen szüneteket célszerű biztosítani a mondatok között.

Az alapprofrekvencia változásának vizsgálatával kapcsolatos koncepciónk a következő, kétirányú megközelítés volt: a **beszédjel alacsony szintű fonetikai vizsgálatából kiindulva kívántunk eljutni a fonológiai szintre**, majd visszafelé, mintegy igazolásképpen a fonológiai szabályokat feleltettük meg fonetikai építőelemekből összeállított struktúráknak és szintetizált formában meg is valósítottuk azokat. Feltételezésünk az volt, hogy amennyiben ennek az „oda-vissza-oda” útnak a végére nem gyűlnek össze olyan ellentmondások, amelyek akár fonetikai, akár fonológiai szinten nem magyarázhatók, akkor **sikerült összekapcsolni a fonetikai és fonológiai szint reprezentációs formáját**. A célkitűzés eléréséhez első lépésben a természetes ejtésre jellemző alapprofrekvencia-szerkezeteket analizáltuk, majd a vizsgálati eredményeket általánosítottuk. Ez bizonyos fonetikai szintű meghatározásokat, osztályozásokat, struktúrákat eredményezett. Ezeket megpróbáltuk párhuzamba hozni fonológiai szabályokkal. Ezzel egyfajta kapcsolatot hoztunk létre a fonetikai szabályink és már meglévő fonológiai szabályok között. Ezután elvégeztük ennek a fordított irányú próbáját, azaz megpróbálunk eljutni a fonológiai szintből vissza a fonetikaiba. A fonológiai szabályokból kiindulva határoztuk meg a fonetikai szintű dallamelemek felhasználásával a mondatok dallamformáját és ezeket szintézissel létrehoztuk. A fonológiai szabályok tekintetében Varga (1994) munkájára támaszkodtunk. A munka középpontjában mindig a korszerű beszédépítés állt, tehát csak a kijelentés, a kérdés, az óhajtás, a kérés, a felszólítás dallamformáit vizsgáltuk. Az alapprofrekvencia változások modellezése során a következő szintekre határoztunk meg szabályokat: szöveg, mondat, frázis, szó, szótag és hang. Frázisnak tekintettük azt a szövegszakaszt, amelyiken egy önálló dallamvonulat, dallamív valósul meg és erre a frázisdallam kifejezést használtuk (v.ö. Szende 1976, 181). A mondatdallam több frázisdallamból is állhat. A vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a legrészletesebben a hang, szótag, és a szó szintre jellemző változásokat tudtuk megadni, valamint a mondatok közötti, szöveg szintű szabályokat. A frázis és a mondat szintjén csak erős általánosításokkal lehetett a jelenségeket leírni (például a mondat dallamgörbéjét törtvonalas közelítéssel, vonalas formák sorozatával imitáltunk). A mondat szintaktikai szerkezetének és az alapprofrekvenciagörbe kapcsolatával részletesen nem foglalkoztunk, mivel ez nem tartozik szorosan a

vizsgálódásunk tárgyához. A hangsúly megvalósításának elemzése során az alapfrekvenciaváltozást vizsgáltuk részletesen.

Az **intenzitás szerkezetet** illetően csak a beszédépítéssel kapcsolatos néhány részterületre terjedt ki vizsgálatunk, melynek eredményeit a konkrét példánál, illetve az alkalmazásoknál tárgyaljuk.

7.1 A végleges hangidőtartamok és a specifikus időtartamok közötti összefüggések.

A specifikus időtartamok meghatározását elvégeztük, a számadatok rendelkezésre állnak. Erre az alpra építkezve határoztuk meg a szupraszegmentális szintű időtartam-módosító szabályokat. **Célunk olyan szabályok megalkotása volt, amelyek alkalmasak arra, hogy a specifikus időtartamokból kiindulva kiszámítsuk a végleges hangsor hangjainak egyedi időtartamait.** A kérdéskört két oldalról közelítettük meg. Egyrészt hagyományos módszerrel végeztünk időtartam méréseket és ezek eredményeit próbáltuk hozzárendelni különböző nyelvi tényekhez, tehát szabályokat képeztünk. Másrészt az analízis-szintézissel eljárással teszteltük ezeket a kapott eredményeket, és a szabályokat – szükség esetén – módosítottuk. Így jutottunk el a végleges szabályok megfogalmazásáig.

A korábbi kutatásokban már tettek általános megállapításokat a hangidőtartamokat módosító tényezőkre. A legfontosabbak ezek közül: a szó hossza, a szó helyzete a hangsorban és a hangsúly. A szó hossza tekintetében az a tendencia, hogy minél hosszabb a szó, annál rövidebbek benne a beszédhangok (Gombocz 1909; Tarnóczy 1974). Kevesebb szótagszám nagyobb időtartam átlagot eredményez (Kassai 1979). Ezt a kiegyenlítődés törvényével magyarázták, amely szerint a produkció során az a törekvés, hogy a rövidebb és hosszabb hangsorokat nagyjából azonos idő alatt ejtsük ki. Fónagy (1959) kimutatta, hogy a Gombocz által megállapított időtartam csökkenés versmondás esetén 6 hangnál hosszabb szavakban már nem folytatódik. Ezt igazolták későbbi általánosított kísérletei is (Fónagy-Magdics 1960), amelyekben nem versmondást, hanem normál beszédet vizsgáltak. A beszédhang hangsorbeli helye szempontjából Magdics (1966) a következőket állapította meg: a mondat elején rövidebbek a magánhangzók, mint mondat közepén, illetőleg a végén, az utóbbi helyzetben a leghosszabbak. Ugyanezt a tendenciát adta meg a mássalhangzókra is. Magdics tehát úgy találta, hogy a mondat kiejtése során a beszédtempó fokozatosan lassul. Kassai (1979a) a következő eredményre jutott: a

hangok a hangsor belsejében a legrövidebbek, hosszabbak hangsor elején és leghosszabbak a hangsor végén, tehát a tendencia: csökkenő a mondat belseje felé, majd növekvő a mondat vége felé. A hangsúly befolyását Kassai a következőképpen összegezte: a rövid magánhangzók megnyúlnak hangsúlyos helyzetben, a hosszúak változatlanok maradnak. Magdics is ilyen tendenciát állapított meg, az arány nála 1:0,8. Fónagy (1958, 16) ugyanakkor azt írta: „Semmiel sem nehezebb azonban olyan eseteket vagy esetek egész csoportját idézni, amikor a hangsúly nem esik egybe a nagyobb hangossággal, a magasabb hangfekvéssel, a nagyobb időtartammal.” A hangsúly hangidőtartamra vonatkoztatott hatása tehát nem tisztázott egyértelműen. A disszertációban leírt vizsgálatoknál a fent összefoglalt megállapításokat tekintettük kiindulásnak.

A következőkben olyan kísérleteket mutatunk be, amelyeket a hangidőtartamok kérdésének pontosabb feltárása érdekében végeztünk (a beszédépítési céljaink elérésére).

7.1.1 Hang- és szóidőtartam mérések mondatokban

A kísérlet során – 1993-ban – megpróbáltunk néhány pontosabb, általános szabályt találni a hang- és hangcsoport-időtartamok leírására (Olaszy 1994). A vizsgálatoknál fontos kritérium volt, hogy olyan szabályokat alkossunk meg, amelyek algoritmizálhatók, és felhasználhatók a beszédépítésben. A vizsgálatokban felhasználtuk egy korábbi kutatás eredményeit is, amelyben a hangidőtartamok számítógépes elemzésével próbáltunk adatokat gyűjteni a beszéd időszerkezetének modellezéséhez (Olaszy 1993).

Módszer

A vizsgálathoz 50 kijelentő mondat képezte a kísérletek alapanyagát. A mondatok 4-8 szót tartalmaztak. A mondatokban mért átlagos artikulációs sebesség 14,5 hang/s, a bemondó férfi átlagos hangmagassága 117 Hz volt. A kísérleti munka három fázisból állt:

- a folyamatos beszédjel időszerkezeti analízise meghatározott szempontok alapján,
- a mérési adatok kiértékelése és időtartam-módosító szabályok kialakítása,
- a kapott adatok összehasonlítása korábbi eredményekkel.

Eszközök

A kísérleti munka első két fázisában a 90-es évek elején általunk fejlesztett PHONOVOX - beszéd paraméter editor programot használtuk, amely a természetes

ejtésű, illetve a gépi előállítású beszéd paramétereinek megjelenítését, a hangidőtartamok pontos mérését, valamint a beszédet felépítő adatok változtatását tette lehetővé interaktív formában formánszintézis felhasználásával (Olaszy 1995).

Kísérleti szempontok

A kísérletekben akkoriban (mivel még nem határoztuk meg számszerűen a specifikus időtartamokat) a hangok alapidőtartamához, mint alapértékhez viszonyítva határoztuk meg az időtartamváltozást. Az alapidőtartamot a következőképpen definiáltuk: a magánhangzók azon időtartama, amelyet hangsor- és mondatbelseji, hangsúlytalan helyzetben mérünk. Ez a meghatározás hasonló a Klatt féle „inherent duration” meghatározáshoz (Allen et al. 1984, 94), amely során ezt az értéket értelmetlen hangsorok (például CVC elemek) mondatba helyezett formájának kiejtéséből határozták meg.

A méréseket a következő szempontok szerint végeztük.

- a) A magyar rövid magánhangzók időtartamváltozásai a mondatban.
- b) A magyar hosszú magánhangzók időtartamváltozásai a mondatban különös tekintettel az [a:] és [e:] hangokra.
- c) A magánhangzó kapcsolódások időtartama összehasonlítva az azokat alkotó egyes hangok más helyeken mért időtartamával.
- d) A zárhangkapcsolódások és hangkörnyezetük időszerkezete.
- e) A hármas mássalhangzó kapcsolatok időszerkezete.
- f) A szóhosszúság és a fizikai időtartam kapcsolatának meghatározása.

A magánhangzókra vonatkozó kísérletekben – a) és b) pont – CVC szekvenciákon, három szempont szerint végeztük a méréseket. A helyzeteket és jelölésüket a 7.1 táblázat mutatja. A magánhangzó kapcsolódások időszerkezetét minden esetben a környezetükben lévő, a hangkapcsolatot felépítő, de CVC helyzetű magánhangzók időtartamviszonyaival hasonlítottuk össze. A szó kategóriába nem számítottuk bele a hangsúlytalan egyszótagú elemeket (például: névelők, kötőszók). Ezzel azt akartuk kifejezni, hogy a szabályokat az úgynevezett tartalmas szavakra próbáltuk meg kialakítani. A szó ezek után ebben a vizsgálatban tartalmas szót jelentett.

A zárhang-kapcsolódások vizsgálata során VCCV szekvenciákat vizsgáltunk, a kapcsolódást felépítő zárhangok időtartamát, és az előttük lévő magánhangzó hosszúságát. A mássalhangzókra mért értéket összehasonlítottuk a CVC helyzetű magánhangzók hanghosszúságával. A VCCCV típusú hármas mássalhangzó kapcsolódásoknál a szekvencia teljes idejét, valamint a belső időviszonyokat (figyelembe véve a hangrövidüléseket, hangkimaradásokat stb.) mértük.

7.1. táblázat: Szempontok az időtartamméréshez és azok jelölése a kísérletben

– a hang helyzete a szóban	MghSzó	
- első hang	MghSzó1	
- szóbelseji első előfordulás	MghSzób1	
- szóbelseji többi előfordulás	MghSzób	(ez az alapérték)
- szóvégi (utolsó szótagban)	MghSzóv	
– a szó helyzete a mondatban	Szm	
- első szó	Szm1	
- nem első és nem utolsó szó	Szm	
- szünet előtti szó	Szmsz	
- utolsó szó a mondatban	Szmu	
– a szó hossza	Szó	
- 1 szótagú	Szó1	
- 2-3 szótagú	Szó2	
- 4 -5-6 szótagú	Szó5	
- 6 szótagnál hosszabb	Szó6	

Eredmények

Rövid magánhangzók CVC helyzetben

A vizsgált mondatokban mért magánhangzók időtartamváltozásaira a 7.2. táblázatban megadott általános tendenciákat állapítottuk meg. A magánhangzó új hosszát (V) úgy számítottuk ki, hogy az alapidőtartamot (MghSzób) megszoroztuk egy nyújtó vagy rövidítő szorzófaktorral (például: $V=1,3MghSzób$). A nyújtó egynél nagyobb, a rövidítő egynél kisebb értékű volt.

Az eredményekből kiolvasható, hogy alapvetően 7-féle magánhangzó hosszúsággal fejeztük ki a hangrövidüléseket és hangnyúlásokat. A magánhangzók a mondat, illetve a szavak elején, továbbá a vessző előtti helyzetben hosszabbak, mint az alapérték, a leghosszabbak a mondat végén. A mondat eleji helyzetre három alkategóriát határoztunk meg:

- a magánhangzó a leghosszabb (1,35-ös szorzófaktorot kap), ha a mondat kezdő hangja (kivéve, ha hangsúlytalan elem, például névelő) és rövid, maximum 2 szótagú szóban szerepel. Ebbe a kategóriába tartozik az a helyzet is, amikor két egyszótagú szó van a mondat elején (pl. *El kell*).
- A magánhangzó rövidebb (1,3-as szorzófaktorot kap), ha ugyanilyen helyzetű, de hosszabb szó első hangja (pl. *Elindultak*).

7.2. táblázat: Szabályok a rövid magánhangzók nyúlására és rövidülésére CVC helyzetben

A mgh. helyzete	A mgh. új hossza	A szó helyzete	A szó hossza
MghSzól	V=1,35 MghSzób	Szm1,	Szo1,2
	V= 1,3 MghSzób	Szm1,	Szo5,6
	V= 1,2 MghSzób	Szm	Szo1,2,5,6 (ha hangsúlyos)
MghSzób1	V=1,2 MghSzób	Szm1,	Szo1,2
	V= 1,2 MghSzób	Szm1,	Szo5,6
	V=1,1 MghSzób	Szm	Szo1,2,5,6 (ha hangsúlyos)
MghSzób	V= MghSzób	Szm	Szo1,2
	V =0,9MghSzób	Szm	Szo5,6
	V=1,2MghSzób	Szmu	Szo5,6
MghSzóv	V=MghSzób	Szm	Szo2,5,6
	V=1,2MghSzób	Szmsz	Szo2,5,6
	V=1,2MghSzób	Szmu	Szo5,6
	V=1,3MghSzób	Szmu	Szo2
	V=1,4MghSzób	Szmu	Szo1

- Ha nem első hang a szóban, de a szó a mondat első szava, akkor 1,2-es szorzófaktorot kap, (pl. *A feltételezés.....*),
- A mondat belsejében lévő magánhangzó hangsúlyos esetben 1,1-el szorzódik
- A mondat utolsó szavában lévő magánhangzó erősebben nyúlik, ha egy, illetve két szótagú a szó, gyengébben, ha több szótagú. A magánhangzó alapidőtartama csak a szavak belsejében realizálódik.

A táblázatban nem definiált helyzetű rövid magánhangzók mindig az alapidőtartamukkal értendők.

Az [a:] és [e:] hangok időtartam-változásai kijelentő mondatban.

Ebben a kísérletben a Gombocz által már régen kimutatott hangrövidülési jelenség további vizsgálatát hajtottuk végre mondat szintű beszédegységen. A korábbi hangidőtartam mérésekből látható volt, hogy az [a:] és [e:] hangok időtartamai meglehetősen nagy szórást mutatnak. Ezért most a rövid magánhangzókhoz hasonlóan a 7.3. táblázatban osztályoztuk az [a:] és [e:] időtartam-módosulásait.

7.3. táblázat: Szabályok az [a:] és [e:] nyúlására és rövidülésére CVC helyzetben

Az [a:] és [e:] helyzete	A hang új hossza	A szó helyzete	A szó hossza
MghSzó1	V= 1,45 MghSzób	Szm1,	Szo1
	V= 1,35 MghSzób	Szm1,	Szo2
	V= 1,25 MghSzób	Szm1,	Szo5,6
	V= 1,2 MghSzób	Szm	Szo1,2,5,6 (ha hangsúlyos)
MghSzób1	V= 1,3 MghSzób	Szm1,	Szo1,2
	V= 1,2 MghSzób	Szm1,	Szo5,6
	V= 1,1 MghSzób	Szm	Szo1,2,5,6 (ha hangsúlyos)
MghSzób	V= MghSzób	Szm	Szo2
	V=0,8 MghSzób	Szm	Szo5,6
	V=MghSzób	Szmu	Szo2,5,6
MghSzóv	V=1,25 MghSzób	Szm	Szo2
	V=MghSzób	Szm	Szo5,6
	V=1,35MghSzób	Szmsz, Szmu	Szo2,5,6
	V=1,4MghSzób	Szm1,Szm	Szo1

A magánhangzó-kapcsolódások időtartama összehasonlítva az azokat alkotó egyes hangok más helyeken mért időtartamával

A két, illetve három magánhangzóból álló hangkapcsolódás a magyar beszéd gyakori eleme, ezért fontos ennek a vizsgálata. Ebben a vizsgálatban VV és VVV típusú hangrealizáció időtartamviszonyait vizsgáltuk. Az egyik realizáció ezek közül az, amikor a magánhangzó-kapcsolódás a szó belső eleme (pl. *kiolvasható, ráemelte*), a másik az, amikor a kapcsolódás szóhatáron történik (pl. *ki olvastaa szó eleme..., a magánhangzó időtartama ebben...*). A második eset a folyamatos beszéd következménye, hiszen a kiejtés során a szavak sorozatát egyetlen hangfolyamként ejtjük ki, így a beszédben több magánhangzó-kapcsolódás jön létre, mint amennyi az írott szövegben szerepel.

A magánhangzó kapcsolódások időszerkezete

A mérési eredmények szerint a magánhangzó találkozási alkotó hangok hosszabbak, mint az ugyanazon hangok egyéb helyzetekben. Ez érvényes mind a hosszú, mind pedig a rövid magánhangzókra mint kapcsolódási elemekre. Az átmeneti szakasz a két magánhangzó között elérheti a 80-100 ms-ot is, ami

önmagában megfelelhetne egy hangnak. Az alábbi szempontok szerint vizsgáltuk a kapcsolódásokat:

- mindkét elem rövid hang: Vr-Vr (pl. *kiemel*)
- egyik elem rövid, a másik hosszú hang: Vr-Vh (pl. *kiértékelés*)
- mindkét elem hosszú hang: Vh-Vh (pl. *ráérték*)

A mérési eredményeket a 7.2. és 7.3. táblázatokban megadott hangidőtartam alapértékhez viszonyítva adtuk meg a 7.4. és 7.5. táblázatokban.

7.4. táblázat: A VrVr és VrVh kapcsolódások elemeinek hossza

Vr-Vr és Vr-Vh elem	A V új hossza a kapcsolatban	A szó helyzete	A szó hossza
MghSzól	V=1,35MghSzób	Szm	Szo2,5,6
MghSzób	V=1,2MghSzób	Szm	Szo2,5,6
MghSzóv	V=1,35MghSzób	Szmsz,Szmu	Szo2,5,6

7.5. táblázat: A VhVh kapcsolódások elemeinek hossza

VhVh elem	A Vh új hossza a kapcsolatban	A szó helyzete	A szó hossza
MghSzól	V=1,45MghSzób	Szm	Szo2,5,6
MghSzób	V=1,3MghSzób	Szm	Szo2,5,6
MghSzóv	V=1,45MghSzób	Szmsz,Szmu	Szo2,5,6

A kapott adatokból az olvasható ki, hogy a magánhangzó kapcsolódásokban a kapcsolódást felépítő elemek megnyúlnak. Ez a nyúlás fokozottan érvényesül a VhVh típusú kapcsolódásoknál. Szintetizálási kontrollkísérletek bebizonyították, hogy az elemek ilyen meghosszabbodása biztosítja a magánhangzó kapcsolódás megfelelő hangzását. Lássunk néhány időtartam adatot a mérési eredményekből:

szó	hangkapcsolat	időtartam
<i>kiolvasta</i>	<i>io</i>	130 ms
<i>kiért</i>	<i>ié</i>	220 ms
<i>ráérek</i>	<i>áé</i>	340 ms

A zárhangkapcsolódások és hangkörnyezetük időszerkezete

Már korábbi mérések is kimutatták, hogy a hosszú mássalhangzók visszahatnak az előttük lévő magánhangzók időtartamára és rövidítik azokat (Kassai 1976). A jelenlegi kísérletsorozatban a VCC típusú zárhang-zárhang, valamint zárhang-zárréshang kapcsolódások időszerkezetét vizsgáltuk (pl. *aktivizál, átkapcsolta, kapcsolatot kell, átcsoportosít*), továbbá megnéztük, hogy rövidítőleg hatnak-e ezek a C1C2 kapcsolódások a V-re. A mérési eredmények a következők: a C1C2 kapcsolatok előtti V csak akkor rövidül, ha az hosszú magánhangzó. A rövidülés mértéke kb. 10%-os (pl. *a felét kapta az átcsoportosításból*). A C1C2 kapcsolat együttes időtartama kb. 25%-kal rövidebb, mint a kapcsolatot felépítő egyes elemek más helyzetekben mért időtartama.

A hármas, négyes mássalhangzó kapcsolatok időszerkezete

A hármas és négyes mássalhangzó kapcsolódások speciális elemei a hangfolyamnak. Ezek artikulációs realizálása többnyire valamilyen egyszerűsítéssel, redukcióval jár, így a hangsornak ez a része rövidül (például: *megpróbálta, áttranszponál, rendszer, antropológus, átspriccel, transkribál*). A CCC és CCCC kapcsolódásokra a következő mérési eredményeket kaptuk. A kapcsolódásokat felépítő egyes elemek jelentősen lerövidülve vesznek részt a kapcsolódás felépítésében. Nem ritka, hogy a rövidülés meghaladja az 50%-ot elemenként. Példaként megadjuk a korábbi példaszavakra az egyes mássalhangzó kapcsolódások mért időtartam értékét.

szó	hangkapcsolat	időtartam
<i>megpróbálta</i>	<i>gpr</i>	155 ms
<i>áttranszponál</i>	<i>ttr</i>	125 ms
<i>rendszer</i>	<i>ndsz</i>	135 ms
<i>antropológus</i>	<i>ntr</i>	150 ms
<i>átspriccel</i>	<i>tspr</i>	240 ms
<i>transkribál</i>	<i>nskr</i>	230 ms

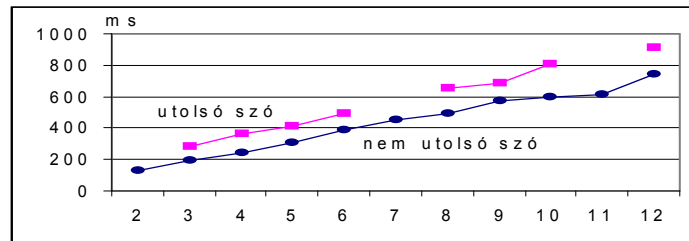
A szóhosszúság és a fizikai időtartam kapcsolatának meghatározása

A vizsgálat célja az volt, hogy megállapítsuk az összefüggést a szavakban szereplő hangok száma és a szó fizikai hosszúsága között. A mérésben a leghosszabb szó 12 hangot tartalmazott. A szavakat két kategóriába soroltuk: utolsó szó és nem utolsó szó. Nem tettünk különbséget a szóban szereplő hosszú, illetve rövid hangok száma között. Ezért a mérés eredménye egy általános átlagot tükröz. A kapott tendencia az,

hogy a szavak hossza és a fizikai hosszúságuk között közel lineáris kapcsolat van (7.6. táblázat és 7.1. ábra). A 7.1. ábrán a vízszintes tengelyen a szavak hosszúságát jelöltük a bennük lévő hangok száma szerint, a függőleges tengelyen pedig a szó hosszát ms-ban.

7.6. táblázat: A szó hosszúsága és fizikai időtartama ms-ban

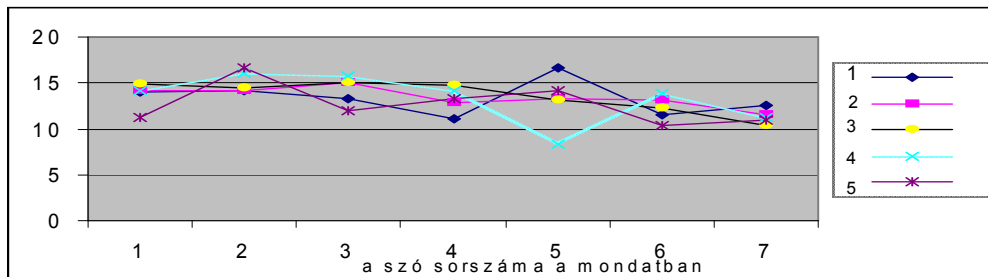
A hangok száma	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A szó helyzete											
nem utolsó	130	196	239	310	385	454	490	572	593	612	741
utolsó	–	281	360	409	492	–	656	682	809	–	915



7.1. ábra

A szó hosszúsága és fizikai időtartama közötti összefüggés

A szavak kiejtési tempóját is vizsgáltuk öt egyforma szószámú és hosszúságú mondatban. A szavak száma 7 volt, a szótagok száma 21-23, a hangok száma 46-50. Minden szóra megmértük az artikulációs sebességet és azt grafikonban ábrázoltuk (7.2. ábra). A függőleges tengelyen a tempó gyorsulását, illetve lassulását ábrázoltuk. A magasabb érték gyorsabb, az alacsonyabb lassabb tempót jelent. Minden szóra a saját artikulációs sebesség-értékét adtuk meg. A vízszintes tengelyen a mondatot ábrázoltuk.



7.2. ábra

A mondaton belüli tempó változása öt egyforma hosszúságú kijelentő mondatban

A grafikonokból az az általános tendencia olvasható le, hogy a mondatokban a kezdeti részen a legnagyobb a tempó és a mondat végén a legkisebb. A lassulás mintegy 20%-os. A kiugró értékeket külön megvizsgáltuk és minden esetben magyarázatot találtunk rájuk. Például az 1. mondat negyedik szavában a lassulás azzal magyarázható, hogy a szó nagyobb nyomattal volt ejtve, mint a többi. Ez azt mutatja, hogy a közlés tartalmi bontása, a fontos információt hordozó részek helye és száma tehát lényegesen megváltoztathatják ezt az általános lassulási tendenciát (Eefting–Nooteboom 1993). Hasonló volt a helyzet a 4. mondat ötödik szavával is. A megállapított lassulási tendencia tehát csak általánosságban jellemző.

Összefoglalás

A fenti, 1993-as vizsgálatok eredményeiből három szabályt fogalmaztunk meg:

- A hangsor hangjainak időtartama a hangok hangsorbeli elhelyezkedése és hangsúlyos, illetve hangsúlytalan helyzete alapján tendenciájában megállapítható. Az eredmények alapján megadtuk, hogy a specifikus időtartamukhoz képest milyen irányú és mértékű változtatást célszerű végrehajtani, hogy közelítsük a természetes beszéd időszerkezetét.
- Meghatározott artikulációs sebességhez kiszámítható, hogy a különböző hosszúságú szavak alapbeállításban milyen hossz kategóriába kell, hogy essenek. Ezzel irányítani tudjuk a mondat szavainak tempóbeállítását például beszédépítésnél.
- A mondat szavaira ezen felül meg tudjuk adni, hogy milyen tempókülönbségeket kell létrehozni, hogy a tempó eloszlása közelítsen a természetes ejtésű mondatok ritmikai szerkezetéhez.

A kapott eredményeket összevetettük a korábbi kutatási eredményekkel és a következőket állapítottuk meg. A hangok időtartamváltozásainak főbb tendenciái megegyeznek a korábban mért adatokkal. A továbblépést ebben a vizsgálatban az jelentette, hogy a magánhangzók időtartam-módosulásait részletes szabályokba foglaltuk, ezzel számszerűen is meg tudjuk adni a hangnyúlások, illetve hangrövidülések értékét és azok helyét. A mássalhangzók tekintetében a CC és CCC kapcsolatokra kimutatott rövidülési tendencia szintén egyezik a korábban megállapított redukciós szabállyal azzal bővítve azt, hogy százalékosan is kifejeztük a rövidülések mértékét.

7.1.2 A hang- és szóidőtartam mérések eredményeinek ellenőrzése

A 7.1.1 fejezetben ismertetett vizsgálatok eredményeit igazán hatásosan csak 1999-ben tudtuk szintézissel ellenőrizni. Ennek oka az volt, hogy csak ekkorra készítettük el azt a beszéd szintetizáló környezetet, amelyik már emberi hangon szólalt meg, így a meghallgatásos teszteknel a szintetizátor esetleges gyenge hangminősége nem befolyásolta negatív irányba a tesztben részt vevő személyek véleményalkotását. (Korábban csak formánsszintetizátorral előállított beszédet tudtunk ilyen célra használni, és ennek túl robotos hangja volt, ami negatívan befolyásol(hat)ta a teszteredményeket.).

Módszer

Az ellenőrzés során az analízis-szintézissel eljárást alkalmaztuk (6.1. ábra) a PDS szoftver felhasználásával. A 7.3. és 7.4. táblázatban megfogalmazott hangidőtartam-módosító szabályokat, valamint a mássalhangzókra vonatkozó megállapításokat beépítettük a szintetizáló szoftverbe és szövegeket olvastattunk fel a számítógéppel. A szövegkorpusz első része 45 kijelentő mondatból állt (mondatonként 5-10 szó), második része egy A4-es oldalnyi szabadon választott szöveget tartalmazott. A kijelentő mondatokat természetes ejtésben is felvettük (a szerző felolvasásában), hogy a kísérlet végén ezekkel tudjuk összehasonlítani a szabályokkal létrehozott hangidőtartamokat a szintetizált mondatokban.

A korábbi, 7.1.1 fejezetben meghatározott időtartam-módosító szabályok által előállított hangidőtartamok korrektségét hasonló módon teszteltük, mint ahogy azt a specifikus időtartamoknál tettük. A „túl hosszú”, illetve „túl rövid” ítéleteket akkor fogadtuk el, ha azokat legalább hárman ugyanazon hangsorrészre egyformán bejelölték. A tesztelésből kapott jóváhagyó, illetve nem helyeslő válaszok alapján módosítottuk, bővítettük a szabályokat, egészen addig, amíg a tesztmondatok zömében nem kaptunk olyan eredményt, hogy egyetlen elfogadható jelölés (minimum 3 egyforma) sem volt a szövegekben. Ezután a szövegekben már csak olyan jelölések voltak, amelyeket maximum két fő jelölt be a ugyanarra a pontra, vagy pedig csak egy. Ezekben az esetekben a fonetikus döntötte el, hogy kell-e módosítani a hangidőtartamon avagy sem. Hasonló módszerű percepció tesztről számolt be Terken (1993, 243), amikor is a percepció tesztet intonációs szakértők végezték, nem pedig naív kísérleti személyek. A percepció tesztek befejezése és a

korrekciók elvégzése után szabályokat fogalmaztunk meg, majd a szabályok alkalmazásával szintetizáltunk 15 kijelentő modatot. A kísérletnek ezen a pontján már számszerűsítve is összevetettük a szintetizált mondatok és a természetes ejtésű ugyanolyan mondatok időszerkezetét. Ennek során vizsgáltuk mind a tendenciákat, mind pedig az egyedi időtartmokat. Az eltérésekből következtettünk a szabályok működésének helyességére, illetve gyenge pontjaira. A munka önmagába visszatérő, több lépcsős elemzési, értékelési és javítási folyamat volt.

A percepciós tesztekben 3 fő (2 férfi, (35 és 41 évesek) és 1 nő (életkora 60 év) vett részt. A teszt során a kísérleti személyek olyan szintetizált beszédet hallgattak, amelyik egyszerű, kijelentő mondatra jellemző, eső alapfrekvenciaszerkezettel is el volt látva. Azért választottuk ezt a formát, mert végcélunk a beszéd teljes szupraszegmentális szerkezetének a modellezése volt, és azt kívántuk megtudni, hogy a szupraszegmentális szintű hangidőtartam-változtató szabályok ebbe a környezetbe hogyan illenek bele. A kísérleti személyek tehát olyan mondatokat hallgattak, amelyek – elméletileg – már közelítettek a normál beszéd szerkezetéhez. A meghallgatásokat és a szövegben való jelöléseket a kísérleti személyek egyenként végezték. A kísérletsorozatban minden személy négyszer hallgatta meg a 45 mondatot és egyszer az A4-es oldalnyi folyamatos szöveget. Kérésre az adott mondatot többször is meghallgathatták.

A szükséges időtartam módosításokat az erre speciálisan kifejlesztett szoftverrel végeztük (részletes leírását lásd a 8. fejezetben).

Eredmények

Mivel a korábbi, 1993-as, csupán analízisből álló vizsgálat óta 1999-ben meghatározásra kerültek minden hármas hangkapcsolat középső hangjára a beszédhangok specifikus időtartamai ms-ban is (Olaszy 2000), a 7.1.1. fejezetben ismertetett szabályokat a frissen meghatározott specifikus időtartamokra vetítettük. Így konkrét alapra helyeztük a végleges, szupraszegmentális szintű hangidőtartamok kiszámítását. Általánosságban kimondhatjuk, hogy a 7.1.1 fejezetben leírt, élő beszéd vizsgálatából kialakított korábbi szabályok (Olaszy 1994) jónak mondhatók, de a szintézises teszt során megállapítottuk, hogy túl általánosak, így kiegészítésre, további bontásra, finomításra szorultak. A percepciós kísérletek során megmutatkozott, hogy például ugyanazon szabály hatására a szintetizált hangsor bizonyos pontjain (hangkapcsolatokban, szavakban) elfogadható hangidőtartamok

keletkeztek, bizonyos hangkapcsolatokban pedig nem. A legfontosabb megállapításunk az volt, hogy az első szótagi rövid magánhangzók nyúlására nem lehet kimondani olyan általános szabályt, amilyent a korábbi vizsgálatban (7.2. táblázat) megfogalmaztunk. A teszteredmények szerint magánhangzók csak egy része nyúlik ebben a helyzetben a nagyobb rész nem, sőt rövidül a specifikus időtartamhoz képest. Ezt a tendenciát erősítik meg Kovács (2000) legújabb mérései is. Úgy találtuk továbbá, hogy ezekben a szótagokban az esetleges hangidőtartam módosítást a hangkörnyezet függvényében differenciálni kell. Itt kaptunk választ arra a korábbi eltérésre is (lásd a 6. fejezet végén), amely szerint a mi specifikus időtartamainkból nem mutatható ki, hogy a magánhangzók az [l], illetve [r] környezetében megnyúlnak, ott a leghosszabbak. A mostani vizsgálataink és szintetizálási tesztejünk alapján kimondható, hogy az [l], illetve [r] hangok csak az [ε], [ø], valamint az [a:], [e:] hangokat nyújtják és ezek a nyúlások valamilyen kapcsolatban állnak a szupraszegmentális szerkezettel. A korábbi szabályok módosításával és véglegesítésével kapcsolatban a jelen kísérlet eredményei alapján a következő a további fontos megállapításokat tesszük:

- A hangidőtartamok végleges – szupraszegmentális szintű – beállítására szabályokat lehet meghatározni, és azokkal a szó szintjén egyedi, **a szóra jellemző időtartamszerkezeti képet** lehet megadni a szó minden hangjára **Ez a kép nem változik, az adott szó hangsorszerkezetére jellemző.** Ezt a képet a szó hossza, a szóban lévő hangok és azok környezete határozza meg.
- Az adatainkból kialakított rövidítési szabályokat csak 6 szótagos szóig kell megfogalmazni. Ez egyezik Fónagy (1959) korábbi megállapításával.
- A szabályok megfogalmazása során külön kell kezelni a szó első, és utolsó szótagját, valamint a szóbelseji hangokat.
- A rövid magánhangzók mindegyike külön csoportot képvisel a szabálymeghatározásban.
- A hosszú magánhangzókat a hangidőtartam szabályok szempontjából három csoportba kell sorolni: az [a:], az [e:] és a rövid magánhangzók hosszú párjai.
- A hangkörnyezet szempontjából is három csoportot kellett megkülönböztetnünk. Másképp befolyásolják a magánhangzók időtartam-módosulását az őket megelőző [ɲ,ʒ, c] hangok és másképp a magánhangzót követő likvidák. Külön szabályokat kellett meghatározni továbbá az összes többi mássalhangzó hatásának leírására.

A fenti megállapítások figyelembevételével **határozható meg minden szóra a szót felépítő hangok egyedi időtartama**. A részletes és végleges szabályokat a következő fejezetekben adjuk meg.

Szabálymódosítások, pontosítások, kiegészítések

A 7.1.1 fejezet táblázataiban megfogalmazott szabályok közül néhányat további alkategóriákra kellett bontani, sokat részletesebbé kellett tenni. A percepciós tesztek eredményei kimutatták, hogy a szó elején lévő rövid magánhangzó időtartama függ a hangkörnyezettől. A hosszú magánhangzók tekintetében pedig a szóhosszúság, a szóban előforduló hosszú magánhangzók száma és helyzete határozza meg a meglehetősen széles skálán mozgó végleges időtartamokat. Mindezekre a részletes szabályokat kidolgoztuk és azok hitelességét szintézissel ellenőriztük.

A rövid magánhangzók időtartama szó elején

A korábbi 7.2. táblázat MghSzó1 és MghSzó1b szabálycsoportját módosítottuk és kibővítettük. Az eredményeket szóeleji helyzetre a 7.7. táblázatban 18 szabályban, foglaltuk össze. A szabályok a szó első rövid magánhangzójára vonatkoznak, olyan kijelentő mondatban, amelyik legalább két szóból áll. A táblázatban külön szabályok adják meg a rövid magánhangzó időtartamát az [l, r] hangok előtt. A percepciós teszt eredményei kimutatták, hogy VC helyzetben az [l, r] mássalhangzók időtartammódosító hatása magánhangzó-specifikus. Külön szabályokat foglalmaztunk meg arra az esetre is, amikor a mondat magával a szóval kezdődik (ha ez hangsúlyos) és arra az esetre, amikor e szó előtt esetleg egy hangsúlytalan elem (például névelő) áll. A táblázatban szereplő szorzófaktorokat csak hangsúlyos magánhangzókra kell alkalmazni. **A szorzófaktorot úgy kell értelmezni, hogy az adott magánhangzó specifikus időtartamát meg kell szorozni a szorzófaktorral.** Az így kapott új érték lesz a magánhangzó végleges időtartama ms-ban, amely már tartalmazza a hangsorszervezésből adódó módosító hatásokat, továbbá szuprasegmentális hatásokat (esetleges első szótagi nyomaték). Nézzük meg részletesebben, hogy a kapott adatok milyen tendenciákra világítanak rá.

- a) A szóeleji hangsúlyos rövid magánhangzók a specifikus értékükhöz képest bizonyos helyzetekben rövidülnek, másokban pedig nyúlnak.

- b) Az [l, r] nyújtó hatása relatív formában megmutatkozik, hiszen az [y] kivételével minden magánhangzónál (a 11. szabály utáni rész vonatkozik erre) az időtartamok hosszabbak, mint más helyzetekben. A legnagyobb a nyúlás az [ε]-ben.
- c) A #CVC1 típusú kapcsolatokban a magánhangzó a legrövidebb és értéke független a magánhangzó típusától.

7.7. táblázat: A rövid magánhangzók időtartam-módosulása a szó első szótagjában

		s	z	o	r	z	ó	f	a	k	t	o	r
	mgh a hangkapcsolat	[i]	[u]	[y]	[o]	[ɔ]	[ε]	[ø]					
1	# C V C1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8					
2	# C V C1 C	1	1	1	1	1	0,8	1					
3	# C V C2	1	0,8	0,8	0,9	1	0,8	1					
4	#□ C V C1	0,8	0,8	0,8	1	0,9	0,9	0,8					
5	#□ C V C1 C	1	1	0,8	1	1	0,9	1					
6	#□ C V C2	0,8	0,8	0,8	1	1	0,9	1					
7	# V C	0,8	0,8	0,8	1	0,9	1	1					
8	# V C1 C	0,8	1	1	1	1	1	1					
9	#□ V C	1	1	0,8	1	0,9	1	1					
10	#□ V C1 C	1	1	1	1	1	1	1,1					
11	# V C2 C	1	1	0,8	1	1	1,3	1					
12	# C V C2 C	1	1	1	1	1,1	1,3	1,1					
13	#□ V C2 C	1	1	1	1	1	1,3	1					
14	#□ C V C2 C	1	1	1,1	1	1	1,3	1					
15	# V C3	1	1	0,8	1	1	1,4	1,2					
16	#□ V C3	1	1	0,8	1	1	1,4	1,2					
17	# C V C3	1	1	0,8	1	1	1,4	1,2					
18	#□ C V C3	1	1	0,8	1	1	1,4	1,2					

V = az adott magánhangzó

C = bármely mássalhangzó

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem [r, l]

C2 = [r, l]

C3 = [l:]

□ = hangsúlytalan elem (főleg névelő) a szó előtt

= szókezdő helyzet

szám = szorzófaktor (például 0,8)

- d) Hosszabbodás van a specifikus időtartamhoz képest azokban az esetekben amikor a magánhangzót két mássalhangzó követi. A mássalhangzó környezetnek a legnagyobb hatása az [ε] hangra van, időtartamát a 0,8-as és az 1,3-as szorzófaktor közötti értékek határozzák meg. Nem változik szinte semmit az [o] időtartama, az [y] pedig konzekvensen rövidül.

A rövid magánhangzók időtartama szó belsejében

A 7.2. táblázat mghszób jelű szabályaira vonatkozóan a következőket állapítottuk meg. A szó belsejében lévő magánhangzókra megadott 0,9 szorzófaktorot nem szabad

alkalmazni az [i]-re, mivel az önmagában is rövid. A szabály finomítására meghatározott további kiegészítések a következők.

a) A CVCC helyzetben lévő rövid magánhangzók időtartama nem rövidül, a specifikus értéken marad. Itt külön alkategóriát kell megkülönböztetnünk, amikor a magánhangzót megelőző mássalhangzó palatális és a magánhangzót követő CC kapcsolat első eleme pedig az [l, r] hang (a 3. szabály a 7.8. táblázatban). Ebben az esetben az [l, r] nyújtó hatása szóbeljei helyzetben is érvényesül. A nyújtó szorzófaktorok ugyanazok, mint amiket a 7.7. táblázatban megadtunk. Például a *megnyergelte* szó magánhangzóinak időtartamképe a 7.7. és 7.8. táblázat szabályai alapján a következő lesz. Itt a második [ɛ] hang 1,2-es értékét a 7.7. táblázat alapján írtuk elő.

m e(0,8) g ny e(1,2) r g e(1) l t e(1)

b) A CVV kapcsolatban a magánhangzó specifikus időtartama nem változik.

c) Amennyiben a szóban ugyanazon rövid magánhangzó többször fordul elő (például: *alagutaknak, belefeledkezett*), akkor a szó második ilyen magánhangzója 0,9-es szorzófaktorral rövidül, a továbbiak 0,8-as szorzófaktorral, ha nem CC előtt állnak, illetve nem VV kapcsolatot valósítanak meg.

d) A szó utolsó magánhangzója a specifikus értékén marad.

A szó belseji rövid magánhangzók módosító szabályait a 7.8. táblázat tartalmazza.

7.8. táblázat: A rövid magánhangzó időtartam-módosulásai szó belsejében és a szó végén

	Magánhangzó Hangkapcsolat	V1	V2	Megjegyzés
1	...CVC1...	0,9	1	
2	... CVC1C1...	1	1	
3	...C3VC2C1	külön szab.	külön szab.	szövegesen magyarázva
4	...CVV...	1	1	
5	egyforma V2...V3...V4...	0,8...0,8...0,8	..0,8...0,8...0,8..	ha előttük hosszú mgh. van
6	egyforma V2...V3...V4...	0,9...0,8...0,8	..0,9...0,9...0,9..	ha nem CC, vagy V követi és nincs előtte hosszú mgh.
7	...Vutolsó	1	1	

V1= bármely rövid magánhangzó

V2= [i]

szám = szorzófaktor (például 0,8)

C = bármely mássalhangzó

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem C2 és nem C3

C2 = [r, l]

C3 = [p, ʃ, c]

A hosszú magánhangzók időtartama

A hosszú magánhangzók fontos szerepet töltenek be a magyar beszéd időtartam szerkezetének kialakításában. A rájuk megállapított bonyolult időtartam-eloszlási térkép is ezt sugallja. A hosszú magánhangzóknál az időtartam-korrigáló szorzófaktorokat nem korlátozza a hanghosszúság (mint, ami a rövid magánhangzókra vonatkozik: lásd a 8. fejezetben), így akár 5%-nyi rövidítést is be lehet állítani. A megadott rövidítések fizikailag is nagyobbak, mint a rövid magánhangzóknál voltak. Például egy 160ms-os [a:] hangnál 10%-os rövidítés férfi hang esetén 2 periódus is lehet, női hangnál pedig ennek a duplája. A 7.1.1 fejezetben lévő 7.3. táblázat szerinti, az [a:] és [e:] hangokra meghatározott szabályokat lényegesen módosítanunk kellett. A percepciós teszt eredményei azt mutatták, hogy a hosszú magánhangzók időtartam-kialakításának szabályai sokkal bonyolultabbak, mint amelyeket korábban a 7.2. táblázatban megadtunk és másfajta szervezettséget mutatnak, mint amelyeket a rövid magánhangzóknál láttunk. Az egyedüli közös vonás a hosszú és rövid magánhangzók között, hogy a hosszú magánhangzók is (főleg az [a:] és az [e:]) jobban nyúlnak [l] és [r] hangok előtt, mint más mássalhangzók előtt. A hosszú magánhangzó időtartam módosulását a szó szótagszáma befolyásolja, amit Gombocz (1909) is megállapított. Eredményeink szerint további két szorzófaktor is figyelembe kellett venni, nevezetesen, hogy hány és milyen hosszú magánhangzó van a szóban és végül azt, hogy melyik szótagban helyezkednek el. E három szempont szerint összegeztük a végeredményeinket. Az eredmények alapján külön kategóriába kellett sorolnunk az [a:] hangot és különbe az [e:] -t, továbbá egy harmadikba a többi hosszú magánhangzót. Ezen felül külön kategóriába kellett sorolni azokat az eseteket, amikor csak egy, illetve 2 hosszú magánhangzó van a szóban és különbe, amikor ennél több. Ez utóbbit – eredményeink szerint - az előbbi két esetre kialakított szabályok alkalmazásával le lehetett vezetni.

Az [a:] hang időtartamszerkezete

A tudományos folytonosság kedvéért elvégeztük Gombocz század eleji kísérletét, amit már Tarnóczy (1974) is megismételt. Az [a:] hang időtartamcsökkenését a három kísérlet szerint a 7.8. táblázat mutatja¹. A három mérési eredmény ugyanazt a

¹ CD 6

tendenciát mutatja, sőt még a csökkenési szorzófaktorok is közel ugyanazt az értéket adják.

7.8 táblázat: Az [a:] hang időtartamának csökkenése a szótagszám függvényében

	Gombocz	Tarnóczy	Olaszy (szintetizált mintán)
tát	272 ms	210 ms	217 ms
tátog	242	180	182
tátogat	209	140	160
tátogatók	190	120	145
tátogatóknak	182	110	128

Az [a:] hang időtartamaira vonatkozó jelenlegi eredményeket a 7.9. és 7.10. és 7.11. táblázatokban foglaltuk össze. A 7.9. táblázatban azokat az időtartam-módosító szorzófaktorokat rendszereztük, amelyek az [a:] hang időtartam-módosulásait fejezik ki, **ha a szóban csak egyszer szerepel**, a többi magánhangzó pedig rövid. A főbb tendenciák a következők.

- a) Az [a:] hang időtartama az első szótagban a szóhosszúság növekedésével arányosan csökken. Négy szótagnál hosszabb szavakban már nem csökken tovább.
- b) A hang időtartama attól is függ, hogy hányadik szótagban található. Az előbbi csökkenő tendencia – a 4. szótagig - akkor is megtalálható, ha az [a:] hang nem az első szótagban van csak ekkor a rövidülés nem olyan markáns, mint az első szótag esetében.
- c) Hosszú szavakban, ha az [a:] a 4. szótag utáni részben szerepel, akkor időtartama stabilan rövidebb, mint más esetekben.
- d) Ha az [a:] az utolsó szótagban szerepel, akkor hossza fokozatosan csökken a szó hosszúságának a függvényében.
- e) Az [l, r] mássalhangzók nyújtó hatással vannak az [a:] hang időtartamára minden helyzetben. Ez a nyújtó hatás csökken, ha a szó hosszabb.

Tehát az [a:] hang időtartamának csökkenése mind az első szótagban, mind a további háromban a szó hosszúságának függvényében csökken. Fontos megállapítás, hogy az utolsó szótagban is markáns időtartamcsökkenés van jelen a szóhosszúság függvényében. Ez az artikulációs energiagazdálkodással magyarázható. Ha az [a:] a szó elején van és hosszú a szó akkor ezért rövidítjük meg a hangot, ha a szó utolsó szótagjában van, akkor pedig egyrészt azért, mert az utolsó szótagra már nincs

energia, másrésről, mert ez a szótag már nem hordoz lényeges információt, egy befejező szakaszt képvisel. Ezt két példán illusztráljuk. A *láthatatlan* szóban a magánhangzók időtartokkorrigáló szorzófaktorait zárójelben adtuk meg. Az [a:] szorzófaktorát (0,8) a 7.8. táblázat 4 szótagos oszlopából vettük. A szó időtartamképe azt mutatja, hogy az elején gyorsabb a tempó, a végén kissé lassul.

$$l \text{ } \acute{a}(0,8) \text{ } t \text{ } h \text{ } a(0,9) \text{ } t \text{ } a(1) \text{ } t \text{ } l \text{ } a(1) \text{ } n$$

A *felebarát* szóban az utolsó szótagbeli [a:] szorzófaktorát az előbbi táblázat utolsó szótag sorából vettük. A szó időtartamképe azt mutatja, hogy az elején gyors a tempó, a szó belsejében lassabb és gyorsabb a szó végén, hiszen az [a:] csak 80%-os időtartamával valósul meg.

$$f \text{ } e(0,8) \text{ } l \text{ } e(0,9) \text{ } b \text{ } a(0,9) \text{ } r \text{ } \acute{a}(0,8) \text{ } t$$

A szorzófaktorok tehát kifejezhetnek egy általános képet a szó belső időtartam szerkezetéről. Véleményünk szerint a magyar szavak mindegyikére megadható hasonló szorzófaktor sorozat, így a szavak belső időszerkezete ezzel a sorozattal jellemezhető.

7.9. táblázat: Az [a:] hang időtartam-módosulása, ha egy [a:] hang van a szóban és nincs benne több hosszú magánhangzó

A szó szótagszáma az [a:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
1. szótag	VC1	–	1	0,9	0,8	0,8	0,75
	VC2	–	1,3	1,2	1,2	1,1	1
2. szótag	VC1	–	–	0,9	0,85	0,85	0,8
	VC2	–	–	1	1	1	1
3. szótag	VC1	–	–	–	0,9	0,8	0,8
	VC2	–	–	–	1	1	1
többi szótag	VC1	–	–	–	–	0,8	0,8
	VC2	–	–	–	–	1	1
utolsó szótag a szóban	VC1	1,20	0,9	0,85	0,8	0,8	0,8
	VC2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1

V = az [a:] hang

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem [r, l]

C2 = [r, l]

szám = szorzófaktor (például 0,8)

Az [a:] hang időtartama, ha kétszer fordul elő a szóban és más hosszú magánhangzó nincs a szóban, a következő szabályok szerint alakítható ki. Az első [a:] időtartama (7.10. táblázat) hasonló képet mutat, mint a 7.8. táblázaban. Ha az [a:] ugyanilyen feltételeknél a második hosszú magánhangzó, akkor időtartama lényegesen rövidül (7.11. táblázat). Az [l, r] mássalhangzók nemcsak az első de a második [a:] hangban is érvényesítik nyújtó hatásukat. Ha a második [a:] az utolsó szótagban szerepel, akkor a rövidülése kissé erősebb, mint, amikor csak egy [a:] van a szóban. Ez valószínűleg annak tudható be, hogy az első [a:] -ra fordított artikulációs energia elfogyasztja a másodikkra fordítandó energia egy részét, így kevesebb marad a másodikkra.

Abban az esetben, ha több [a:] hang van a szóban akkor a 7.10. táblázat szabályait kell használni az első két [a:] időtartamának megállapítására, a további [a:] hangokra pedig azokat a szabályokat kell értelemszerűen alkalmazni, amelyek a második [a:] -ra voltak előírva. Vegyük például a *báránycájánál* szó magánhangzóinak időtartam képét. A 7.10. táblázatból az 5 szótagú szóra vonatkozó oszlopot kell kiválasztani. Az első [a:] -ra, mivel az [r] hang előtt van 1,1-es nyújtó szorzófaktorot kell alkalmazni. A másodikkra, mivel az a második [a:] hang és a második szótagban található a 0,8-as időtartam-csökkentő szorzófaktorot kell alkalmazni.

7.10. táblázat: Az [a:] hang időtartam-módosulása, ha több hosszú magánhangzó van a szóban és az [a:] ezek közül az első, a többi pedig bármelyik

		A szó szótagszáma az [a:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
Az első [a:] hang helye	1. szótag	VC1	–	1	1	0,9	0,8	0,8	
		VC2	–	1,1	1,1	1,1	1,1	1	
	2. szótag	VC1	–	–	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
		VC2	–	–	1	1	1	1	1
	többi szótag	VC1	–	–	–	0,8	0,8	0,8	
		VC2	–	–	–	1	1	1	

V = az [a:] hang bármelyike

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem [r, l]

C2 = [r, l]

szám = szorzófaktor (például 0,8)

7.11. táblázat: Az [a:] hang időtartam-módosulása, ha több hosszú magánhangzó van a szóban és az [a:] ezek közül nem az első

	A szó szótagszáma az [a:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
A második [a:] hang helye a szóban	2. szótag	VC1	–	–	0,8	0,8	0,8	0,8
		VC2	–	–	1	1	1	1
	többi szótag	VC1	–	–	–	0,8	0,8	0,8
		VC2	–	–	–	1	1	1
	utolsó szótag a szóban	VC1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		VC2	1	1	1	1	1	1

A harmadikra, negyedikre, mivel azok se nem az első, se nem a második szótagban szerepelnek, a 7.10. táblázat 2. hangjára vonatkozó rész „többi szótag” sorából kell a szorzófaktorot kiválasztani, ami 0,8 lesz. Az ötödik [a:] az utolsó szótagban szerepel és [l] hang előtti, tehát 1-es szorzófaktorot fog kapni. A szó hosszú magánhangzóinak időtartamképe tehát a következő lesz:

$$b \acute{a}(1,1) r \acute{a}(0,8) ny k \acute{a}(0,8) j \acute{a}(0,8) n \acute{a}(1) l$$

Az [e:] hang időtartamszerkezete

Az [e:] hangra vonatkozó hasonló mérési eredményeket a 7.12. és 7.13. és 7.14. táblázatokban foglaltuk össze. A főbb tendenciák hasonlóak, mint az [a:]-nál. Az [e:] hang időtartama is csökken a szóhosszúság növekedésével azonban nem olyan markánsan, mint az [a:]-é. Ha az [e:] az utolsó szótagban szerepel, akkor hossza szintén kissé csökken a szó hosszúságának a függvényében. Tehát az [e:] hang időtartamának csökkenése is mind az első, mind a második és mind az utolsó szótagban megvan. Hosszú szavakban az [e:] hang a 4. szótagtól számított szótagokban stabilan rövid, hasonlóan az [a:]-hoz. Az [l, r] mássalhangzók nyújtó hatással vannak az [e:] időtartamára is. Ez minden helyzetben érvényes, foka azonban enyhébb, mint az [a:] hangnál. A nyújtó hatás csökken, ha a szó hosszabb.

Abban az esetben ha a szóban csak [a:] és [e:] hangok vannak, de keveredve, például: *Bálintéknál*, akkor a szorzófaktorokat a táblázatok kombinált alkalmazásával lehet meghatározni. A példához a 7.10. és 7.12. táblázatok 4 szótagra vonatkozó oszlopát kell alkalmazni. Az első [a:], mivel első szótagi és [l] előtt áll 1,1-es szorzófaktorot fog kapni, az [e:], mivel harmadik szótagban van a 7.12. táblázat 2. hangra vonatkozó részéből a „többi szótag” sorból 0,9-es szorzófaktorot fog kapni, a

második [a:] pedig a 7.10. táblázatból az utolsó szótagra megadott cellából az 1-es szorzófaktorot kapja. A szó magánhangzóinak időtartamképe tehát a következő lesz:

$$B \acute{a}(1,1) \ l \ i(1) \ n \ t \acute{e}(0,9) \ k \ n \acute{a}(1) \ l$$

7.12. táblázat: Az [e:] hang időtartam-módosulása, ha egy [e:] hang van a szóban és nincs benne több hosszú magánhangzó

A szó szótagszáma az [e:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
1. szótag	VC1	–	1	0,95	0,9	0,85	0,85
	VC2	–	1,2	1	1	1	1
2. szótag	VC1	–	–	0,95	0,9	0,9	0,9
	VC2	–	–	1	1	1	1
3. szótag	VC1	–	–	–	0,95	0,85	0,85
	VC2	–	–	–	1	1	1
többi szótag	VC1	–	–	–	–	0,85	0,85
	VC2	–	–	–	–	1	1
utolsó szótag a szóban	VC1	1,2	0,9	0,9	0,9	0,85	0,85
	VC2	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

V = az [e:] hang

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem [r, l]

C2 = [r, l]

szám = szorzófaktor (például 0,8)

7.13. táblázat: Az [e:] hang időtartam-módosulása, ha több hosszú magánhangzó van a szóban és az [e:] ezek közül az első

	A szó szótagszáma az [e:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
Az első [e:] hang helye	1. szótag	VC1	–	1	1	0,9	0,8	0,8
		VC2	–	1,1	1,1	1,1	1,1	1
	2. szótag	VC1	–	–	0,9	0,9	0,9	0,9
		VC2	–	–	1	1	1	1
	többi szótag	VC1	–	–	–	0,9	0,9	0,9
		VC2	–	–	–	1	1	1

V = az [e:] hangok

C1 = bármely mássalhangzó, csak nem [r, l]

C2 = [r, l]

szám = szorzófaktor (például 0,8)

7.14. táblázat: Az [e:] hang időtartam-módosulása, ha több hosszú magánhangzó van a szóban és az [e:] ezek közül nem az első

	A szó szótagszáma az [e:] helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
A második [e:] hang helye a szóban	2. szótag	VC1	–	–	0,9	0,9	0,9	0,9
		VC2	–	–	1	1	1	1
[e:] hang helye a szóban	többi szótag	VC1	–	–	–	0,9	0,9	0,9
		VC2	–	–	–	1	1	1
[e:] hang helye a szóban	utolsó szótag a szóban	VC1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		VC2	1	1	1	1	1	1

A rövid magánhangzók hosszú párjainak időtartamszerkezete

A rövid magánhangzók hosszú párjainak időtartam-módosulásait külön kategóriaként kezeltük. Az eredmények a következők. Az [i:, u:, y:, o:, ø:] hangok hasonlóan viselkednek, mint az [a:] és [e:] hangok, csak a nyúlások, illetve rövidülések nem olyan markánsak. Az eredményeket a 7.15., 7.16. és 7.17. táblázatokban foglaltuk össze.

7.15. táblázat: Az [i:, u:, y:, o:, ø:] hangok időtartam-módosulása, ha egy van belőlük a szóban és a többi magánhangzó rövid

a szó szótagszáma a h. mgh. helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
1. szótag	VC	–	1	0,95	0,9	0,85	0,85
2. szótag	VC	–	–	0,95	0,9	0,9	0,9
3. szótag	VC	–	–	–	0,95	0,85	0,85
többi szótag	VC	–	–	–	–	0,85	0,85
utolsó szótag a szóban	VC	1,1	1	0,9	0,9	0,85	0,85

h. mgh. = hosszú magánhangzó

V = az [i:, u:, y:, o:, ø:] hangok valamelyike

C = bármely mássalhangzó

szám = szorzófaktor (például 0,85)

7.16. táblázat: Az első [i:, u:, y:, o:, ø:] hang időtartam-módosulása, ha a szóban több hosszú magánhangzó van

	a szó szótagszáma a h. mgh. helyzete a szóban	környezet	1	2	3	4	5	6
az első	1. szótag	VC	–	1	1	0,9	0,8	0,8
h. mgh. helye	2. szótag	VC	–	–	0,9	0,9	0,9	0,9
	többi szótag	VC	–	–	–	0,9	0,9	0,9
	utolsó szótag	VC	1,1	1	0,9	0,9	0,85	0,85

h. mgh. = hosszú magánhangzó

V = az [e:] hangok

C = bármely mássalhangzó

szám = szorzófaktor (például 0,8)

7.17. táblázat: Az [i:, u:, y:, o:, ø:] hangok időtartam-módosulása, ha több hosszú magánhangzó van a szóban és az első az [a:], vagy az [e:]

	a szó szótagszáma a h. mgh. helyzete a szóban	környezet	2	3	4	5	6
a	2. szótag	VC	–	0,9	0,9	0,9	0,9
h. mgh. helye	többi szótag	VC	–	–	0,9	0,9	0,9
	utolsó szótag	VC	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8

Például a *kihívásáról* szó időszerkezeti képe a következő lesz. Az első előforduló hosszú magánhangzó az [i:]. Ennek hosszmodosító szorzófaktorát (0,9) a 7.15. táblázat 5 szótagos oszlopából vettük. A két [a:] egyforma szorzófaktorot (0,8) fog kapni a 7.11. táblázatból. Az [o:], mint utolsó magánhangzó a szorzófaktorát (0,85) a 7.15. táblázatból kapja. Az eredmény a következő lesz:

$k \ i(1) \ h \ i(0,9) \ v \ á(0,8) \ s \ á(0,8) \ r \ ó(0,85) \ l$

A magánhangzó kapcsolódások időtartam-szerkezete

A szintézissel végzett ellenőrző mérések is igazolták, hogy a magánhangzó-kapcsolódás hangjai általánosságban hosszabbak, mint az őket alkotó hangok egyéb helyzetekben. A 7.1.1 fejezetben a VrVr kapcsolódásokra megállapított szabályokon nem kellett változtatnunk. A VrVh és VhVr típusú kapcsolódások szabályait

azonban pontosítani kellett. Itt véleményünk szerint a kiegyenlítődésre való törekvés érvényesül a képzés során. A VrVh kapcsolódásban második hosszú elem rövidül, ha az első elem időtartama hosszabb. A specifikus időtartamoknál láttuk, hogy átlagosan a legrövidebb az [i] hang. Ezért például az [i]-[a:] kapcsolatban az első a hang nem rövidül specifikus értékével vesz részt a kapcsolat kialakításában az [a:] kissé rövidül. Ha az első elem specifikusan hosszabb, például az [ɛ], akkor az első elem is rövidül kissé és a második viszont jobban, mint az [i] utáni (*beásta*). A VhVr kapcsolódásokban az első elem általában rövidül, a második nem. A Vh-ra vonatkozik továbbá az utolsó szótagi rövidülési szabály is. A VhVh kapcsolatokban a második hosszú magánhangzó rövidül. Ennek meghatározására azokat a szabályokat lehet alkalmazni, amelyeket a sok hosszú hangot tartalmazó szavakra előírtunk a korábbi táblázatokban.

A mássalhangzó kapcsolódások időtartama

A mássalhangzók tekintetében az eredmények egyszerűbb képet mutatnak, mint amilyen a magánhangzókat jellemezte. Teszteredményeink szerint a VCV kapcsolatokban a meghatározott specifikus időtartamok jellemzik a mássalhangzókat a folyamatos beszédben, azokon nem kell módosítani. A hangsorbelseji és szóhatáron létrejövő C1C2 kapcsolatokra vonatkozó rövidülési tendencia (25%-ot mértünk az analízis során) is megfelelőnek bizonyult. Szabályunkban a C1C2 kapcsolatok mindkét hangja 0,9-es szorzófaktort kap, kivéve az [r]-t, amit nem szabad rövidíteni. Az [ng], [nk] kapcsolat kivétel ez alól a szabály alól, itt nem szabad rövidíteni. A mássalhangzók hosszú változatának megvalósításához 2-es szorzófaktort írtunk elő. A C1C2C3 típusú kapcsolatokra a fokozott rövidülést igazolni tudtuk. Szabályunkban a kapcsolat mindhárom elemére 0,8-as szorzófaktort írtunk elő, kivétel az [r]. A C1C1C2 kapcsolatok (*áttranszponál*) C1C1 elemére 0,9-es szorzófaktort alkalmaztunk. A szóhatáron létrejövő C1C1C1 típusú mássalhangzó torlódásban 0,6-os szorzófaktort alkalmaztunk mindegyik C1 elemre (például: *a legjobb barátom*).

A szavak időtartamképe

A magánhangzókra és mássalhangzókra kialakított szabályainkkal, az azokban meghatározott időtartam-módosító szorzófaktorokkal **bármely magyar szó minden hangjának szó szintű végleges időtartamát ki lehet számítani** a specifikus időtartamokból. A szorzófaktorokból kapott számsorozatot a szó **időtartamképének** nevezzük. Ez a számsorozat jellemző a szóra. Hasonló feltételezéssel él Collier (1992, 207), amikor Eefting (1991) vizsgálatai kapcsán megjegyzi: „This suggests that the word is (also) a relevant unit in temporal organisation of speech”. **A magyar szavakra véges számú ilyen időtartamkép alakítható ki, mivel azt a szavakat alkotó hangok, a hangok helye és a szóhosszúság határozzák meg.** Véleményünk szerint, ha minden magyar szóra elkészítjük ezt az időtartamképet, akkor – a szavak számánál lényegesen kevesebb – ilyen számsorozattal jellemezhetjük a magyar szóállományt. Az időtartam-képek tehát rendszerezhetőek. Az alábbiakban megadjuk a következő mintamondat² hangjainak szorzófaktorait. A nem jelölt hangokban a szorzófaktor értéke: 1.

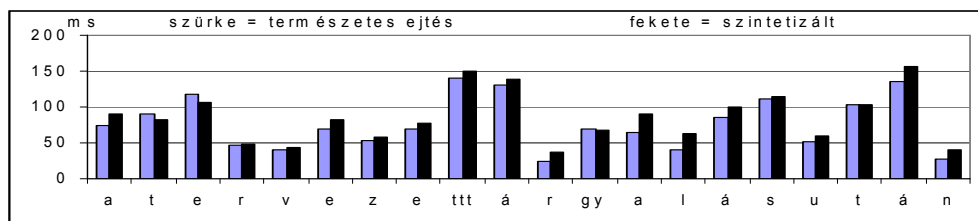
A tervezett tárgyalás után levelet írok a külföldi partnernek.

A(0,8) t e(1,2) r v(0,9) e(0,9) z e t(1,6) t(0,6) á r gy(0,9) a(0,9) l á(0,8) s
 u(0,7) t á(0,9) n l e(0,8) v e(0,9) l e t i(2) r o k a(0,8)
 k ü(1,2) l(0,9) f(0,9) ö l(0,9) d(0,9) i p a(1,2) r t(0,8) n(0,8) e(0,9) r n(0,9) e k.

A szorzófaktorok alkalmazásával 12 kijelentő mondatot szintetizáltunk és azok hangidőtartamait összehasonlítottuk ugyanazon mondatok természetes ejtésű változatának (a szerző ejtésében) időtartamaival. A szintetizált mondatokra kapott eredmények tendenciájukban megegyeztek a természetes ejtésű mondatokéival. A 7.3. ábrán bemutatjuk az előbbi mintamondat természetes ejtésű és szintetizált változatának időtartamképét. Az időtartamkép egy hullámzó kontúrgörbe formájában jelenik meg, amelyet a hangok időtartamértékei rajzolnak ki. A vízszintes tengelyen a mondat hangjai szerepelnek, a függőlegesen az egyes hangok időtartamai ms-ban. Látható, hogy a természetes ejtésre és a szintetizált változatra kapott kontúrgörbe általános vonulatában nincs lényeges eltérés. Ez azt jelenti, hogy a kidolgozott szabályok alkalmazásával meg tudtuk valósítani a természetes ejtésre jellemző időtartamképet. Más szóval ez azt is jelenti, hogy **szabály szinten jellemezni tudjuk a folyamatos beszéd dinamikus változó időszerkezetének lényegi részét.** A 7.3. ábrán bemutatott szintetizált mintamondat artikulációs

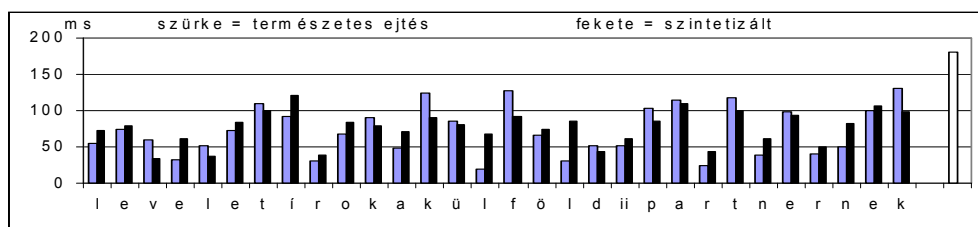
² CD 7

sebessége 1,5 hang/s-mal gyorsabb volt, mint a természetes ejtésűé. Ezért a szintetizált időtartamok kissé hosszabbak, mint a természetes mintában. Lényeges eltérés csak a *külföldi* szó [k] hangjában van. A természetes ejtésben ezt a mássalhangzót kissé hosszabban ejtette a bemondó.



7.3/1. ábra

A mintamondat első részében szereplő hangok időtartamai



7.3/2. ábra

A mintamondat második részében szereplő hangok időtartamai

A másik eltérés ugyanebben a szóban az [l] hangnál látható. Itt a szintetizált minta képviseli a precízebb ejtést, a természetesben a bemondó kissé elnagyolta az [l] hang képzését. Ugyanakkor, ha az [l] és [f] mássalhangzó-kapcsolat időtartamában azt találtuk, hogy a természetes ejtésben ez $20+130=150$ ms, a szintetizáltban pedig $68+92=160$ ms. Az időtartamkülönbségek tehát a mássalhangzó kapcsolatra vetítve ki vannak egyenlítve. A másik eltérés az utolsó szóban van. A szintetizált változatban a magánhangzók konzekvensen rövidebbek, noha hosszabbnak kellene lenniük. Ennek oka, hogy az utolsó szóra vonatkozó mondatszintű nyújtó hatást még nem tartalmazta a szintetizált mondat.

A szabályaink alapján felépített szavak tehát már tartalmazzák a **szó időtartam-képét**. Ez véleményünk szerint magasabb fokozatot képvisel a komplex időszerkezetben, mint a specifikus időtartamok, amik hangokra vonatkoztak, viszont alacsonyabbat, mint a – tulajdonképpeni legmagasabb szint –, amikor a mondat- és szövegszintű hatások, valamint az egyéni ejtésből származó akaratlagos tényezők tovább módosítják az időszerkezeti képet. Ezen a legmagasabb szinten –

véleményünk szerint – az időtartam módosító tényezők azonban már igen kis mértékben, finoman változtatják a szó előbbi szinten kialakult időtartamképét. Gyakorlatilag azt mondhatjuk, hogy **a szó szintjére elért időszerkezet már 80%-ban tartalmazza a végleges időtartamadatokat.** Ezt a 7.3. ábra is mutatja. A mintamondatba itt – véleményünk szerint – csak az utolsó szóban létrejövő hangnyúlásokat kell még beépíteni. Ezzel az utolsó szó időtartamképe még jobban fog közelíteni a természetes ejtéshez.

A mondatszintű időtartam-módosításokhoz soroljuk a következőket: a szó mondat- ban elfoglalt helye (vessző előtti, illetve utolsó szó), a frázisdallamok végén létrejövő hangnyúlások az utolsó szótagban, a beszédtempó változását modellező kismértékű szószintű rövidítések (például a 7.2. ábra szerint) és végül a hangsúlyozásból (főleg a fókuszából) adódó kis mértékű nyújtások.

A szó időtartamképe, mint külön szint bevezetésével egy köztes állapotot feltételezünk a szegmentális és a szupraszegmentális szint között. Hogyan magyarázzuk ezt? A szegmentális időszerkezethez soroltuk azt az állapotot, amikor csak az artikuláció hat a hangidőtartamok kialakulására. Ez a szint a hangsorépítés legalsó szintje, valójában a legelnagyoltabb is. Ezt imitáltuk szintézissel, amikor pusztán csak a hangkapcsolatok elemeit kapcsoltuk össze, olyan elemeket amelyek tulajdonképpen egy monoton (a szótagolt beszédhez hasonló, ámár folyamatosan hangzó) beszédet eredményeztek. Ezen a szinten a kísérleti alanyok nem voltak képesek, csak az alapvető hangidőtartamhibák feltárására. A durva eltérések elfedték a finomakat. Ezek kiküszöbölése és a specifikus időtartamok beállítása után ez a szegmentális szintű beszéd már viszonylag kiegyensúlyozottnak hallatszott. Erre a szintre építettük rá a következőt, amikor a szóépítésből adódó időszerkezet is kialakult a percepció kísérlet végére. Ezen a szinten, mivel már az alapvető dallam és kis mértékű hangsúlyosság, illetve hangsúlytalanság is jelen volt a jelben a kísérleti személyek jobban érezték a szórítmusbeli eltéréseket, így lehetett meghatározni a részletesebb, végleges szabályokat és azok rövidítő, illetve nyújtó szorzófaktorait. Véleményünk szerint a szó időszerkezete a szóhoz tartozó alapvető struktúra a beszéd bármely pontján. A magyarra vonatkozóan fontos szerkezeti elem, mert a magyarban sok hosszú szó képezhető és ezek a kiejtés során mindig megkapják saját időtartamszerkezetüket. **Ezt a struktúrát nem változtatja meg sem a dallam, sem a hangsúlyozás,** kivéve, ha az utóbbi túlzott mértékű.

7.2 Az alapfrekvencia változása

Az alapfrekvencia vizsgálata a szupraszegmentális kutatások egyik központi teülete. Munkánk fő célja az volt, hogy **fonetikai szinten modellezzük a folyamatos beszéd alapfrekvencia-görbéjének változásait, majd a kapott eredményeket kapcsolatba hozzuk fonológiai szintű szabályokkal.** Erre az összekapcsolásra főleg a beszédépítés prozódiai szabályrendszerében van szükség, de nélkülözhetelen a modern kutatómunkában is, mivel megadja a lehetőségét annak, hogy fonológiai szintű szabályok működését hangzó példákon ellenőrizzék. A beszéddallam ilyen szempontú ábrázolására és szabályok szerinti leírására több modellt is kidolgoztak az utóbbi évtizedben Adriaens (1984, 1991), Möbius (1996) németre, Bailly (1989), Pasdeloup (1992) franciára, Fujisaki (1992) japánra és más nyelvekre, Olasz (1991) magyarra és más nyelvekre, 't Hart (1998) hollandra , Hirst (1998) angolra, Garding (1998) svédre. A célkitűzést több megközelítéssel is el lehet érni. Automatikus tanuló algoritmusokkal a természetes beszédből ki lehet nyerni a jellemző alapfrekvenciaváltozásokat és azokat hozzá lehet rendelni fonológiai szabályokhoz (Traber 1992). Ez inkább statisztikai módszer. Más megoldásokban fonetikai függvénytarat hoztak létre és ebből építették fel az alapfrekvenciagörbét (Aubergé 1992). A két eljárás hatékonysága között nem mutattak ki lényeges különbséget (Martens et al. 1996). Mi az utóbbi megvalósítására törekedtünk. Vizsgálatainkban a mondatot tekintettük a fő egységnek, de a mondatok közötti dallamkapcsolódások legfontosabb szabályainak feltárását is célul tűztük ki. A vizsgált alapfrekvenciaváltozások szintjeit a következő öt kategóriába soroltuk.

a) Szöveg szint, amikor a **mondatdallamok** folytonos vonulatát vizsgáltuk legalább két mondatos egységen. A dallamkapcsolódást modelleztük és megállapítottuk az arra vonatkozó szabályokat.

b) Az egyedi mondatdallam (egyszerű vagy összetett) szintje, amikor is a mondatra jellemző teljes dallammenetet elemeztük, tipizáltuk.

c) A **frázis**, – amit az **önálló dallamívet hordozó beszédrészletnek** tekintettünk –. dallammenetét határoztuk meg és egymáshoz való kapcsolódásuk szabályait vizsgáltuk. A mondatdallam több **frázisdallamból** (dallamívből) is felépülhet. A frázisdallam önmaga is egy vagy több dallamegységből állhat. A dallamegységet a modellezés során **dallamsémának** nevezzük. A dallamséma a dallam emelkedő, ereszkedő, illetve szinttartó vonulatát lineárisan ábrázoló és leíró dallamépítő elem.

d) A szó szintje, ahol a szóra vonatkozó alapfrekvenciaszerkezetet elemeztük, azokat kategorizáltuk (például: hangsúlytalan szó, amely a dallammenetben nem okoz változást)

e) A szótag szintjéhez kötődő alapfrekvencia változások, amelyek több funkciót is betölthetnek (hangsúly megvalósítása, dallamcsúcs a kérdésekben, felszólításokban stb.). A d) és e) ponthoz **dallamelemeket** határoztunk meg. (A dallamelemek formáját, belső frekvencia- és időszerkezeti értékeit szabályokban rögzítettük.)

f) Itt soroljuk fel a mikrointonációt is, noha az nem tartozik a szupraszegmentális szintű elemek közé. (A mikrointonációs változásokat a dallam felépítésének utolsó lépése után építjük be a jelbe a szintézis során.)

Az előbbi szintfelosztás tükröződik Grønnum hierarchikus modelljében, amit dán nyelvre dolgozott ki (1992). A mi felosztásunk abban különbözik Grønnumétól, hogy az általa a legalacsonyabb szintnek kinevezett hangsúly csoport a mi rendszerünkben két részre a szó és a szótag szintjére van osztva. Grønnum modellje tartalmaz mikroprozódiái elemeket is, hasonlóan a mi mikrointonációs elemeinkhez. Ezt a modellt Möbius (1995) átültette németre is. Az angol tekintetében van Santen (1998) a következő szinteket tartotta fontosnak a modellezéshez: fő frázis (mondat), mellék frázis (intonációs frázis), köztes frázis, hangsúly frázis, szó, szótag, szegmentum (hang). Rendszerünkben az előbbi két rendszer kombinációjából alakítottuk ki a fenti öt vizsgálati és modellezési szintet. Az analízis során az öt szint struktúráit párhuzamosan vizsgáltuk. Például nem választottuk külön a mondatdallamot és a hangsúlyból eredő alapfrekvencia változást, mivel úgy tekintjük, hogy mindkettő részt vesz a végleges alapfrekvencia görbe kialakításában. A hangsúly ilyen formában való beillesztésére ad példát (Dirksen–Quené 1993 ; Quené–Kager 1993) A hangsúly fokozatát csak jelöljük az adott szón, de megvalósításánál figyelembe vesszük a mondatdallam pillanatnyi szerkezetét is. Ahhoz, hogy az egyes szintek működését megnyugtatóan meg tudjuk ismerni és modellezni tudjuk a természetes beszédjelben lévő struktúrákat absztrakcióval szét kellett választani. Az absztrakció eredményeiből képeztük modellezési szinten a szöveg, a mondat és a frázis szintjére az általános **dallamsémákat** (minden szintre), majd azok működését szintézissel ellenőriztük. (A dallamséma kezdő és végpontját szabályban adtuk meg.) A szó- és szótagszintű dallamelemek meghatározását és modellezését külön végeztük.

Módszer

A modellezés során az alapfrekvencia változást két szinten dolgoztuk fel. A **magas szintű elemekhez** soroltuk mindazon megállapításokat, amelyeket a szöveg, a mondat és a frázis szintjét érintették, az **alacsony szintűekhez** pedig azokat, amelyek a szó, illetve a szótag szintjére vonatkoztak. Azért választottuk ezt a vizsgálati formát mert egyrészt a beszédépítésben is ehhez hasonló megosztású fokozatos építkezési elvet követtünk, másrészt a szétválasztással lehetőséget adtunk arra is, hogy az analízis-szintézissel eljárásban fizikailag is szét tudjuk választani az előbbi szinteket és így az alapfrekvencia változásából eredő hatásokat önmagukban külön-külön is lehessen vizsgálni a szintetizált jelben (például: a mondatra nem ültettük rá az alacsonyabb szint struktúráit, csak a magas szintűekkel megszólaló mondat hangzását teszteltük). Az alapfrekvenciagörbe felépítésénél először a magas szintű változásokat építettük fel, majd a következő lépésben ezekre szuperponáltuk az alacsony szintű struktúrákat. Ez azt is jelentette a dallamépítésnél, hogy csak a magas szintű struktúráknak kellett konkrét fizikai formát meghatározni, az alacsony szintű alapfrekvencia változásoknak nem, mivel ezek a magasszintűek értékeiből kerültek meghatározásra.

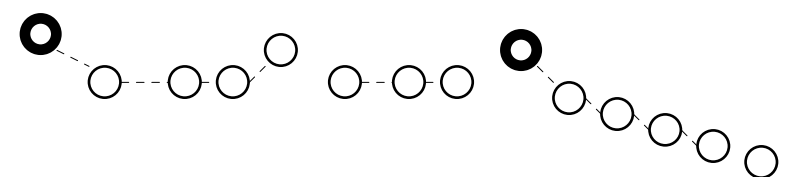
Az egész vizsgálatra jellemző volt a **szintézissel való ellenőrzés** és a szintézises dallamgenerálás a PDS szoftverrel (a 6.1. ábra szerint). Ezzel a dallamgenerálással állapítottuk meg összehasonlításos és meghallgatásos módszerrel, hogy például, az egyes szabályokban megadott frekvenciaértékek milyen határok között változhatnak, mi a működési sávjuk, melyik a legoptimálisabb formájuk. A vizsgálatokhoz 140 mondatból álló korpuszt állítottunk össze. A mondatokat a szerző olvasta fel. Ezen felül 98 rövid dialógus szövegét is hangszalagra rögzítettük. A felolvasott mondatokat digitalizáltuk. Az alapfrekvencia-görbék vizsgálatát a CSL, illetve a PDS szoftverekkel végeztük. A görbék tanulmányozása során arra törekedtünk, hogy mondat- és frázisdallam szinten olyan általános tendenciákat állapítsunk meg az egyes dallamformákra, amelyek dallamsémaként ábrázolhatók. A dallamsémákat úgy határoztuk meg, hogy azokban csak lineáris alapfrekvenciaváltozás legyen. Az alapfrekvencia görbét ezután ilyen dallamsémák egymáshoz kapcsolásával ábrázoltuk. Az egymással összekapcsolt elemeket építettük be a szintetizált jelbe és így vizsgáltuk a sematizált alapfrekvenciaváltozás hangzásbeli megvalósulását. Korábbi vizsgálatok (Collier–Terken 1984) szerint a természetes ejtés dallamformáinak közelítése ilyen egyszerűsített, lineáris dallamépítő elemekkel

megengedhető, ugyanis a hallgatók az így generált mondatdallamot a természetes beszédhez igen hasonlóknak tartják. A szó és szótag szitjére is hasonló dallam-építőelemeket határoztunk meg és ezeket a szintézis során ráültettük a mondat-, illetve frázisdallamokra. Így hoztuk létre a végleges szintetizált alapfrekvencia görbét. A vizsgálatok eredményeinek ellenőrzésére percepció tesztek is végeztünk, azokat részletesen az egyes vizsgálatoknál tárgyaljuk.

7.2.1 Az alapfrekvencia-változás ábrázolásának formája

A beszéddallam ábrázolására és jelzésére sokféle módszert dolgoztak már ki (részletesen lásd: Bartók 1971; Bolla 1992). Ilyenek a szöveg betűinek magasabb vagy alacsonyabb szintre való helyezése, a zenei hangokkal való kottázás (Fónagy-Magdics 1967), a sematikus vonalas ábrákkal való ábrázolás (Deme 1962), a beszélő hangterjedelmét jelző alsó és felső vízszintes vonal közé rajzolt dallamvonalas lejegyzés (Bolla 1992) és ennek különböző formái (Varga 1994). Ez utóbbira mutat példát a 7.4. ábra. Az ilyen és ehhez hasonló sematikus ábrákkal jól lehet érzékelteni az adott dallamforma vonulatát. Az olvasó számára nem jelent problémát, hogy az ilyen ábrák alapján rekonstruálja és kiejtse a kérdéses dallamot, de ezt csak azért tudja megtenni, mert produkciós mechanizmusát a tudatalatti nyelvi, kiejtési szabályok működtetik az imitáció során.

Mindent megígért, de csak a pénzemet akarta

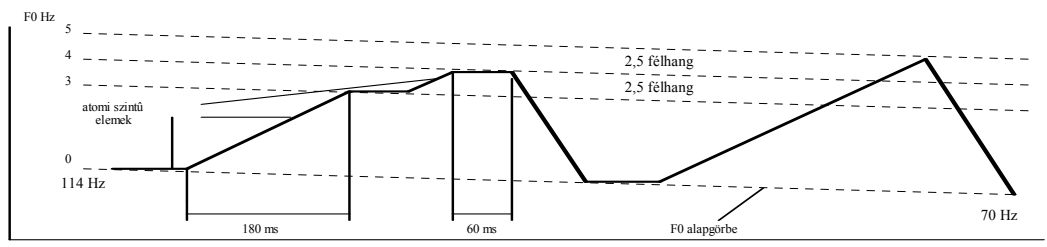


7.4. ábra

Dallamvonalat ábrázolása Varga (1994, 488) módszerével. A vastagabb karikák a hangsúlyos szótagokat jelölik

Az így ábrázolt dallamot ugyanakkor nehéz létrehozni szabályok alkalmazásával, mivel nem tudjuk megadni a szabályok belső adatait (Hz- és időtartamértékek), nem is beszélve arról, hogy a fenti ábránál részletesebb leírásra van szükség ahhoz, hogy ezt a sematizált dallamformát gépi megvalósításban korrekten visszkapjuk. A németre kidolgozott ábrázolási modellben (Adriaens 1991) például a beszélő hangközének legalacsonyabb értéke, az alapvonal képezi a kiindulási alapot, és erre

kerülnek rá a frázis- és szó szintű intonációs változások az idő függvényében. Ez utóbbiakat úgynevezett atomi szintű intonációs elemekből lehet felépíteni egy a kottázáshoz hasonló, 5 szintes rendszerben, ahol szintenként 2,5 félhangnyi távolság van a szintek között.



7.5 ábra

Adriaens dallamábrázolási modellje német nyelvre

Olyan **egységes ábrázolási formát** dolgoztunk ki, a munka során amelyik alapvetően vonalas ábrázolással jeleníti meg a dallammenetet, azonban azt olyan általános koordinátarendszerbe helyezi, amelyikkel biztosítható az egyes dallamformák egymáshoz való viszonyának megadása. Ezt úgy értük el hogy az **alapfrekvencia változását** a függőleges tengelyen relatív módon **százalékosan** adtuk meg (például a 7.24. ábra), és a változás mértékét minden esetben egy **referencia ponthoz** viszonyítottuk. Referencia pontnak a semleges egyszerű kijelentő mondat indulási alapfrekvenciaértékét választottuk. A referencia pont bevezetése biztosította, hogy az ábrázolt dallamforma a hangfekvéstől független legyen. Ezzel az ábrázolási formával továbbá ki tudtuk fejezni a szövegszintre vetített dallamkapcsolódásokat is. Ez lehetővé tette, hogy a megállapított jellemző dallamformákat egymásba áttranszformáljuk (például ugyanarra a szövegre különböző dallamformákat ültessünk rá csupán szabályok alkalmazásával). Ezt az egységesített formát alkalmaztuk a disszertációban minden sematizált dallamforma ábrázolására függetlenül attól, hogy a dallamforma az analízis eredményeinek összegzéséből született, vagy a beszédépítési szabályokkal került megvalósításra. A disszertáció fejezeteiben példaként bemutatott szintetizált minták alapfrekvencia-görbáját is ilyen vonalas elemek ábrázolják (v.ö. 7.6. ábra).

7.2.2 Az intonációs jelek

A beszéddallam és a hangsúlyozás jelzésére (szöveg szinten) intonációs jeleket használnak a fonológiai leírásokban, a fonetikai ábrázolásokban, és a beszédépí-

tésben is. (Varga 1994, Quené–Kager 1993; Olaszy–Németh 1997; Koutny et al. 2000). Az intonációs jelek a szövegbe beágyazva lehetőséget adnak a beszéd alapvető dallamszerkezetének és hangsúlyozásának érzékeltetésére. Az így kialakított rendszerek intonációs jeleit mindig a vizsgálati cél határozta meg. A fonológiai célú rendszerek általános, a fonetikaiak részletes információkat adnak, a beszédépítésben használt jelek formája, tartalma pedig az adott modelltől is függ. A magyar prozodémák fonológiai szintű lejegyzésére Varga (1994, 497) 17 intonációs jelet alkalmazott. A dallamprozodémákra 13, a szünetre 1, a gátprozodémákra 3 jelet használt. Az általa osztályba sorolt három fő dallamformát az eső karakterdallamokat, a lebegő jellegűeket és a lebegő-esőket, valamint azok változatait 3-3 jellel összesen 9 osztályba sorolta. A főhangsúlyos szótagoknak nem adott külön jelet, azokat a fődallamokhoz kötötte, mivel a hangsúlyos elemek mindig új karakterdallamot indítanak (Kálmán–Nádasdy 1994). A mellékhangsúlyos szótagokat külön jellel érzékeltette. Külön jelet használt a stilizált karakterdallamra, a függelék-dallam és az elődallam kezdetére. Ezeknek a jeleknek a használatával szövegek intonációs átiratát is bemutatta (i.m. 498).

Az általunk kialakított intonációs jelek formáját és fajtáit a beszédépítés szempontjai határozták meg. Ezek a jelek jelentésükben azonban többé-kevésbé megfeleltethetők Varga (1994) osztályozásának. A szintetizálandó hangsor alapfrekvenciaszerkezetét a szövegbe írt jelek alapján hozza létre a beszéd szintetizátor. Jeleink beírása történhet egyéni meghatározással (például Varga jelei alapján azok átírásával), vagy történhet szabályok alkalmazásával (például statisztikai, morfológiai, szintaktikai stb. elemzés alapján). A jeleknek számítógéppel ábrázolható karakterkombinációknak kell lenni, hiszen az automatikus beszédépítésnél a gépnek értelmeznie kell tudni őket. A fenti követelménynek megfelelően **két fő jelcsoportot** alakítottunk ki. Az **elsőbe** tartoztak a **magas szintű** dallamsémák jelei. Ezekkel alakítjuk ki a mondat dallmot, a frázisdallamokat és az azokon belüli dallamegységeket. Ezek Varga (1994) rendszerezésében megfeleltethetők a lesodródásnak, illetve a gátaknak, de felhasználhatók a karakterdallamok megvalósítására is. A magas szintű dallamsémák leírására az **eső**, **lebegő** és **emelkedő** kategóriákat használjuk (jelük: //xx, illetve /xx, ahol a // jel a frázishatárt jelöli esetleges szünetelemmel folytatva, a / jel csak új dallamséma indítását jelöli, de a beszédjel folyamatos marad, itt nincs szünet. Az xx jelöli a dallamséma kétjegyű számát, amelyet a 7.19. táblázat alapján kell megadni). Az eső

jelleget két alcsoportra osztottuk, az emelkedőket háromba. Az egyes alcsoportokban további 4-6 kategóriát jelöltünk ki. Összesen 32 azonosító számjelet (azaz dallamsémát) határoztunk meg (7.18. és 7.19. ábra). A **második csoportban** szerepeltek a **szó** és a **szótag** szintjére kialakított dallamelemek jelei:

[Fx]= fókusz

[Wx]= hangsúlyos szótag, (ez megfelel Varga szóhangsúly jelölésének)

[N]= neutrális szó, (ez megfelel Varga hangsúlytalan szó kategóriájának)

[-] = negatív alaphangfrekvenciagörbével rendelkező szó (ez megfelel Varga elődallamhoz kapcsolt dallamformájának (i.m.487))

A fókusz és a szóhangsúly (ha alaphangfrekvencia-növekedéssel hozzuk létre) mindig a dallamséma fölé emelkedik.

A neutrális szóban nincs semmiféle változtatás, így abban csak a dallamséma által meghatározott alaphangfrekvencia van jelen.

A negatív jellel jelölt szóban az alaphangfrekvencia a dallamséma vonala alá süllyed. Ez utóbbi Varga elődallam kezdetét jelző jelével hozható párhuzamba; „Az elődallamot ugyanis gyakran proklitikus elem (névelő, kötőszó) hordozza, ...” (i.m. 488). A *Mindent megígért, de csak a pénzemet akarta.* mintamondatban (i.m. 488) Varga az első két szót tartalmazó egységre ereszkedő-eső dallamot írt elő, majd a *de csak a* részt jelölte ezzel a jellel, kifejezve, hogy ez a rész alacsony alaphangfrekvencián van és az alaphangfrekvencia mindhárom szóban ugyanaz.

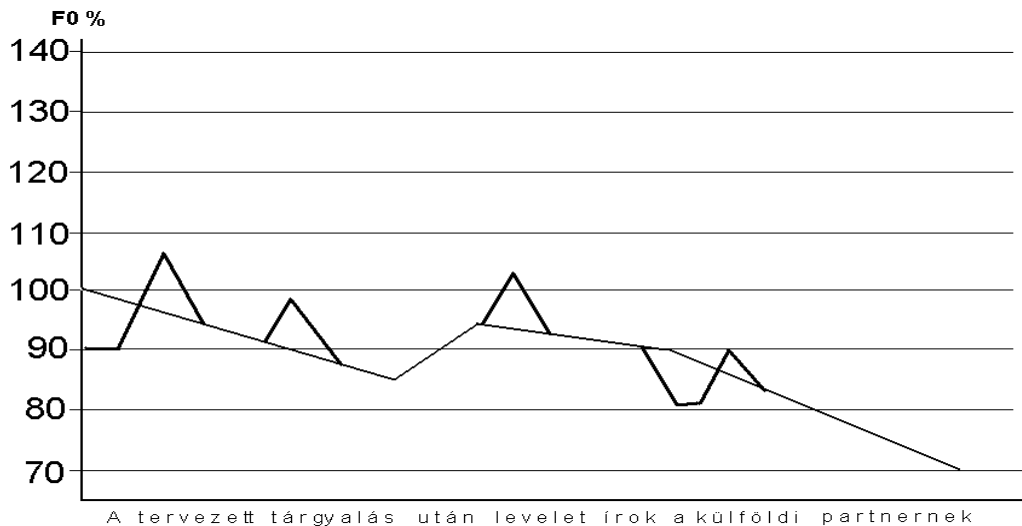
A fókusz és a szóhangsúly kategóriákat több alkategóriára osztottuk, hiszen itt az alaphangfrekvenciamozgások kezdő és végpontjai, valamint a változás iránya szempontjából több változatot kell megkülönböztetni. Erre utal az x jel, ami a dallamforma alkategóriájának sorszámát jelöli (lásd 7.20. táblázat).

Rendszerünkben voltak olyan dallamformák is, amelyeket nem tudtunk leírni az eddigi elemek kombinációjával (például bizonyos kérdésfajták dallama), ezeket a dallamokat a **harmadik csoportba** a kivételekhez (K kategória) osztottuk be. Ezek jelzésére külön jeleket használtunk (Kx).

Példaképpen bemutatjuk, hogy egy kijelentő mondat milyen formát ölt, ha intonációs jeleinket beépítjük a szövegbe.

//11[-]A [W]tervezett [W]tárgyalás /43[N]után //22[W]levelet [N]írok /13[-]a [W]külföldi [N]partnernek.

A mintamondat két frázisdallamot tartalmaz (a frázisdallamokat, mint új karakterdallamokat mindig a // jel előzi meg). Az első frázisdallam két dallamegységet tartalmaz (/11 és /43), a második is (/22 és /13). Az //11 dallamegység a mondatkezdő eső karaktert valósítja meg, a /22 gyengén eső, az /13 a mondat záró szakaszára jellemző, alacsony alulfrekvencián befejeződő eső karaktert valósít meg. A /43 elem gyengén emelkedő dallamegység, amelyik határjelző szerepet tölt be (Lazicius 1979, 138) és jelzi, hogy még folytatódik a közlés. A 7.6. ábrán bemutatjuk a mintamondat sematizált komplex dallamgörbéjét az egységesített ábrázolásra kialakított koordináta-rendszerben. A referenciapont a függőleges tengelyen a 100%. Ehhez viszonyítjuk minden frázis szintű dallamséma (a 32-ből bármelyik) kezdő és végpontját, vagyis a megadott százaléktételeket ebből számítjuk ki (lásd később részletesen).



7.6 ábra

A mintamondat alulfrekvencia görbéjének ábrázolása az egységesített koordináta-rendszerben

7.2.3 A dallamformák kialakítása a szintézisben

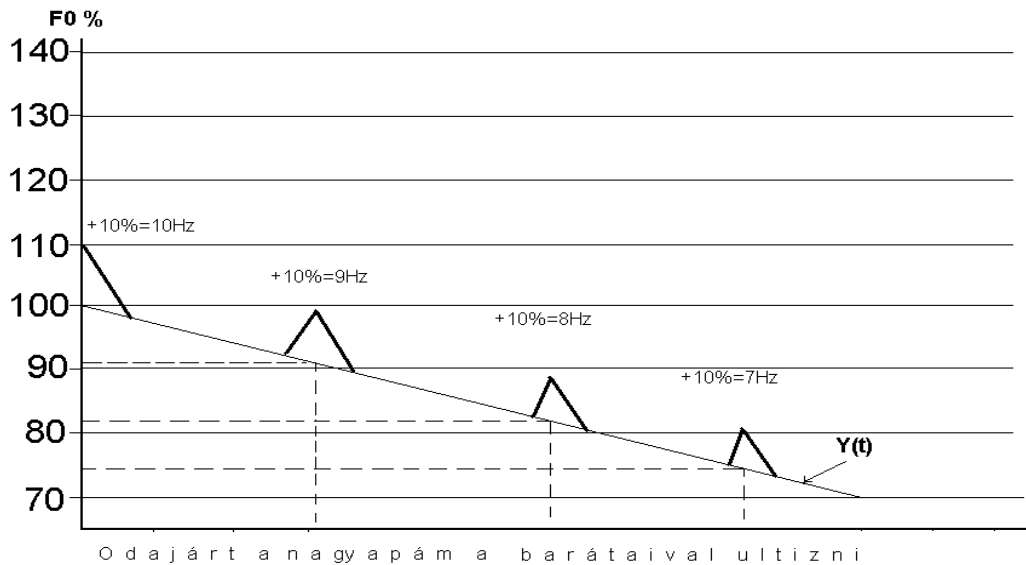
A beszédépítés során – az általunk kidolgozott elv szerint – az **alulfrekvencia görbét két lépésben, két komponensből építettük fel**, egy magas szintűből (1. lépés) és egy erre szuperponált alacsony szintűből (2. lépés).

- 1) A magas szintű dallamsémák kezdő és befejező értékét a referencia pont (a 100%-os pont) értékéből számítottuk ki. (A konkrét megvalósításban a referencia pontnak meghatározott Hz értéket adtunk.) A szintézis során tehát bármilyen bonyolultságú alulfrekvenciagörbe kiszámításánál egyetlen fix

pontból a referenciapontból kiindulva lehet kiszámítani a görbe minden pontját a közlés hosszúságától függetlenül. Például egy //1 jelű dallamséma szabálya a kezdőpontnak 100%-ot ír elő, a végpontnak 85%-ot, a //22 jelű szabály ugyanerre 95%-90%-ot. Ha 110Hz-es referenciapontot feltételezünk (ami normál férfi hangnak felel meg), akkor az //11 szabály alapján kiszámított dallamséma 110Hz-ről fog indulni és 93Hz-en fog végződni. A //22 dallamséma pedig 104Hz-en fog kezdődni és 99Hz-en fog végződni.)

- 2) A második lépésben az alacsony szintű dallamrészt valósítjuk meg és szuperponáljuk a dallamsémára. A szuperpozíciót dinamikusan hajtjuk végre, ami annyit jelent, hogy a dallamrészben előírt frekvenciaváltozásokat mindig a dallamséma aktuális pontján lévő frekvenciaértékből, mint kiindulási alaptól számítjuk ki. Itt az aktuális pont azt a helyet jelenti, ahol a dallamrész az $Y(t)$ vonulatában elhelyezkedik (például a szó első szótagja, ha hangsúly akarunk rátenni). Ha tehát a dallamséma vonulatát $Y(t)$ -vel jelöljük, akkor egy emelkedő-eső szótag szintű dallamrészt (például egy kérdés adott szótagjára) a következőképpen szuperponálunk. A dallamcsúcs frekvenciaértékét az $Y(t)$ a dallamséma aktuális pontján lévő Hz-értékből számítjuk ki. Ebből az következik, hogy a csúcsra megkapott kiemelkedés a dallamséma különböző pontjain – ha az nem lebegő karakterű – más és más lesz. Amennyiben a dallamséma eső jellegű, akkor a csúcsokra számított értékek a dallamséma alapfrekvenciájának csökkenésével arányosan szintén csökkennek (mindig közelebb kerülnek a dallamséma frekvenciaértékéhez). Ez a fokozatos értékcsökkenés (Collier 1990) megvalósítási technikája. Ugyanerre a jelenségre utal Varga (1994) a gátprozodémák lesodródásnak nevezett elemével. Ezt írja: „A gátprozodémák rendszerébe a **lesodródás** és a **gátak** (a lesodródás szándékos megtörései) tartoznak. A kiejtett mondatban az egymást követő (és egymástól legfeljebb elődallammal elválasztott) karakterdallamok a szubglottális nyomás csökkenése következtében lesodródhatnak, azaz fokozatosan alacsonyabb szintre kerülhetnek.”(i.m. 494). A lesodródás szövegben való jelzésére Varga nem ad meg külön intonációs jelet, a gátaknak igen. Ha tehát nincs gátjel, akkor a dallamot lesodródottnak kell tekinteni. Ezzel Varga binárisan érzékelteti az egyes karakterdallamok vivőkomponensének a vonulatát is (lesodródott, azaz eső, illetve nem eső, hanem szinttartó), azaz az általunk $Y(t)$ -nek nevezett alapidallamot. A 7.7. ábrán bemutatjuk, hogy Varga lesodródást bemutató

példamondatának (*Odajárt a nagyapám a barátaival ultizni.*) valóságos alapfrekvencia görbéjét hogyan határozhatjuk meg a fenti elv szerint. A végleges dallamgörbe úgy jön létre, hogy az $Y(t)$ magasszintű dallamsémát az első szótagra ültetett eső és a további szavak első szótagjára ültetett emelkedő-eső elem modulálja.

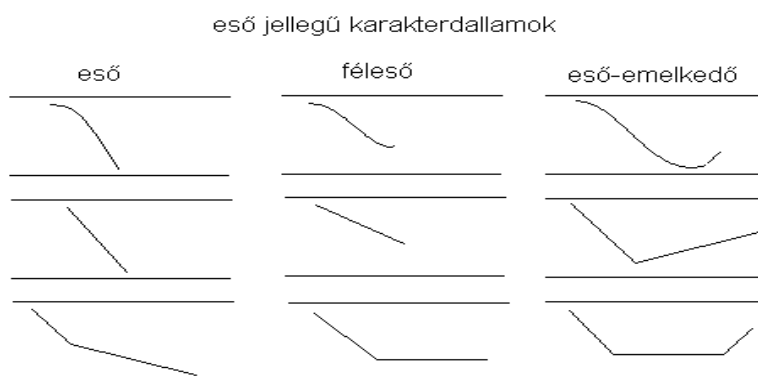


7.7. ábra

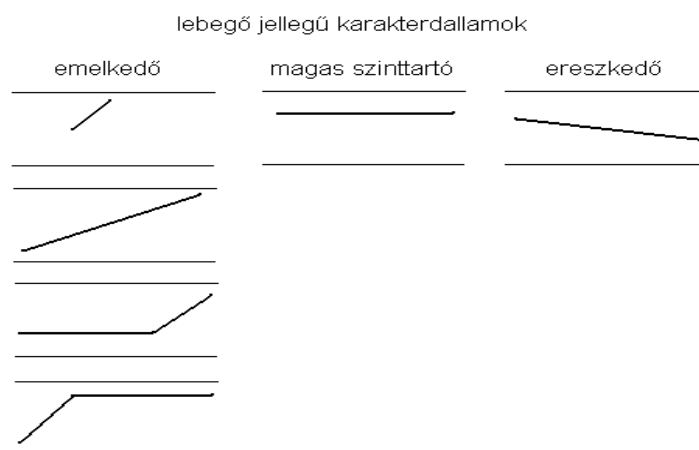
A szóhangsúlyok kiszámítási módjának az eredménye a fokozatos értékcsökkenés. (Varga 1994, 494. o. (43) mintamondata alapján)

7.2.4 A dallamformák fonológiai és fonetikai elemei

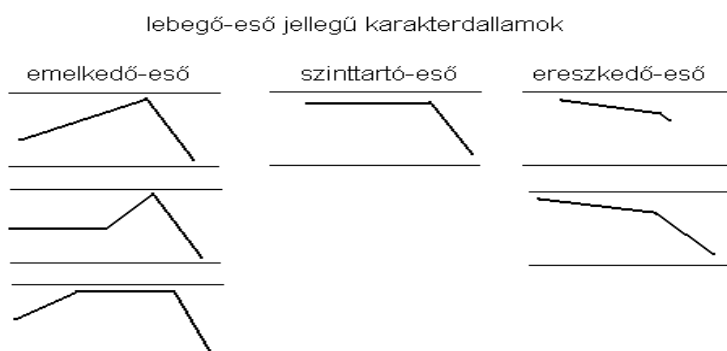
A célkitűzésünk – mint már említettük – az volt, hogy összekapcsoljuk a fonológiai szintű elemeket a fonetikai ábrázolással. Ehhez Varga (1994) munkáját vettük alapul. Varga osztályozásában a 7.8., 7.9. és 7.10 ábrán látható karakterdallamok szerepelnek. Varga az eső jellegűeket kijelentő, felszólító, kérdőszavas kérdő és közönséges felkiáltó mondatokban tartja jellemzőnek. A lebegő jellegűekben közös az előremutató elem, általában előkészítő jellegű közlésekben használjuk ezt a dallamformát. A lebegő-eső karakterdallamok zömmel eldöntendő kérdés jellegű közlésekben fordulnak elő, de ilyen dallamot kaphat a felszólító mondat is. A fonológiai szintű ábrázolási formákban fonetikai szempontból a következő sajátosságok láthatók. Az eső kategóriában a kezdőpont magasan van, a végpont helye hol alacsonyan, hol magasabban. További jellegzetesség, hogy töréspontok is láthatók egy-egy karakterdallamban. Ezen kívül Varga az eső kategóriába sorolja az eső-emelkedő dallamformát is és példákat is ad ezekre az



7.8. ábra
Varga (1994) eső jellegű karakterdallamai

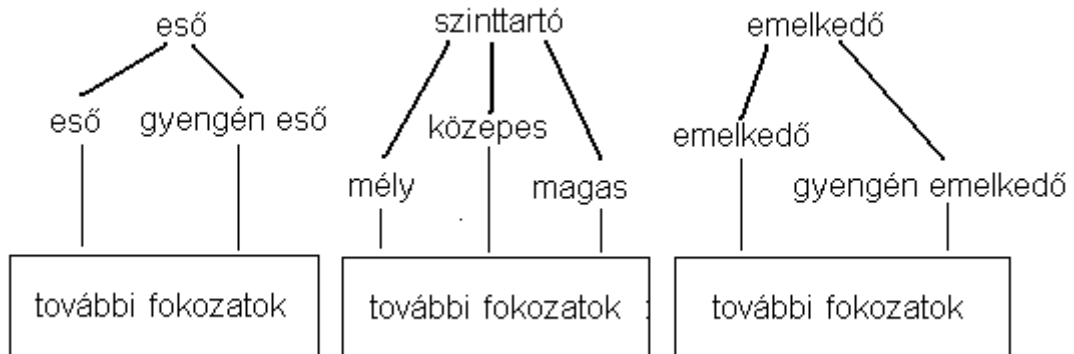


7.9. ábra
Varga lebegő jellegű karakterdallamai



7.10. ábra
Varga lebegő-eső jellegű karakterdallamai

esetekre. A lebegő jellegű dallamok emelkedő és magas szinttartó osztályai mindig magas értékre érkeznek. Az ide sorolt ereszkedő pedig a féleső kategóriával szinte azonos. A lebegő-eső kategória emelkedő-eső dallamformáiban már két töréspont is előfordul. Fonetikai szempontból mi úgy találtuk, hogy a Varga-féle általános dallamformák megközelítéséhez töréspont nélküli (magas szintű) dallamsémákat és egy-vagy több törésponttal rendelkező (alacsony szintű) dallamelemek határozzuk meg. **A fonetikai dallamsémákat három csoportba osztottuk: eső, szinttartó és emelkedő** (7.11. ábra). Ezeken belül alcsoportokat képeztünk, majd azokat további egységekre bontottuk. A szótag szintű dallamrészek megvalósításához általánosan véve háromféle elemet, egy emelkedő-eső, egy eső és egy emelkedő formát alkalmaztunk. Ezt a három általános elemet paraméterezük és ebből adódtak ki a végleges formák. A különleges kategóriába tartozó dallamformákat egyedi törésponthely adatokkal és frekvenciaváltozási értékekkel láttuk el és meghatározott struktúrájú mondatokra használtuk (például: kérlelést kifejező óhajtás, egyszótagú kérdés, befejezetlen kérdés). A fenti csoportok dallamelemei, azok különböző kombinációival írtuk le az egyes dallamformákat mondat típusonként.



7.11. ábra

Magasszintű dallamsémák rendszere a fonetikai ábrázoláshoz és a dallam megvalósításához

7.2.5 A szóhangsúly és az alapfrekvencia

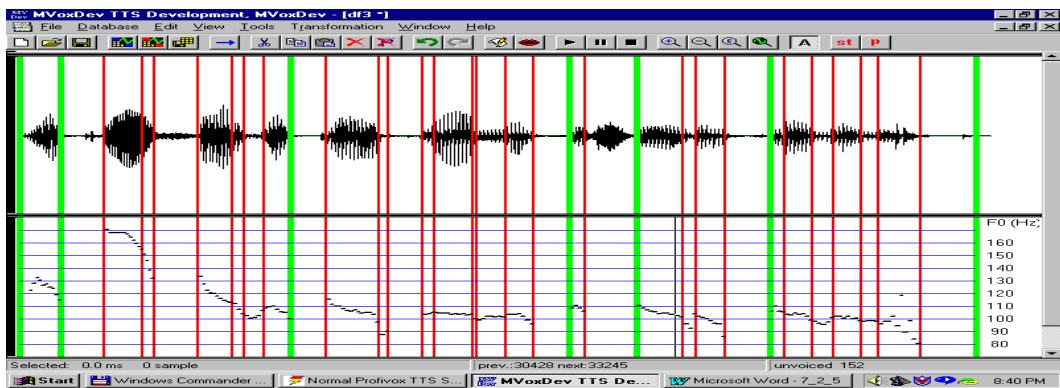
Az alapfrekvenciagörbe tartalmazza a szóhangsúly okozta esetleges változásokat is. Ezeket vizsgáltuk a következő szempontok szerint:

- a hangsúlyos szótagon belül hol van az alaphang maximuma (elején, végén);
- milyen a frekvenciamenet a maximum előtt (emelkedő, szinttartó);
- meddig tart a maximum;
- a hangsor mely pontja jelenti a csökkenés végét;
- mennyire csökken a frekvencia a maximum után.

Fónagy (1958) vizsgálatai szerint a szóhangsúlynak lehet dallamvetülete, de ez nem kötelező. Sok esetben a hangsúlyos szótag hangmagassága nem haladja meg a hangsúlytalanét. Az alapfrekvencia akkor magasabb, ha a beszédképzéshez felhasznált energia nő, ekkor a hangszalagok feszítettsége erősebb, tehát növekszik a rezgésszámuk is. Vizsgálatainkban a természetes ejtésű mintamondatok szavainak első szótagját elemeztük és hasonló bizonytalanságot tapasztaltunk, mint amit Fónagy leírt. Esetünkben azonban törekedni kellett bizonyos osztályozásra, hogy a beszédépítéshez szabályokat tudjunk megfogalmazni. A következő öt formát határoztuk meg.

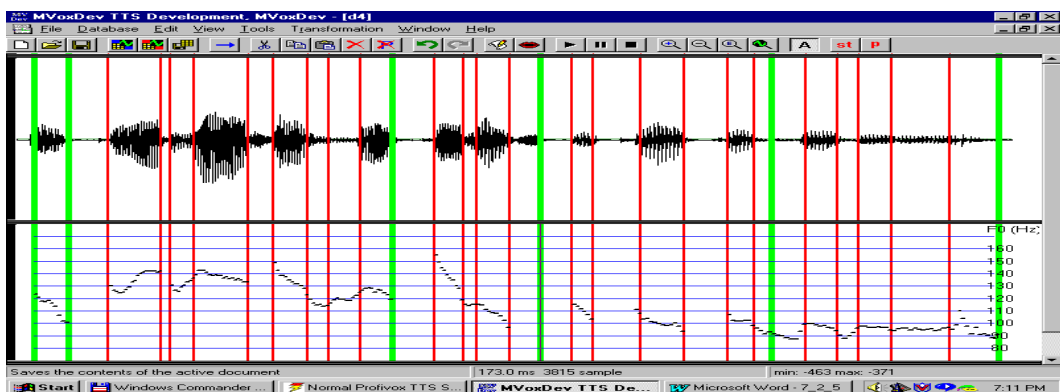
a) A **kiemelten hangsúlyos** esetekben az alapfrekvenciaváltozás formája a legjellegzetesebb és egységes képet mutat, minden esetben ugyanazt a formát találtuk. Ilyen dallammenet valósul meg például a fókusz helyzetben lévő szó első szótagjának magánhangzójában, de ilyen szerkezet van jelen az eldöntendő kérdés utolsó előtti szótagjában is. **Az alapfrekvencia a hangsúlyos szótag magánhangzójának a kezdetén már maximumon van, onnan fokozatosan csökken a magánhangzó végéig.** A kiemelkedés a hangsúlytalan részhez viszonyítva az 50%-ot is elérheti. Ez tehát egy határozott **eső** alapfrekvencia változás. Ha a magánhangzót [m, n, l, j]+C kapcsolat követi (például: *mindenki*), akkor a csökkenés végpontja az első zöngés mássalhangzó végéig kitolódhat. Erre a formára két példát mutatunk be. *A külföldi partnernek is írok levelet.* mondatban az első szó első szótagján megvalósul az alaphang meredek esése (7.12. ábra). *A kórházakba tilos kutyákat bevinni!* mondatban az alapfrekvencia az első szóban az első szótagon nincs magasabban, mint a másodikon, a *tilos* szó első szótagjában viszont a fent leírt – kiemelt hangsúlyra utaló – egy hangon belüli határozott **eső** alaphangmagasság-változás látható (7.13. ábra).

b) Ha a szótagot **kevésbé hangsúlyozzuk**, akkor a csúcs gyakran a második szótagra, annak magánhangzójára tevődik át, annak ellenére, hogy a szóhangsúlyt semmiképpen nem a második szótagon lévőnek halljuk. Ezt a formát **a szótagszám befolyásolja**, csak a **három szóagnál hosszabb** szavakban fordult elő. Erre a második formára mutat példát a *Magyarországon novemberben esik az eső.* mondat alapfrekvencia görbéje (7.14. ábra). Az első két szón az eltolts csúcs igen világosan látható. Az első magánhangzóban még csak emelkedik az alaphang, majd a második elején éri el a maximumot. Ezután e hang végéig csak néhány Hz-et esik, utána kezd meredeken csökkenni.



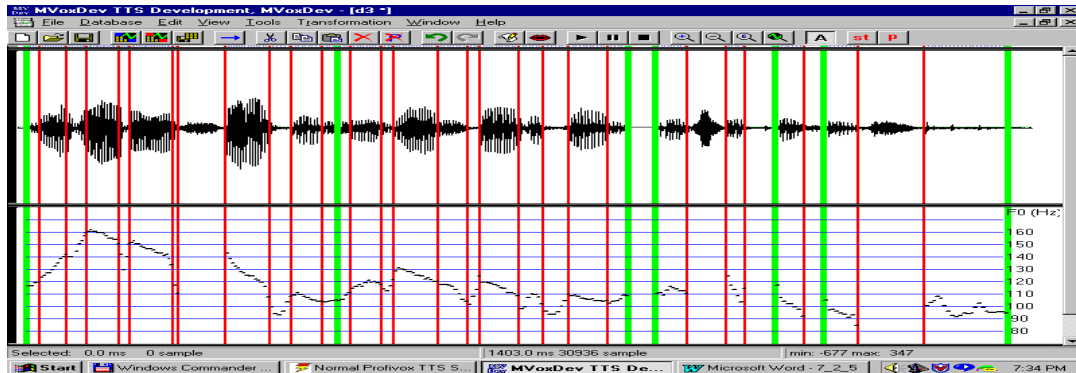
7.12. ábra

A külföldi partnernek is írok levelet! mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A hanghatárokat piros vonalak, a szóhatárokat vastagabb zöldek jelölik



7.13. ábra

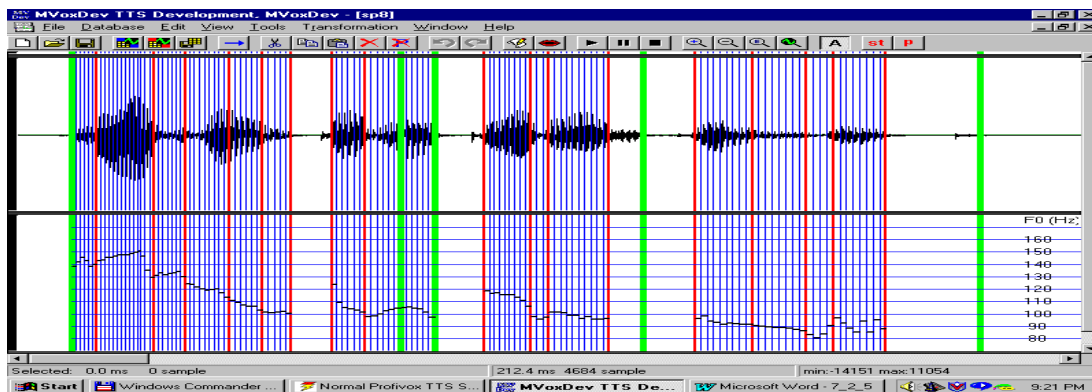
A kórházakba tilos kutyákat bevinni! mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A hanghatárokat piros vonalak, a szóhatárokat vastagabb zöldek jelölik



7.14. ábra

A Magyarországon novemberben esik az eső. mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben. A hanghatárokat piros vonalak, a szóhatárokat vastagabb zöldek jelölik

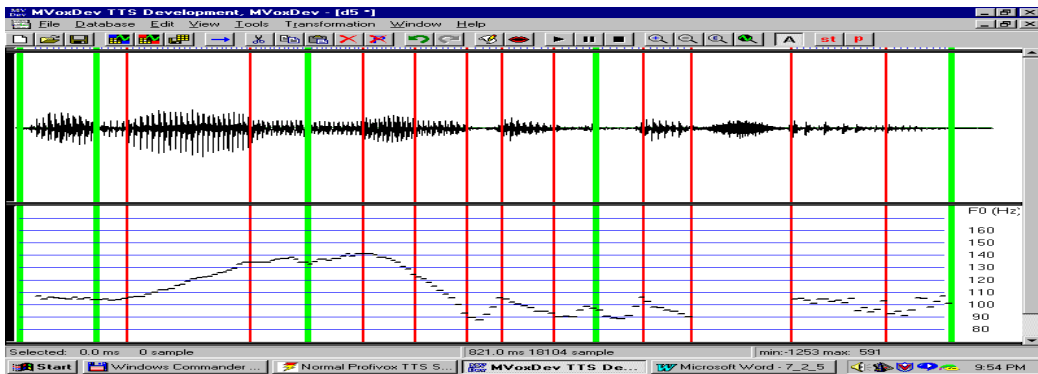
c) Amennyiben a szó **három, illetve két szótagú**, az eltolt csúcs megvalósulására nincs meg a szükséges szótagszám, ezért a **csúcs az első magánhangzón** lesz (leginkább a végén), a csökkenés pedig a második magánhangzó végéig lezajlik (7.15. ábra).



7.15. ábra

A Megnyomtam a piros gombot. mondat alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben

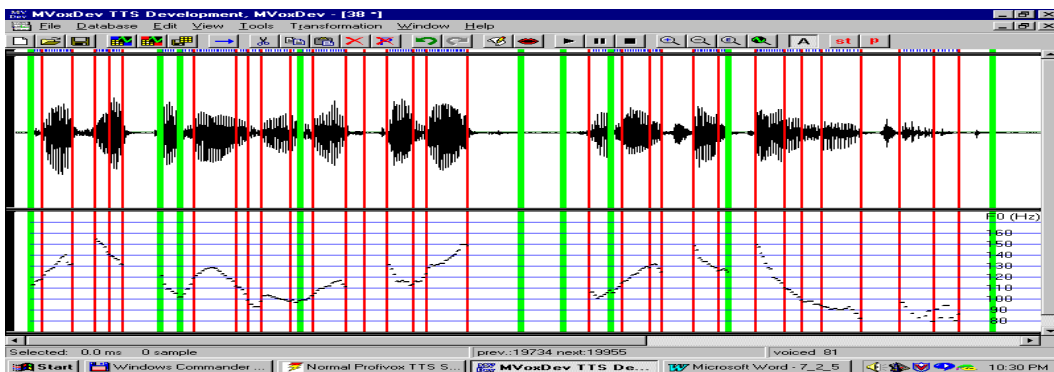
d) Az **egyszótagú szavaknál** a csúcs utáni **csökkenő rész elmarad**, ha a következő szó eleje is hangsúlyos. Ebben az esetben eleve nincs lehetőség az alaphang csökkentésére, mivel annak a következő szótagban ismét magas értéken kell lennie (7.16. ábra).



7.16. ábra

A lány mindig beszél. mondat alapfrekvenciagörbéje férfi ejtésben

e) A hangsúlyra jellemző **csúcs** is **elmaradhat**, ha a hangsúlyos szó rövid (maximum 3-4 szótag) és után például vessző következik. Ha a vessző hatására az alaphangot megemeljük, akkor ez az emelés elnyomja a hangsúlyos szótagban elvben megvalósuló alaphang emelkedést, a hangsúlyt ilyenkor a hangerő megnövelése alakítja ki. A 7.17. ábrán látható mondat minden szava hangsúlyosnak hallatszik, a *nagykövet* szó első szótagjában az alapfrekvencia mégis a legalacsonyabb. Ebben a szóban a hangsúlyos szótag tehát az öt megelőző szó végén lévő alapfrekvencia értékhez csatlakozik, innen folytatódik a dallam emelkedése. A szót mégsem érezzük hangsúlytalannak.



7.17. ábra

A Megjött a mongol nagykövet, de nincsen tolmácsunk. mondat alapfrekvenciagörbéje férfi ejtésben

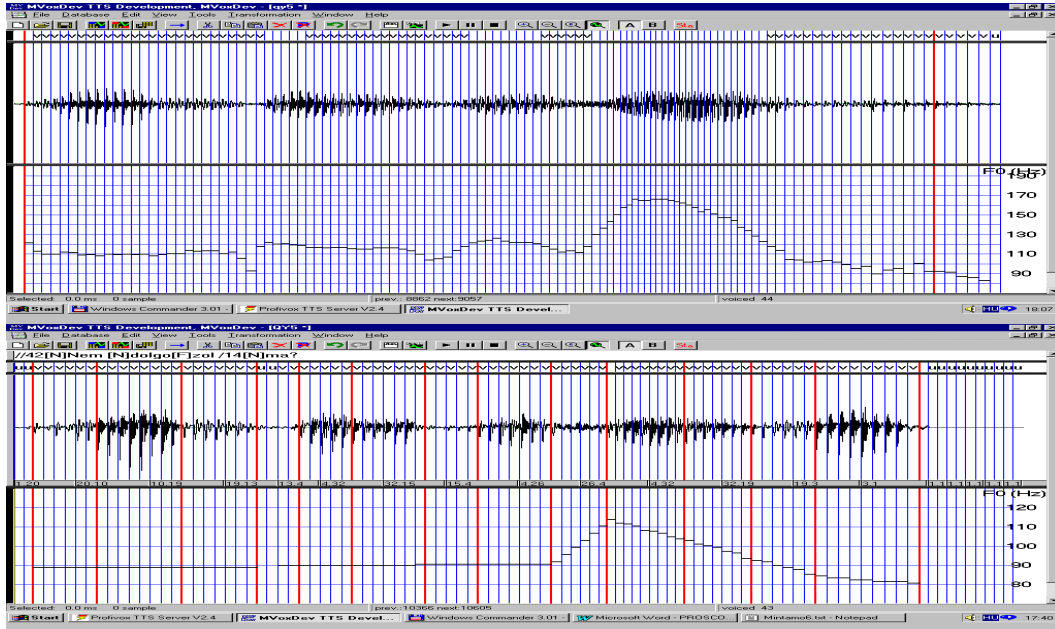
Ebben az esetben tehát a magasabb, – **mondat szintű** – **dallamkényszer** (a vessző hatására képzett vövekvő alapfrekvencia) **uralkodik**, és nem engedi, hogy a

szóhangsúlyt az alapfrekvencia emelkedéssel fejezzük ki (a hangsúly benyomását valószínű az intenzitás itteni megemelkedése idézi elő, de ezt külön nem vizsgáltuk).

7.2.6 Fonetikai dallamsémák és szótagszintű dallamelemek beszédépítéshez

A **magas szintű dallamsémák** fonetikai ábrázolásához és megvalósításhoz kialakított dallamépítő elemeket a 7.19. táblázatban, az **alacsony szintűeket**, amelyek szótag szinten valósulnak meg a 7.20. táblázatban mutatjuk be. **E két táblázatban megfogalmazott szabályokat használtuk fel a folyamatos beszéd alapfrekvencia változásának jelölésére és megvalósítására.** Az elemek kialakításához 140 különböző hosszúságú mondat alapfrekvenciagörbéjét tanulmányoztuk, majd ezek alapján szintetizált mondatokat állítottunk elő a PDS szoftverrel és a természetes dallamokat törtvonalas építőelemekkel építettük fel. A mondatokat a szerző olvasta fel. A 7.18. ábrán bemutatjuk, hogy hogyan közelítettük egy természetes ejtésű kérdő mondat eredeti alapfrekvenciagörbéjét törtvonalas dallamformával a szintetizált mintában. A képen látható szintetizált alapfrekvencia-görbében két építőelem van jelen egyidőben. Az egyik a két dallamsémából felépített **alap** (gyengén emelkedő az utolsó előtti szótagig, majd eső jellegű az utolsó előtti és az utolsó szótagban, egészen a hangsor végéig), a másik elem az utolsó előtti szótagtól kezdődő **szótagszintű** dallamelem (emelkedő-eső). A két elem egymásra építésével jól meg tudtuk közelíteni a természetes ejtés alapfrekvencia-görbéjét. Az elemzések eredményeiből összeállítottuk a leggyakrabban előforduló eső és emelkedő dallamsémákat, és azokat a 7.19. és 7.20. ábrán összegeztük. A dallamsémákat elméletileg bárhol használhatjuk a hangsorban, hogy a természetes dallamgörbét közelítsük. A dallamsémák legnagyobb átfogási sávja 35% a referencia ponttól számítva. Az **eső** kategóriába hét fokozatot soroltunk, a gyengén esőbe hatot. Az eső karakterek különböző frekvenciasávokat fognak át: 30, 20, 15, 10 és 5 Hz-et. A 30 Hz-es átfogású elemet egyszerű kijelentő mondatokban, az alacsony frekvencián lévő 5Hz-est a közlés teljes befejezésekor használjuk például a kijelentő mondat legvégén. A többi elemet általában mondatok belsejében lehet használni. Látható, hogy a 100%-os és a 90%-os kezdésűekhez két meredekségi fokozat is tartozik. Ezeket használjuk úgynevezett karakterdallamok indítására. A **gyengén eső** kategóriában az átfogási sávok 5 Hz-esek, a hat elem a 35%-os átfogási sávban szinte egyenletesen van elosztva. Az **emelkedő** kategóriába nyolc fokozatot soroltunk, a gyengén emelkedőbe négyet. Az emelkedő karakterű elemek három

frekvenciasávot fognak át: 30, 15, 10 Hz-eset. Látható, hogy a kiinduló pontok mintegy 5Hz-enként emelkednek, az érkezési pontok viszont zömmel egy ponthoz tartanak, négy esetben a 100%-os és két esetben pedig a 90%-os pontokhoz. A **gyengén emelkedő** kategóriában az átfogási sávok egységesen 5 Hz-esek, az elemek a 80%-100% közötti átfogási sávban egyenletesen

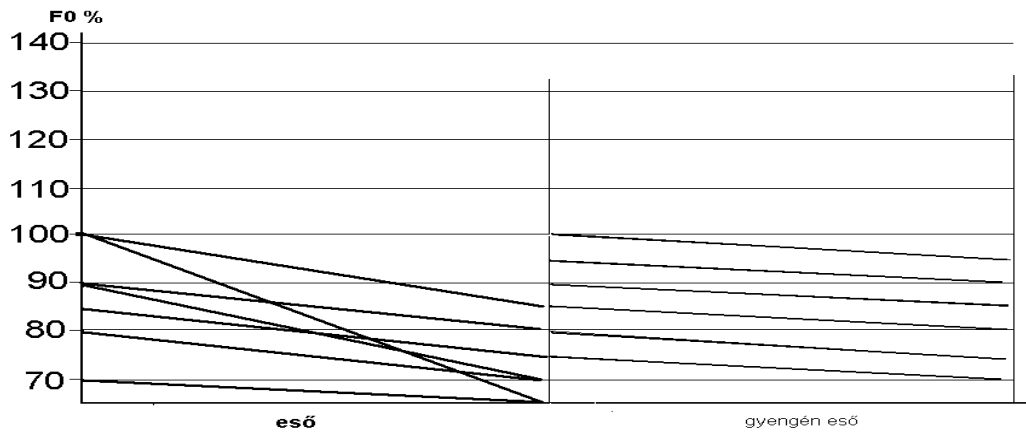


7.18. ábra¹

A *Nem dolgozol ma?* kérdő mondat eredeti alapfrekvencia görbéje férfi ejtésben (fent) és ennek imitálása törtvonalas elemekkel (lent) szintetizált formában

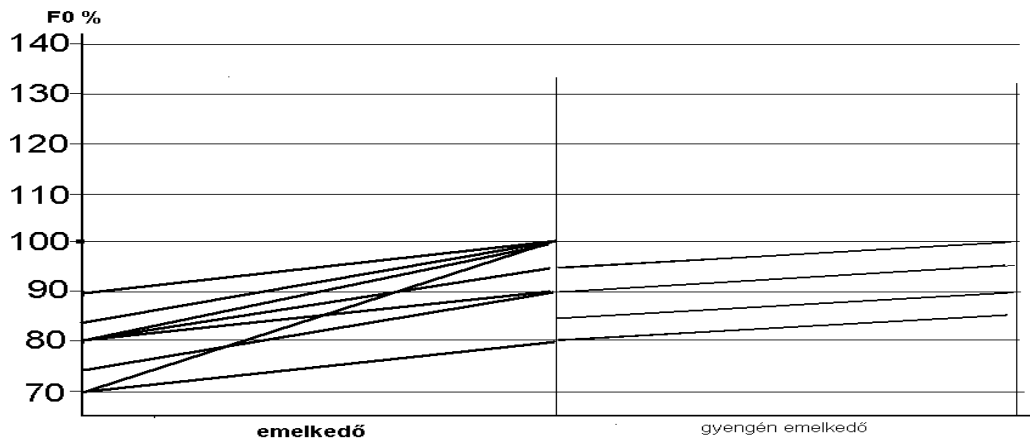
vannak elosztva. A szinttartó kategóriába hat elemet terveztünk, amelyek 5Hz-enként csökkenve fogják át a 100%-75%-os sávot. A magas szintű dallamsémákat kétjegyű azonosító számokkal is elláttuk. Ehhez mátrix formába rendeztük őket (7.19. táblázat). A táblázatban a megadott elemek kezdő és végpontja százalékos formában van megadva (például: 80-70), meredekségük attól függ, hogy milyen hosszú beszédszakaszra alkalmazzuk őket. Így gyakorlatilag végtelen sokféle eső és emelkedő dallamrész kialakítható. Az elemek kapcsolódási pontjait jó közelítéssel meg lehet határozni egyszerűsített szintaktikai elemzéssel (Quené–Kager 1993; Dirsken–Quené 1993; Emerard et al. 1992). A magyarra Koutny(1998, 1999) szabályai alapján készítettünk ilyen elemzőt (Koutny et al. 2000).

¹ A szintetizált mintákat bemutató összes további ábrához a CD-n a 8-28 sorszámú hangminták tartoznak.



7.19. ábra

Az eső karakterű dallamsémák dallamépítéshez



7.20. ábra

Az emelkedő karakterű dallamsémák dallamépítéshez

7.19. táblázat: A magas szintű dallamsémák. A kezdő és végértékek a referencia ponthoz viszonyított %-ban vannak megadva (például: 100-85)

	Forma / változat	1	2	3	4	5	6	7
1	eső	100-85	90-80	90-70	85-75	80-70	70-65	100-70
2	gyengén eső	100-95	95-90	90-85	85-80	80-75	75-70	--
3	szinttartó	100-100	95-95	90-90	85-85	80-80	75-75	70-70
4	gyengén emelkedő	95-100	90-95	85-90	80-85	--	--	--
5	emelkedő	90-100	85-100	80-90	80-95	75-90	70-80	--
6	erősen emelkedő	70-100	80-100	--	--	--	--	--

A 7.19. táblázatban lévő építőelemre úgy kell hivatkozni a szövegben, hogy a //, vagy a / jel után írjuk az kiválasztott forma sorszámát (1-től 6-ig), majd utána a változat számát (1-től 7-ig). Például: //17Tessék. Ebben a példamondatban a jelölés

azt jelenti, hogy az alaphang 100%-ról 70%-ra csökken. A tényleges értékek a referencia pont értékéből számíthatók. A referencia pont a készítendő beszédre megadott alapfrekvencia érték. Kísérleteinkben ez az érték 110Hz volt, ami normál férfi hangnak felel meg.

Szótag szintű építőelemek

Szótag szintű dallamelemeket alkalmaztunk a hangsor minden olyan pontján, ahol az alapfrekvencia változás a szótaghoz köthető (például: ki kell emelni a hangsúlyos szótagot, vagy esetleg csökkenteni kell benne az alapfrekvenciát, a kiegészítő kérdés variánsában az utolsó szótagon fel kell emelni az alaphangot). Az analízis eredményei alapján **három dallamelem kategóriát** határoztunk meg: **emelkedő**, **eső**, és **emelkedő-eső**. Ezeknél az építőelemeknél az alapfrekvenciaváltozás kezdeti és végpontját, valamint annak helyét (a szótagon belül) adtuk meg. Az emelkedő-esőnél ezeken felül megadtuk a töréspont (csúcs) helyét is. Mivel a beszédépítés során a szótagszintű elemeket mindig az alapot képező dallamsémára ültetjük rá az a szótag szintű elemekben az alapfrekvencia kezdeti-, vég- és csúcspontját relatív %-ban fejeztük ki. A dallamelemek szintjén nincs referencia pont, mivel azt számszerűleg mindig az alapot képező **dallamséma $Y(t)$ függvényének mindenkori, a hangsor adott pontja által meghatározott frekvenciaértéke adja meg**. A dallamelem kezdőpontjának, végpontjának és a csúcsának a kijelölésére azt a szabályt vezettük be, hogy azok az adott szótag magánhangzójának a 10-90%-os pontja között bárhol kijelölhetők (szabályainkban három ponthoz kötöttük a dallamelemben létrejövő alapfrekvencia-változás jelölését: a magánhangzó eleje=10%-os pont, közepe=50%-os pont, vége=90%-os pont). A háromféle dallam elemből számtalan kombináció összeállítható a 7.20. táblázat megfelelő oszlopainak kitöltésével. A magyar beszédre **tíz szótagszintű alapfrekvenciaváltoztatási szabályt** állítottunk össze (sorszámmal jelölve). A táblázatban lévő szabályok maximum két szótagnyi hangsorra vonatkoznak. Ez annyit jelent, hogy ezekkel a szabályokkal két egymásutáni szótagban lezajló alapfrekvencia- változást írhatunk le. Nézzük tehát a szótag szintű szabályokat a 7.20. táblázat alapján:

(1), (2), (3), (4) - Az első négy szabály emelkedő-eső karakterisztikát ír le, hasonló, mint amit a 7.14. ábra első szavában láttunk. Az (1) és (2) által létrehozott alapfrekvencia változás két szótagot fog át. Az első szótag magánhangzójában

emelkedik az alapfrekvencia, a másodikban pedig csökken. A két szabály lényegileg ugyanazt a formát valósítja meg, a különbség közöttük csupán a csúcs magasságában van (az (1) az erősebb hangsúlyt, a (2) a gyengébbet valósítja meg). A (3) és (4) szabály által létrehozott alapfrekvencia változás csak egy szótagot fog át, a változás az első szótagban lezajlik. Itt a csúcs a magánhangzó közepén lesz, a magánhangzó végére az alapfrekvencia visszacsökken a kiindulási értékre. Ez a két szabály is lényegileg egyforma a különbség csupán a csúcs magasságában van (a (3) az erősebb hangsúlyt, a (4) a gyengébbet valósítja meg). A négy szabály közül a (2) és (4) megfeleltethető Varga (1994) mellék hangsúly kategóriájának.

(5) A szabály segítségével olyan eső formát valósíthatunk meg, amelyikben az alapfrekvencia-csökkenés az első magánhangzó elejétől a végéig zajlik le.

(6) A szabály olyan eső formát ír le, amelyikben az alapfrekvencia az első magánhangzó elejétől a második végéig folyamatosan csökken. Ilyenre van szükség például kérdésekben (lásd később).

(7), (8) A szabályokkal olyan eső formát lehet megvalósítani, amelyikben az alapfrekvencia az első magánhangzó elejétől annak közepéig csökken. A különbség közöttük az indulási magasságban van (a (6) erősebb, a (7) gyengébb hangsúlyt jelent). Ilyen szabállyal valósíthatjuk meg például kérdésekben lévő hosszú magánhangzóknál az alapfrekvencia változást (lásd később).

(9), (10) A szabályok olyan emelkedő formát írnak le, amelyikben az alapfrekvencia az első magánhangzó elejétől a végéig emelkedik. A különbség közöttük az érkezési magasságban van (a (8) erősebb, a (9) gyengébb változat).

A dallamelemek legmagasabb pontjára két értéket, 130%-ot és 110%-ot adtunk meg. Ezek természetesen változhatnak, hiszen a szótag szintű dallamcsúcs magassága függ a mondat fajtájától, a szónak a mondatban elfoglalt helyétől, a beszélő kifejezési erejétől, a hangsúlyozás fokozatától, az érzelmi töltéstől stb. Tapasztalataink szerint ez az érték 110%-130% között fordul elő leggyakrabban. A 7.20. táblázat utolsó sorát azért hagytuk üresen, mert ezzel akartuk kifejezni, hogy további szabályok is megfogalmazhatók ebben az általános sémában (mi csak a

7.3 Mondattípusok dallamformáinak transzformációs összefüggései

A beszélt nyelvi kommunikáció során a legtöbbször kijelentő mondatokat ejtünk. Ez az információközlés alapvető formája. A párbeszéd kommunikációban a **kijelentés** mellett igen gyakori a **kérdés, valamint a felszólító mondatok körébe tartozó kérés, utasítás és figyelmeztetés** is. Ennek az öt közlésformának a vizsgálatát végeztük el dallamképük, valamint egymáshoz való viszonyuk szempontjából. A verbális kommunikáció komplex és folyamatos. A folyamatosság a dallamok egymásutániségában is szöveg szintjén is működik. Ezt úgy kell érteni, hogy az ugyanazon beszélőtől elhangzó egymás utáni közléseket beszéddallam szempontjából egymáshoz kapcsoljuk, a mondatokra külön jellemző dallamstruktúrák egymásból következnek, vagyis a beszéd hangzása folyamatos és érzékelteti az adott a szituáció nyelvi tartalmát. Például a következő példában az eldöntendő kérdő mondatot már a mondat elején érezzük, nem szükséges a mondatot a beszélőnek befejeznie, ahhoz, hogy a kérdés teljessé váljon.

Nyolc órára kell mennünk Kovácsékkal együtt. Elindultak már Kovácsék ?

Deme (1962, 505) ezt úgy fogalmazta meg, hogy az eldöntendő kérdéseknek „mindig sajátos, csak rájuk jellemző hanglejtésformájuk van”. A kérdéskör tanulmányozására olyan kísérletsorozatot terveztünk, amelynek során megpróbáltunk általános szabályokat megfogalmazni a fenti kifejezési formák dallam szerkezetének rendszerszerű leírására. **Feltételezésünk a következő volt. A fent említett kifejezési formák dallamszerkezete az adott szituációs egységben belül szoros összefüggésben van egymással.** Ezen összefüggéseket a nyelv általános intonációs rendszere határozza meg és tudatunktól függetlenül használjuk őket az egyes kifejezési formák megszólaltatásakor. A munka során kísérleti fonetikai eszközökkel olyan szabályrendszert állítottunk össze, amelyik **konkrét értékekkel írja le a fenti közlésformák legfontosabb dallamformáit, és azt is, hogy ezek az adatok milyen kapcsolatban vannak egymással** egy zárt szövegkörnyezeti rendszeren belül (pl. dialógus). A dallamkapcsolat kifejezéséhez egy viszonyítási pontot kellett meghatározni. Erre a kijelentő mondat kezdőpontján mérhető alaphangfrekvenciaértéket neveztük ki. Ez lehetővé tette, hogy a szabályrendszer segítségével a fenti közlésformák dallamformáját elő tudjuk állítani a leggyakoribb közlésforma, a kijelentés struktúrájából.

Anyag és módszer

A kísérlethez olyan nyelvi anyagot állítottunk össze, amelyben előfordulnak a fenti közlésformák. A történet szövege a következő.

Kati a titkárnő a számítógép előtt ült és írta a levelet. Véletlenül hibázott, ekkor a gép megszólalt.

*– **Hibás parancsot kaptam ! Nyomja meg az Enter gombot!***

Kati megnyomta a kért billentyűt. Ekkor a gép ismét megszólalt.

*– **Mikor indul a repülő? – Kérem írja be a repülőgép indulásának időpontját!***

Kati beírta a kért időpontot de idegességében megint elrontott valamit. A gép visszaszólt.

*– **Nem értem! Mikor?***

*Kati mérgesen rászólt a gépre. – **Ne türelmetlenkedj! Azonnal beírom az időpontot!***

*Azt hitte, hogy a gép megérti, amit mond és várta a választ, de a gép néma maradt. Ekkor megint rákiabált. – **Szólj már meg te mindentudó!** A gépben azonban nem volt beszédfelismerő egység és így nem reagált Kati szavaira. Mire erre rájött, megint eltelt egy perc. A gép türelmesen várt, de aztán kis idő után megszólalt kérlelő hangon.*

*– **Tessék már beírni azt az időpontot!***

Katit meghatotta ez a kérlelő hangnem és beírta a kért számot. A gép udvariasan reagált.

*– **Köszönöm. Folytatjuk?** és a képernyőn megjelent az igen és nem választási lehetőség.*

*– **Hát nem is tudom, hogy folytatjuk-e !** – mormolta Kati félhangosan magának.*

*– **Nekem még sokat kell tanulnom, hogy veled dolgozni tudjak** – mormolta és rákattintott a nem utasításra.*

*A gép udvariasan közölte – **VÉGE.***

A történetet 3 férfi és 3 női bemondóval felolvastattuk, úgy, mintha egy novellát olvasnának fel. Kiejtési instrukciót, illetve hangzó példát nem adtunk a felolvasáshoz, tehát a közlésformák megformálása mindig a felolvasó által spontán megalkotott intonációt, hangerőt, beszédtempót tartalmazta. A felolvasók nem hallották egymás produkcióit a hangfelvételkor. Az elemzések során a vastag betűkkel jelzett mondatok prozódiai szerkezetét elemeztük és hasonlítottuk össze. A teljes vizsgálati anyag 14x6=84 mondat volt. Az artikulációs sebesség átlagértéke:13-15 hang/s volt. Az analízishez CSL számítógépes beszédelemzőt használtuk. A közlések hangmagasságát, intenzitásstruktúráját egymás alatti regisztrátumokon rögzítettük és elemeztük. A kísérletben részletesen csak a dallammeneteket vizsgáltuk, az intenzitásstruktúra képét csak vizuálisan elemeztük. Az egyes mondattípusok dallamformáinak jellemzésére szabályokat fogalmaztunk meg, majd ezeket a szabályokat alkalmaztuk tetszőleges mondatok dallamának

előállítására. Tehát például a kérést kifejező mondat dallamát a kijelentő mondatból a következő összefüggés alkalmazásával származtattuk.

$$\text{Dallam(kérés)} = \text{Dallamkezdés(kijelentés)} \times (\text{Dallamszabály (kérés)})$$

Az összefüggés azt mondja, hogy a kérés dallamformájának frekvenciaértékeit úgy számíthatjuk ki, hogy a kijelentésre jellemző indulási alaphfrekvencia értéket megszorozzuk a kérés szabályában megadott minden egyes százalék értékkel. Így megkapjuk a kérésre jellemző frekvenciapontok értékét Hz-ben, tehát létre tudjuk hozni a dallamgörbét. A fenti összefüggés értelemszerű alkalmazásával kiszámíthatók az egyes kifejezési formák alapvető dallammeneteinek frekvenciaértékei, így a közlésformák egymás utáni helyzetben megvalósuló dallammenete illeszhető lesz egymáshoz, a hangzás dallama megtartja folyamatosságát. Az alaphfrekvencia-változást az egységesített ábrázolási formának megfelelően %-ban adtuk meg. Külön figyelmet szenteltünk a közlés általános alaphfrekvenciagörbéje és a szóhangsúly megvalósulása közötti összefüggés vizsgálatára. Az előkészítés során figyelemmel voltunk arra, hogy az egyes közlések digitalizálásakor a hangerőt ne változtassuk. Ezzel biztosítottuk, hogy nemcsak az alaphfrekvencia változás, de az egyes bemondók által produkált hangerőadatok is egymással összemérhetők a történet összes mondatában, ugyanazon beszélőnél.

A kijelentés prozódiai szerkezete

A kijelentő mondaton egyszerű, rövid, kijelentő mondatot kell érteni (Ebben a kísérletben nem vizsgáltuk részletesen a kijelentő mondatok dallammeneteit, hiszen nem ez volt a cél. A kijelentő mondatot csak, mint viszonyítási alapot, a mondat kezdőpontját pedig, mint a referenciapontot használtuk (lásd a 7.6. ábrán).) A kijelentő mondatban tehát az alaphang értékét 100%-nak tekintettük és ehhez viszonyítva fejeztük ki a többi közlésforma ugyanezen görbéinek összes megadott jellemző pontjait. Ez azt jelentette, hogy, ha például a kijelentő mondat indulási alaphfrekvenciája 120 Hz, akkor ez felelt meg 100%-nak. Ha egy másik közlésben (pl. kérdésben) az indulási alaphfrekvencia a transzponálási szabályban 80%-os értékű, akkor az megfelel $120 \times 0,8 = 96$ Hz-nek. Ha ezen az alacsonyabb értéken indítjuk ezt a közlést, akkor a dallamfolytonosság megvalósul a két mondat között.

A közlésformák dallamszerkezete a kijelentéshez viszonyítva

Kérés

A kérés több fajtája közül azt a változatot vizsgáltuk, amelyben egy kérlelő hangnem realizálódik kis türelmetlenséggel párosítva (Például: *Tessék már beírni azt az időpontot!*) Ilyenre láthatunk példát Fónagy–Magdicsnál is (1967, 79). A 7.21. ábrán bemutatjuk a kérés és az azt megelőző mondat dallam- és intenzitás görbéit. A

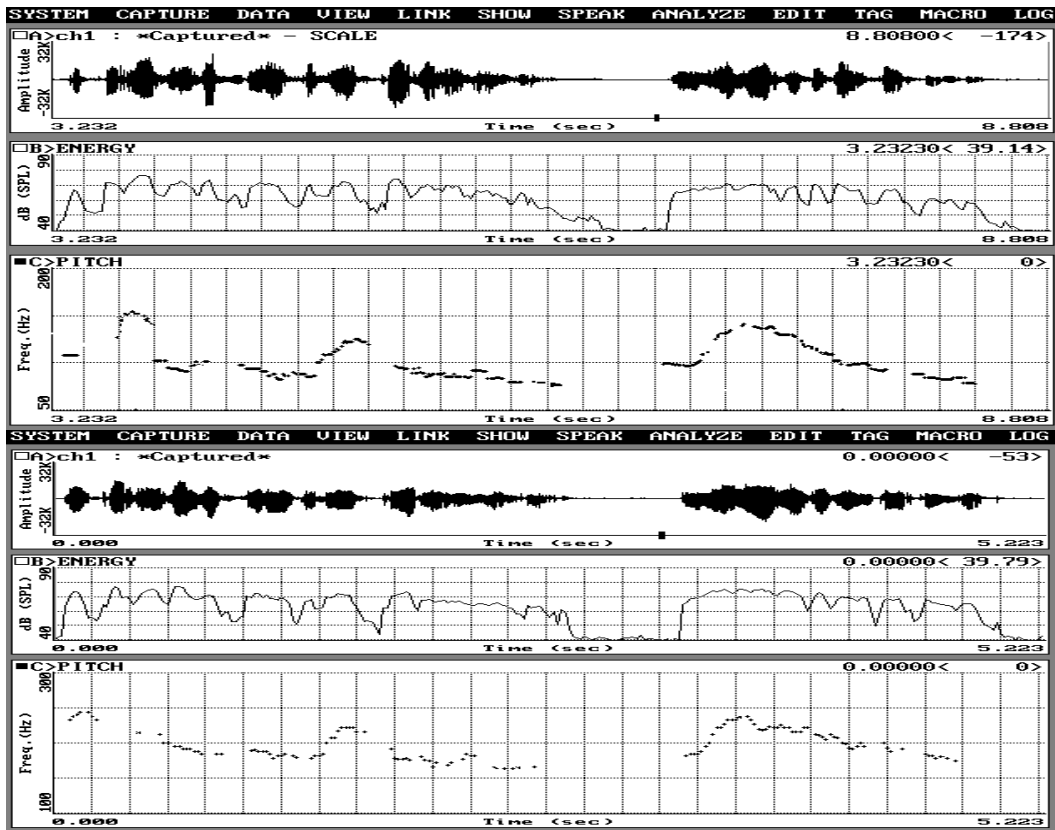
dallamgörbe indítási alapfrekvenciája itt kb. 30 %-kal mélyebb, mint a kijelentésnél, vagyis ez az indulási érték megközelíti a kijelentés befejező részében kialakuló hangmagasságot. Ez az érték mérhető az első szótag egész tartamában. Az alapfrekvencia a második szótagban kezd emelkedni és a szótag végére 30-40 %-kal magasabb lesz, mint az induló érték. Ezután lassan, egyenletesen ereszkedik a közlés végéig és néhány százalékkal az indulási érték alá érkezik a mondat végére. Ez a második szótagon "csúcsosodó" dallamgörbe jellemző a kérélés megformálására. Az eltérés a kijelentő mondat intonációs görbétől tehát jelentős. A kérélést mutató regisztrátumokon nem találtunk a szóhangsúlyra jellemző értéknövekedéseket a szavak első szótagján. Ez azt jelenti, hogy a kérélés megformálásánál a hangsúlyozási szabálynak nincs számottevő szerepe. A kérélés megformálására a hasonlóan "csúcsosodó" intenzitásgörbe is jellemző amelynek maximuma ugyanott van, ahol az alapfrekvenciagörbén.

Figyelmeztetés

A figyelmeztetés sokféle megvalósulási formájából itt a tévedésre való felhívást vizsgáltuk (7.22. ábra) az előtte levő kijelentő mondat függvényében. A dallamgörbe indítási értéke kissé magasabb, mint a kijelentő mondatban, a hangmagasság az első két szótagban viszont meredeken csökken. A görbe további lefutása lineáris csökkenést mutat, hasonló, mint a kijelentésé, csak nem süllyed olyan mélyre. A kijelentő mondathoz képesti eltérés tehát két ponton fogalmazható meg. A kezdeti magasabb indításon amelyet meredek csökkenés követ, valamint a magasabb végértékben. Az első szótagi hangsúlyozási szabály méréseink szerint megvalósul a szavakon.

Felszólítás

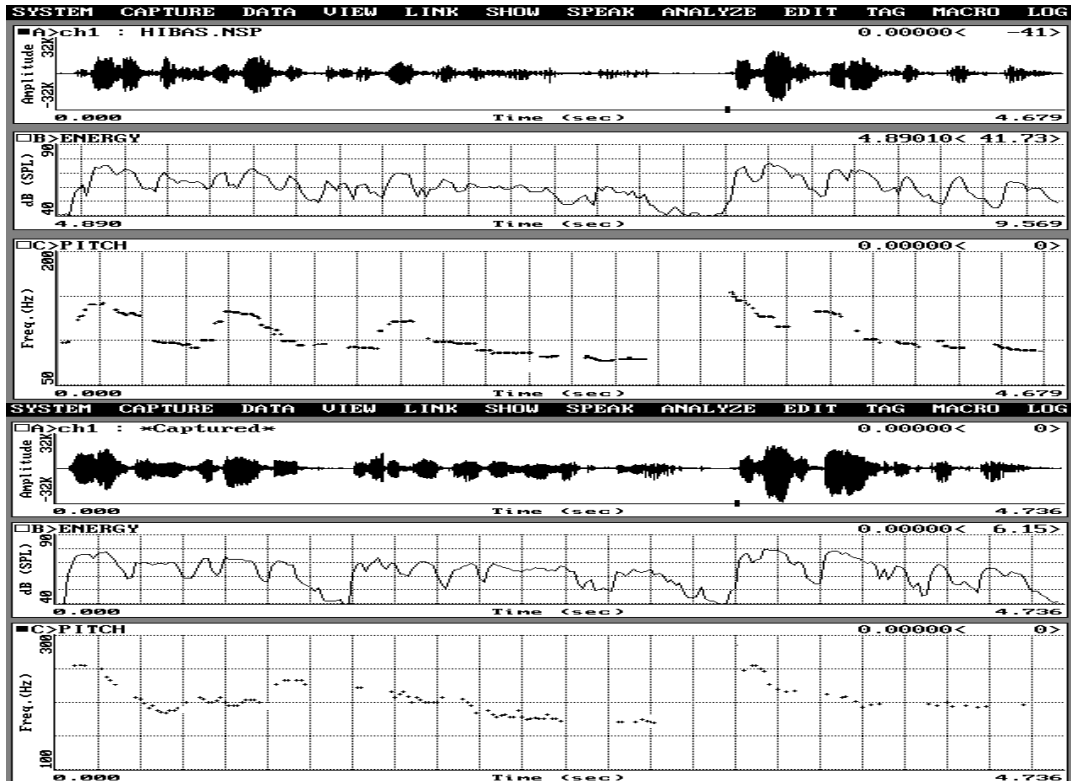
A kísérletben vizsgált felszólításokban (7.23. ábra) előfordult indulatosan és kevésbé indulatosan megformált közlésforma is. Az indulati fokozatok inkább az intenzitásgörbében jelentkeztek, a dallammenet indulattól függetlenül ugyanolyan struktúrát mutatott. A felszólításban az alaphang indítása a kijelentéshez viszonyítva sokkal magasabb, kb. a 140%-os értékről kezdődik. Ezután már az első szótagban meredek esés figyelhető meg, és ez az esés adja a felszólítási kifejezési forma lényegét. E meredek szakasz az első szótag végére kb. 90%-ra csökken, majd a második és harmadik szótagban további kb. 10%-os esés tapasztalható. Ezután a görbe fokozatosan a kijelentésnél mért végértékre csökken a kifejezés végére. A felszólításban tehát három különböző meredekségű csökkenő dallammenet mutatható ki.



7.21. ábra

A kérlelő hangnemben ejtett és az azt megelőző kijelentő mondat intenzitás- és dallamgörbéi férfi (fent) és női (lent) ejtésben. A mondatok: *Ekkor újból megszólalt a gép kérlelő hangon. Nyomja már meg az ENTER gombot!* A két mondat elválasztását az időtengelyen látható fekete négyzet segíti

A legmeredekebb a legrövidebb, a legkevésbé meredek a leghosszabb (több szavas mondatnál). Látható tehát, hogy mind értékben, mind pedig struktúrában ismét lényeges eltérés van a kijelentő mondat intonációs görbéjéhez képest. Az első szótagi hangsúlyozási szabály megvalósulhat ebben a közlési formában a beszélő szándékától függően. Az ábrán bemutatott esetben a férfi ejtésnél nemcsak az első szó első szótagján, de a *beírom* szó első szótagján is láthatunk alaphangfrekvencia kiemelkedést, míg a női ejtésnél ugyanezen a szón ilyen változás nem látható, itt csak az első szó első szótagját ejtette igen nyomatékosan a beszélő. Az intenzitásgörbe indulási pontja kb. 5 dB-lel magasabb, mint a kijelentés indítási intenzitása, de ez az érték – érzelemtől függően – akár 15 dB-lel is magasabb lehet. A jellemző intenzitásgörbe hasonló a figyelmeztetéséhez.



7.22. ábra

A figyelmeztetés és az azt megelőző kijelentő mondat intenzitás- és dallamgörbéi férfi (fent) és női (lent) ejtésben. Az ejtett mondatok: *Véletlenül hibázott és a gép azonnal megszólalt. Hibás parancsot kaptam!*

Kérdés

A két leggyakoribb kérdésfajtára, az eldöntendő és a kiegészítendő kérdésre végeztük el a vizsgálatot. (A kérdések dallamszerkezetét részletesen a 7.4.2 fejezetben tárgyaljuk.)

Az eldöntendő kérdés három szótagnál hosszabb formáját hasonlítottuk össze a kijelentő mondat dallamával. Az analízis szerint ebben a kérdésfajtában az alaphangmagasság **indulási pontja alacsonyabb**, mint a kijelentő mondaté, annak kb. a 80%-a. Utána enyhe (max. 10%-os) fokozatos emelkedés tapasztalható az utolsó előtti szótag elejéig, ahol az alaphangmagasság hirtelen felemelkedik kb. 120%-ra a magánhangzó kezdetére, majd utána azonnal csökkenni kezd és a mondat végére a kezdeti, indulási érték alá esik, kb. 70%-ot ér el.

A kiegészítendő kérdés kérdőszava magasabb alaphangmagassággal indul, mint a kijelentő mondat. A kezdő érték a kijelentő mondat indulási értékének kb. 130%-a. Ez az érték van jelen az első szótag kétharmadáig, majd a dallamvonal a második

szótag elejére ugrásszerűen, kb. 80%-ra csökken. Innen kezdve fokozatosan csökken a mondat végéig 70%-ra. Az első szótagi hangsúlyozási szabály megvalósítására utaló alapfrekvencia- és intenzitás kiemelkedéseket nem találtunk a szavakban sem a kiegészítendő, sem az eldöntendő kérdésnél. Ez azt jelenti, hogy ezeknél a kérdésfajtáknál a hangsúlyozási szabálynak nincs számottevő szerepe a prozódia kialakításában, azonban a dallamgörbékben lényeges eltérés mutatkozik a kérdés és a kijelentés intonációs görbéi között.

Az analízis eredményeiből összeállítottuk mindegyik vizsgált közlésformára a rá jellemző dallamszerkezetet. Ezeket az egységesített formájú koordinátarendszerbe helyeztük (7.24. ábra) és így megkaptuk a dallamformák közötti transzformációs összefüggéseket, vagyis a dallamok egymáshoz viszonyított kezdési pontjait, a dallamcsúcok helyét és kiemelkedésük mértékét, valamint a dallamvonulatok végpontjait. Az összehasonlításból megállapítható, hogy a dallamok kezdési pontjai jellemzőek az egyes kifejezésformákra, a végpontjaik nagyjából ugyanahhoz a ponthoz közelítenek. A referencia ponthoz képest mintegy 20%-kal mélyebbről indul a kérdés és az eldöntendő kérdés alapformája. A kiegészítendő kérdés és a felszólítás 20-30%-kal magasabbról indul, mint a kijelentés. A végpontok tekintetében a kijelentőnél mintegy 30%-os az esés, a 70%-os pontra érkezik az alaphang. Ugyanerre a pontra csökken le a felszólítás vége és a kérdéseké is. Az eldöntendő kérdésnél a végpont mélyebben van, mint a kérdés kezdőpontja. A figyelmeztetésnél és a kérdésnél a végpont kissé magasabban van, mint a kijelentésnél. Ha a 7.24. ábrán megadott kezdőpontokkal indítjuk a dallamokat, akkor biztosítani lehet a hangzásbeli folyamatosságot a mondatok között.

7.3.1 Az eredmények ellenőrzése szintézissel és percepciós teszttel

Az analízis eredményeiből alkotott szabályokat percepciós teszttel is megvizsgáltuk. Ehhez mondatokat szintetizáltunk a 7.24. ábra szabályai szerint a PDS szoftverrel. A 7.25. ábrán példaként bemutatjuk ugyanazt a vivőmondatot különböző ráültetett dallamformákkal. A példában a hangsúlyozás pontjait a félkövér betűk jelölik:

Hozzátok be a könyvet a folyosóról. (semleges, kijelentő dallamformával)

Hozzátok be a könyvet a folyosóról! (kérlelő hangnemre jellemző dallamformával)

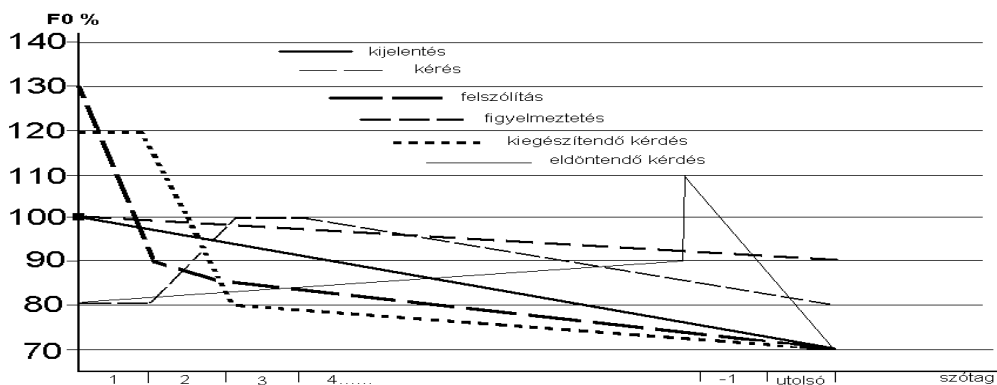
Hozzátok be a könyvet a folyosóról! (felszólításra, jellemző dallamformával)

Az ábra három fő részt mutat. A legfelső részen látható a prozódiai mátrix, amely az alapfrekvencia az idő és az intenzitás adatokat tartalmazza (bővebben lásd később). Az alatta lévő részen látható a mondat oszcillogramja. A hanghatárokat függőleges vonalak jelzik. Az ez alatti rész a három mondat alapfrekvenciagörbéjét mutatja.



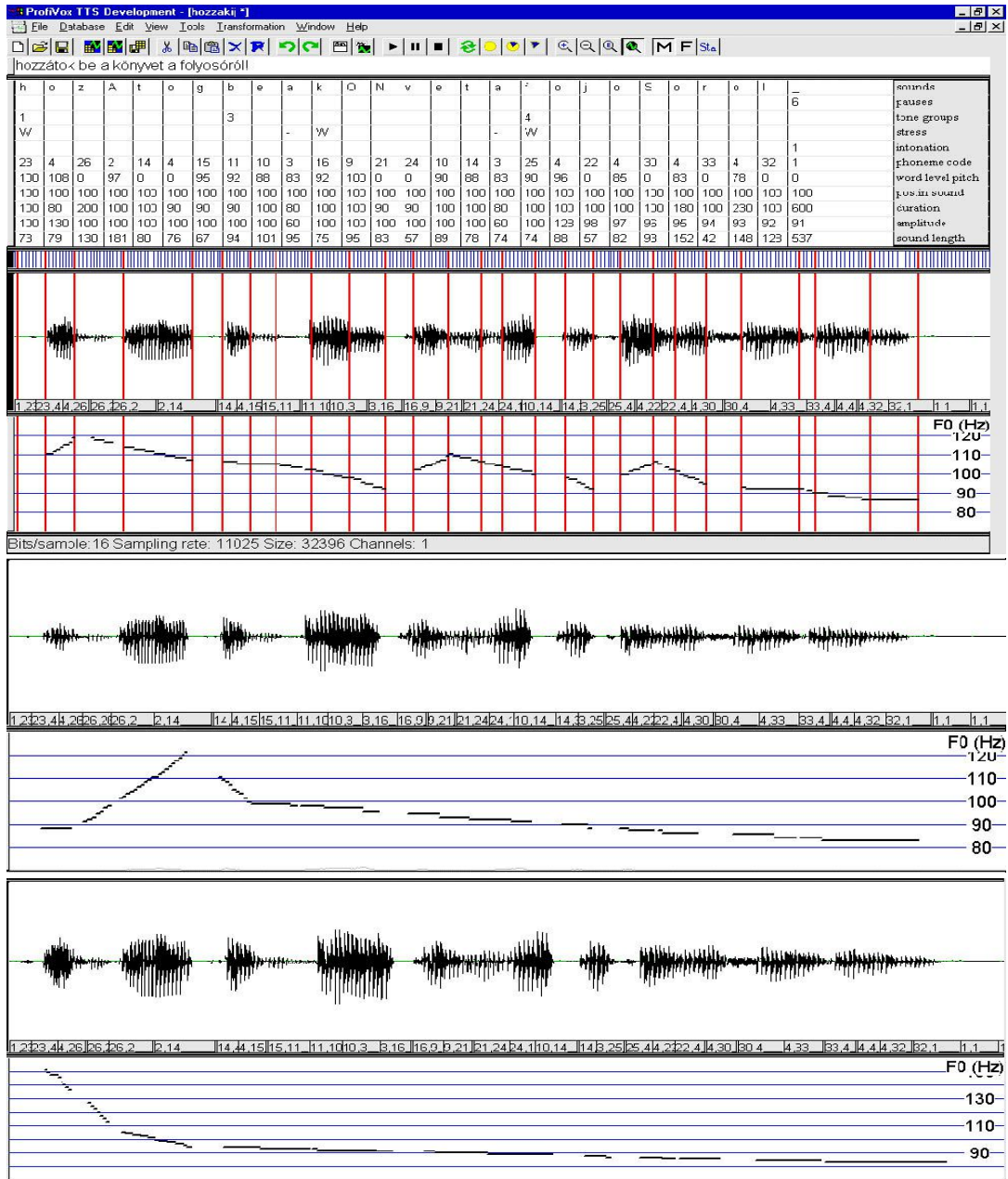
7.23. ábra

A felszólításként ejtett és az azt megelőző kijelentő mondat intenzitás- és dallamgörbéi férfi (fent) és női (lent) ejtésben. Az ejtett mondatok:
Kati mérgesen rászólt a gépre. Ne türelmetlenkedj!



7.24. ábra

Kifejezésformák indulási és érkezősi alapfrekvencia-értékei, valamint dallamformájuk a kijelentő mondatra jellemző értékek függvényében



7.25. ábra

"Hozzátok be a könyvet a folyosóról" Három dallamforma ugyanarra a mondatra ráültetve. Kijelentő (fent), kérlelő (középen), felszólító (lent)

Percepciós tesztek

Két percepciós tesztet végeztünk. Az első célja az volt, hogy megtudjuk, hogy a megalkotott dallamgeneráló szabályokkal készített mondatokat a hallgató tényleg olyan modalitásúnak hallja-e, amilyennek szántuk. A második kísérletben az mértük le, hogy az alapfrekvenciaváltozás foka milyen hatása van a közlés kifejező erejére.

Teszt 1.

18 mondatot szintetizáltunk a szabályok alkalmazásával. A mondatok hosszúságát három kategóriába soroltuk (hosszú= 6-8 szó, normál= 3-5 szó, rövid= 2 szó). Ezzel azt kívántuk megtudni, hogy a mondat hossza hogyan befolyásolja a kísérleti személyeket döntéseikben. A mondatok tartalma és szerkezete nem tükrözte a mondat fajtáját (például nem volt olyan mondat, amelyik a *Légy szíves* kifejezéssel kezdődik). Sok olyan úgynevezett vivőmondatot alkalmaztunk, amelyekre többféle dallamformát is rá lehetett ültetni (lásd a 7.16. ábrán). A tesztben 21 fő vett részt (7 nő és 14 férfi, életkoruk 20-40 év közötti volt). Három csoportban hallgatták meg a tesztmondatokat, kis alaprajú, normál szobában. A mondatokat véletlenszerű sorrendbe rendeztünk. A feladatlapjukon a következő szöveg szerepelt: kérjük, sorolja be a hallott mondatot az alábbi 5 kategória egyikébe: 1-kijelentés, 2-kérdés, 3-kérés, 4-felszólítás, 5-figyelmeztetés. Minden mondatot kétszer hallottak 4s-os szünetekkel. A kísérleti személyeket megkértük, hogy csak a második elhangzás után hozzák meg ítéletüket. A következő mondatot csak akkor kezdtük el lejátszani, amikor mindenki meghozta és bejelölte az előző mondatról alkotott ítéletét.

Eredmények

1. A kijelentő és kérdő mondatokat a résztvevők 95%-ban helyesen azonosították (vö. Gósy 1984). Ezért ezeket nem szerepeltetjük a választáblázatokban. Itt egyértelmű volt az eredmény.

2. A figyelmeztetésekre, a kérésekre és felszólításokra adott ítéleteket a 7.18. táblázat mutatja. A kéréseket sok esetben felszólításnak vélték. A hosszú mondatokban viszont 88%-ban helyesen azonosították a kérést. A felszólításoknál hasonló tendenciát kaptunk. Csak a normál, illetve hosszú kategóriában szereplő mondatokat azonosították korrektül (88%-ban) a kísérleti személyek. A kérések és a felszólítások közötti véleménymegoszlás egyrészt azzal magyarázható, hogy a két kifejezési forma közel áll egymáshoz, másrészt azzal, hogy a helyes azonosítás függhet a mondat tartalmától is. Az eredmények hasonló tendenciát mutattak a felszólításoknál is. Ezeket a mondatokat 50%-ban kijelentőnek ítélték a kísérleti személyek. Mindezekkel ellentétben a figyelmeztetéseket sohasem tévesztették össze a felszólításokkal vagy a kérésekkel.

7.18. táblázat: A válaszok a kérésekre, felszólításokra és figyelmeztetésekre

Mondat/hossz	Kijelentés	Felszólítás	Figyelmeztetés	Kérés
kérés- rövid		55%		45%
kérés- hosszú		12%		88%
kérés-közepes		50%		50%
felszólító- rövid		38%		62%
felszólító- long		17%		83%
felszólító-közepes		88%		12%
figyelm. -rövid	50%		50%	
figyelm. - hosszú	55%		45%	
figyelm. -közepes	50%		50%	

A teszt eredményeit általánosságban úgy értékeltük, hogy a szabályokkal megvalósított dallamformák kifejezik az adott modalitást, de ez a kifejezés lényegesen jobb lehet, ha a mondat tartalma is támogatja azt.

Teszt 2.

Ehhez a teszthez 5 mondatot szintetizáltunk (mindegyiket ugyanazzal a dallamgörbével csak 3 fokozatban) a fenti 5 kifejezésformára megállapított szabályokkal. A fokozatok a következők voltak:

- (i) a mondat dallama az eredeti szabállyal volt megvalósítva,
- (ii) a dallamformában szereplő csúcsot az eredeti szabályhoz képest +10%-kal magasabbra állítottuk be,
- (iii) a dallamformában szereplő csúcsot az eredeti szabályhoz képest -10%-kal magasabbra állítottuk be.

A mondatokat a meghallgatásos teszthez hármas csoportokba rendeztük. Egy csoportban ugyanazon mondat ugyanazon kifejezési formájának három változata szerepelt. Nyolc kísérleti személyt (3 nőt és 5 férfit, életkoruk 20-40 év) kértünk meg arra, hogy hallgassák meg a mondatcsoportokat. A tesztet egyenként hallgatták meg a kísérleti személyek. Feladatukat a következőképpen fogalmaztuk meg: hallgassa meg az alábbi mondat (a mondat szövegesen meg volt adva a kiértékelő lapon és az 1., 2. 3. szám is) három változatát és jelölje meg hogy az első, a második vagy a harmadik változat fejezi ki legjobban a mondat mondanivalóját. A kísérleti személyek ítélelhozatalukkor 76%-ban azt a mondatot választották, amelyikben az

alapfrekvencia a +10%-os értékre volt beállítva. Ez azt mutatja, hogy a magasabb frekvenciacsúcs jobban kifejezi a mondat modalitását.

Az eredmények alapján úgy látjuk, hogy sikerült meghatároznunk a mondat-típusok közötti dallam-szintű összefüggéseket. A későbbiekben ezt az egységes ábrázolási formát alkalmaztuk minden alapfrekvencia görbe leírására függetlenül attól, hogy az természetes ejtésből eredt, avagy szabály alapján jött létre. A 100%-os pont minden ábrázolásban a referenciapontot jelentette.

7.4 Mondatok dallamszerkezetének közelítése

A célunk, hogy a természetes ejtésű mondatok alapfrekvenciagörbéit általánosan, szöveg szinten az absztrakt intonációs jelekkel jellemezzük, továbbá, hogy a 7.19. táblázatban megadott dallamsémákkal és a 7.20. táblázatban megadott szótagszintű dallamelemekkel (a jelek alapján) meg is valósítsuk. A szövegbe írt jelek szoros kapcsolatban állnak a dallamsémákkal és a szó, illetve szótag szintű dallamelemekkel. Jelölési rendszerünk fontos szabálya, hogy **a szövegben az általános dallamsémák jelein kívül minden szónak is meg kell adni a saját szó szintű jelét**, még akkor is, ha például a szó nem hangsúlyos. Ezt a követelményt a dallamszabályok működésének ellenőrzése szempontjából tartottuk fontosnak. Ezzel biztosítottuk, hogy a számítógépes feldolgozás során könnyen fel lehessen deríteni az esetleges hangzási hibák forrását, azt, hogy a hiba például a helytelen jelölésből, vagy az előírt szabály hibás voltából keletkezett, vagy esetleg programozási hiba okozta. **Az általunk javasolt fonetikai szintű ábrázolási formával és szabályokkal konkrét dallamgörbéket rendelhetünk mind korábbi fonológiai (például Varga 1994), mind fonetikai, de leíró jellegű (például Fónagy–Magdics 1967) meghatározásokhoz.**

7.4.1 A kijelentő mondat dallama és előállítása

A magyar kijelentő mondatra általánosan az **ereszkező** hanglejtés a jellemző (Deme 1962), pontosabban az **elül eső** forma. Ez az általános forma azt fejezi ki, hogy a mondat befejező pontján az alaphang mindig mélyebben van, mint a mondat kezdetén, valamint, hogy a mondat első szótagjaiban meredekebb az esés, mint a továbbiakban. A dallamnak a kezdeti és a végpont közötti lefutása során ezen belül

sokféle változata lehet. Ez függ a mondat hosszától, a mondat összetettségétől, továbbá meghatározó a mondat szintaktikai szerkezete is. A rövid kijelentő mondat szerkezete a legegyszerűbb, egyetlen eső jellegű dallamformából áll (Deme 1962). Ezt a 17-es dallamsémával valósíthatjuk meg. Ez a dallamforma a legmélyebb pontra érkezik, ezzel a közlés teljes befejezését fejezi ki.

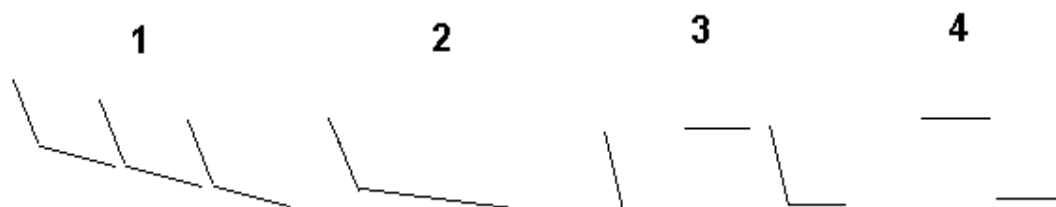
//17 [N]Esik [N] az [N]eső.

//17 [N]Tessék.

A fenti példákban a szavakon nem szerepel hangsúly, ezt jelzi a [N] neutrális jel. A hosszabb, de nem összetett mondatokban megmarad a folyamatosan eső karakter, csak a meredekségek változnak. A mondat elején a meredekség nagyobb, utána enyhébb. Itt már több dallamsémát kell egymás után kapcsolni. A következő példamondatban két dallamsémát kapcsolunk egymás után (//11 és //15):

//11[-]A [W1]gyerekek [W1]reggel [W1]hétkor /15[W1]elmentek [-]az [W1]iskolába.

Fónagy–Magdics (1967) négy alapvető formát adott meg a semleges hangú összetett mondatok dallamának megközelítéséhez (7.26. ábra).



7.26. ábra

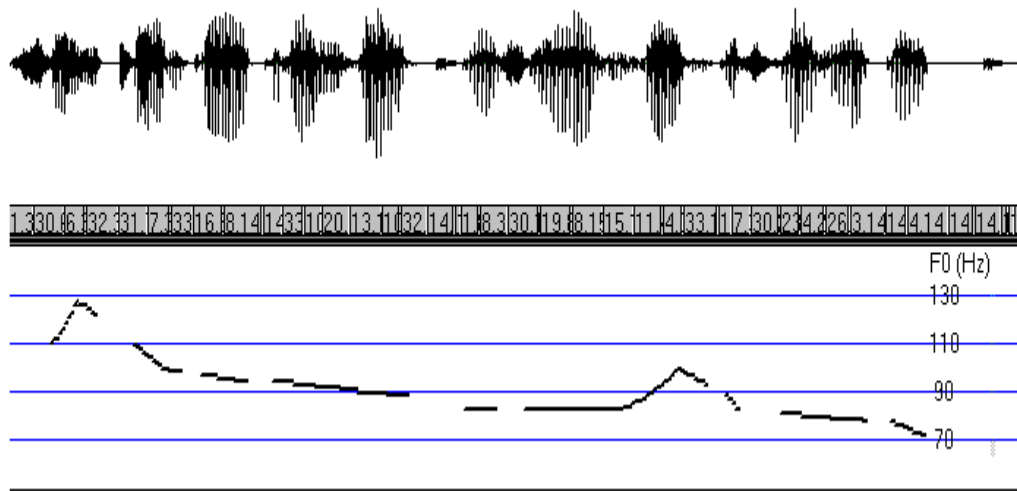
Fónagy–Magdics dallamformái összetett mondatokhoz

Az egyes formára adott példákból vegyünk néhány mintamondatot (i.m. 129, 131) és nézzük meg, hogy a dallamforma a mi jelrendszerünkkel és dallamépítő elemeinkkel hogyan valósítható meg.

Sült csirkét *ren* delt és még *borf* is hozta *tott*

Az első példamondat dallamvonulatában látható, hogy a szerzők két eső szakaszt próbáltak érzékeltetni. Az első: *Sült csirkét rendelt*, a második: *bort is hozatott*. A két rész között pedig egy hangsúlytalan rész van: *és még*. Az első eső szakasz és a második eső szakasz között az indulási pont magasságban van különbség. Ezen kívül még azt kell látni, hogy három hangsúlyos szót jelöltek a mondatban. Ezt a mondatot az alábbi módon láthatjuk el konkrét dallamformával és ez fizikailag a 7.27 ábrán látható dallamgörbét fogja eredményezni:

//11[W1]Sült [N]csirkét /24[N]rendelt //36[N]és [N]még /26[W1]bort [N]is [N]hozatott.



7.27. ábra

A //11[W1]Sült [N]csirkét /24[N]rendelt //36[N]és [N]még /26[W1]bort [N]is [N]hozatott. mondat elemekből megvalósított dallamgörbéje. A referencia pont 110Hz

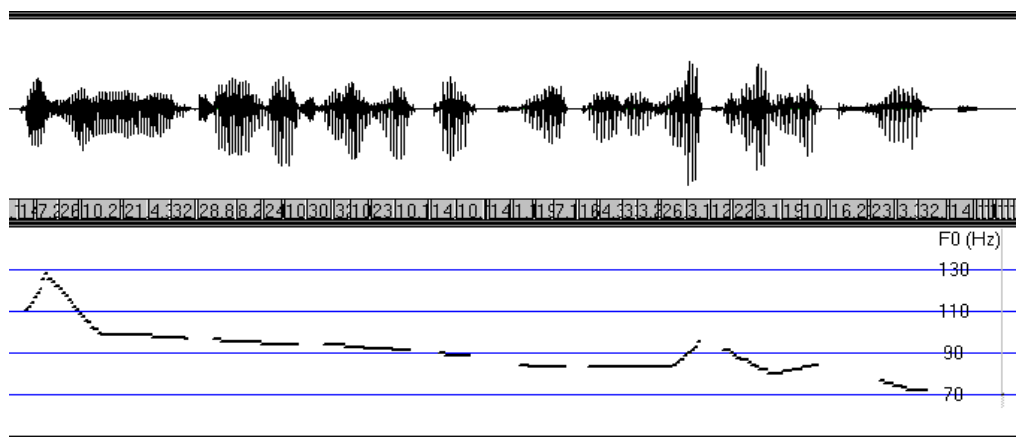
A tényleges dallamgörbéből látható, hogy az általunk meghatározott jelölések és a hozzájuk rendelt dallamépítő elemek megvalósítják Fónagy–Magdics 1-es jelű dallamformáját, valamint a hangsúlyozásokat is. Csupán annyi a különbség a kettő között, hogy a *rendelt* szóra nem tettünk hangsúly jelet, mivel úgy gondoltuk, hogy a *Sült csirkét rendelt* egy szintagmának tekinthető. A következő, példamondatban a vizuálisan ábrázolt dallamforma a következő. A mondat indulási és érkező alaphangja ugyanolyan értékű, mint amilyen az előző mondatban volt. E két pont között azonban más dallamenetet jellemzi a mondatot. Az első szóban elül eső

Ti

zennyolc éves lehetett, mikor az *ap* ja *még* halt.

dallamformát látunk (*tizennyolc*), a mondat középső részében (*éves lehetett, mikor az*) lebegőt, majd az utolsó két szóban ismét esőt. A mondatban három szóra jelöltek szóhangsúlyt. Ennek a dallamformának a megvalósítására a következő jelöléseket alkalmaztuk.

//11[W1]Tizennyolc /24[N]éves [N]lehetett, [-]mikor [-]az /26[W1]apja [W1]meghalt.

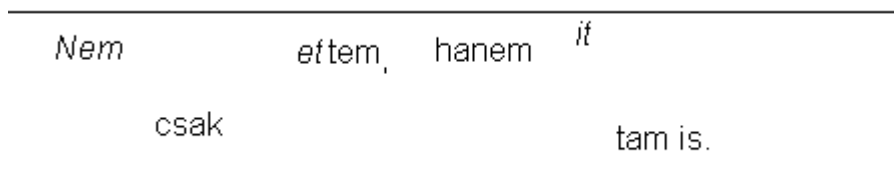


7.28. ábra

A //11[W1]Tizennyolc /24[N]éves [N]lehetett, [-]mikor [-]az /26[W1]apja [W1]meghalt. mondat elemekből előállított dallamgörbéje. A referencia pont 110Hz

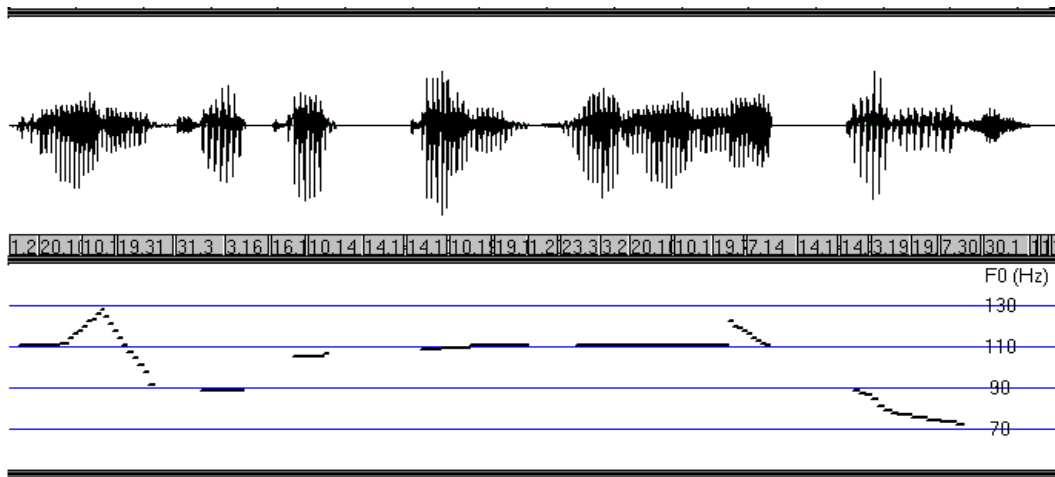
A 7.28. ábra dallamgörbéjéből látszik, hogy ennek a mondatnak az indulási és érkező alaphangja ugyanaz, mint amilyen az előző példában volt, a dallammenet belső szerkezete viszont más, követi a szerzők vizuális ábrázolású formáját. Az első szóra megadott esést megvalósítottuk, az utolsó kettőre is.

Fónagy–Magdics 2-es jelzésű dallammintája szerintük az összetett kijelentő mondatok egyik legjellegzetesebb formája (i.m. 131). Nézzünk erre is egy példát. A



dallamban itt ugrásokat érzékeltettek a szerzők, és az egész mondatra pedig egy gyengén eső karaktert, hiszen a *csak* magasabbra van jelölve, mint a mondat vége. Ezt a dallamformát a következő jelekkel tudtuk megvalósítani.

//11[W4]Nem /35[N]csak //41[W8]ettem, //31[N]hanem /17[W3] ittam [N]is.



7.29. ábra

A //11[W4]Nem /35[N]csak //41[W8]ettem, //31[N]hanem /17[W3] ittam [N]is. mondat elemekből előállított dallamgörbéje. A referencia pont 110 Hz

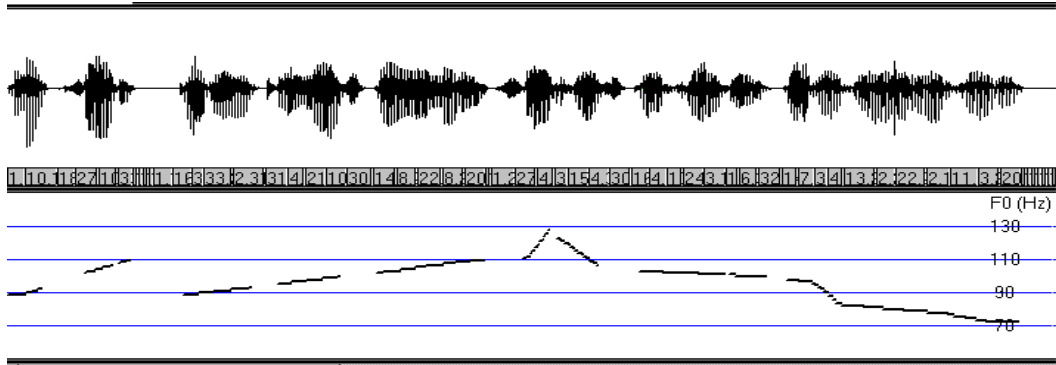
Nézzük meg, hogy Varga (1994) fonológiai szintű intonációs jeleit hogyan lehet megvalósítani a mi fonetikai dallamséma és dallamelem rendszerünk szövegbe elhelyezett jelzéseiével. Varga átiratának első mondata (i.m. 498) az alábbi jelekkel van megadva.

∕Egyszer, □∕karácsony estéjén, □∣szorgoskodva ült ∖irodájában.

Az első szó és az első szintagma emelkedőnek van jelölve, a következő félig esőnek, majd az utolsó szó eső jellegűnek. A négyzetek a szüneteket jelölik. A fenti intonációs jeleknek egyfajta megvalósítása a mi rendszerünkkel a következő.

//61[N]Egyszer, /61[N]Karácsony estéjén, //21[W1]szorgoskodva ült /15[W1]irodájában.

Ebben a mondatban Varga emelkedő jelű dallamformája a 61-es dallamsémának felel meg, az emelkedés 20%-os; a félig esőnek a 21-es dallamséma, amiben 10%-os az esés, az esőnek pedig az 15-ös, amelyikben szintén 10%-os az esés, azonban ez alacsonyabbról indul, mint amilyen értéken az előző gyengén eső befejeződött (7.30. ábra).



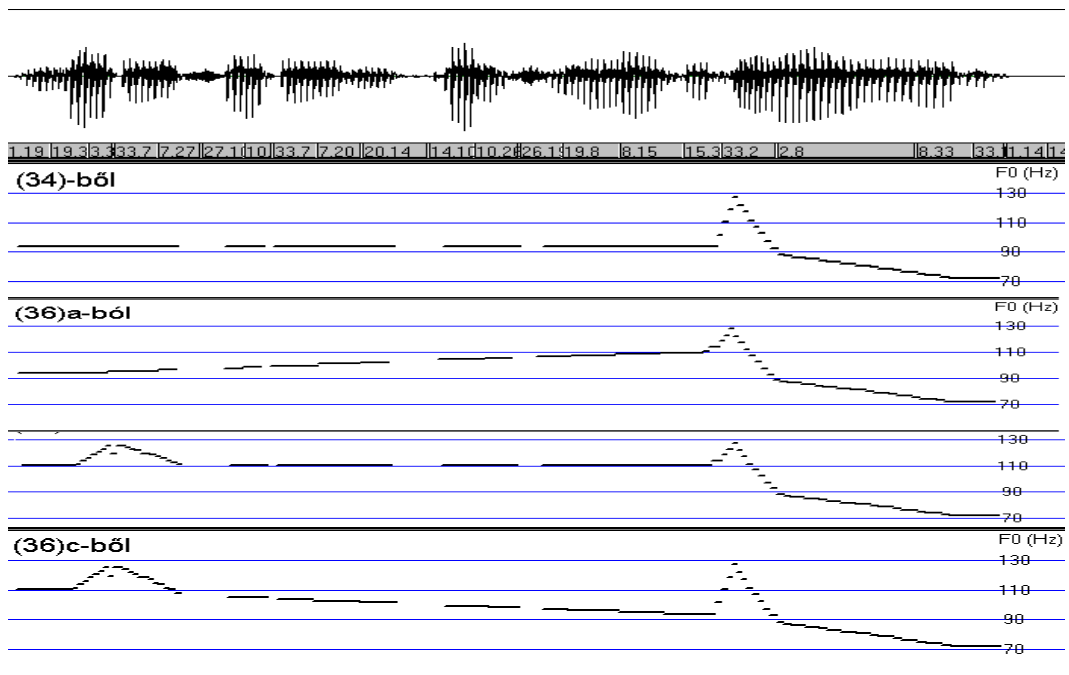
7.30. ábra

Az //61[N]Egyszer, /61[N]karácsony estéjén, //21[W1]szorgoskodva ült /15[W1]irodájában. mondat elemekből előállított dallamgörbéje. A referencia pont 110Hz

Varga elődallamra adott példamondataiból (i.m.489) a (34) és (36a, b, c) jelű mondatok átírása a mi rendszerünkbe a következők szerint lehetséges:

- (34)-ből //34[N]Mari [N]szerint [N]ez [N]még /17[W6]ráér
 (36)a-ból //52[W1]Mari [N]szerint [N]ez [N]még /17 [W6]ráér
 (36)b-ből //31[W1]Mari [N]szerint [N]ez [N]még /17 [W6]ráér
 (36)c-ből //21[W1]Mari [N]szerint [N]ez [N]még /17 [W6]ráér

A mondat négy változatát megvalósítottuk (7.31. ábra). Látható, hogy a dallamépítő elemekkel Varga mind a négy dallamváltozatát meg tudtuk valósítani.



7.31. ábra

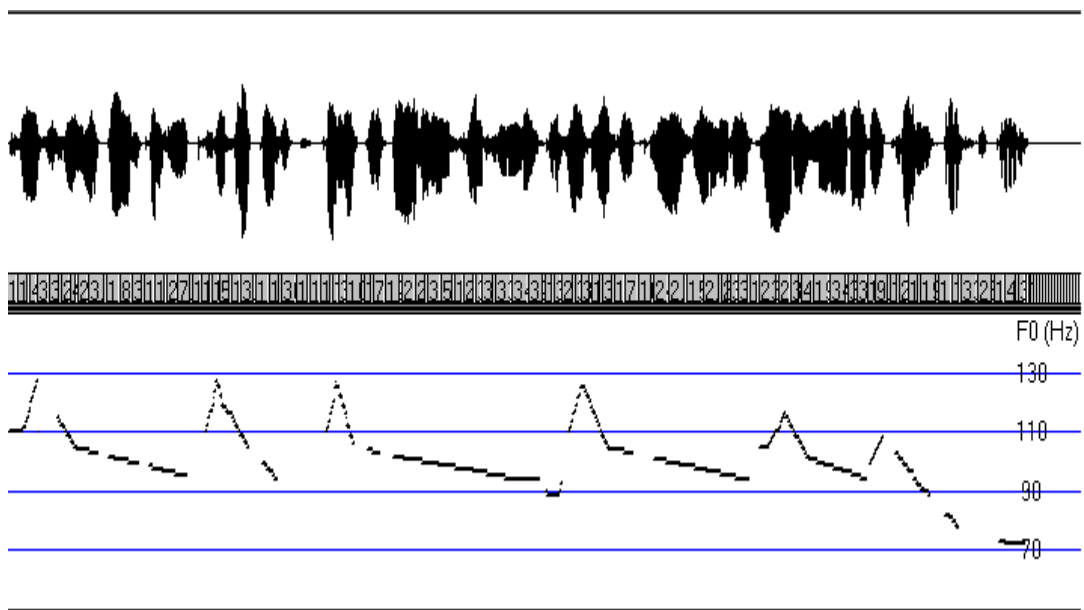
A *Mari szerint ez még ráér.* mondat megvalósítása dallamelemek összekapcsolásával Varga(1994, 489) négy jelölése alapján. A referencia pont 110Hz

A Varga által bevezetett lesodródás megvalósítására a 7.27. és 7.28. ábrán láthatunk példát. Ez tulajdonképpen Fónagy–Magdics (1967) 1-es számú vonalas dallamformájában is (7.26. ábra) érzékeltetve van. A gátak megvalósítása az ugyanazon típusú dallamépítő elemek egymás után való kapcsolásával oldható meg, legyenek azok emelkedők vagy esők. Például Varga (46)a jelű példamondata (i.m. 495) a következő formában írható le:

//22[W1]Következik [N]az //13[W1]Omega [N]együttes.

Ilyen dallamforma jellemző például a konferálásokra vagy a pályaudvari tájékoztatókra is. Erre a következő példát adjuk (7.32. ábra):

//11[W1]Gyorsvonat [N]érkezik //11[W1]Budapest //11[W1]Keleti [N]pályaudvaról
//11[-]a [W1]harmadik [N]vágányra, //22[W1]három [N]óra /13 [W1]ötven
[N]perckor.



7.32. ábra

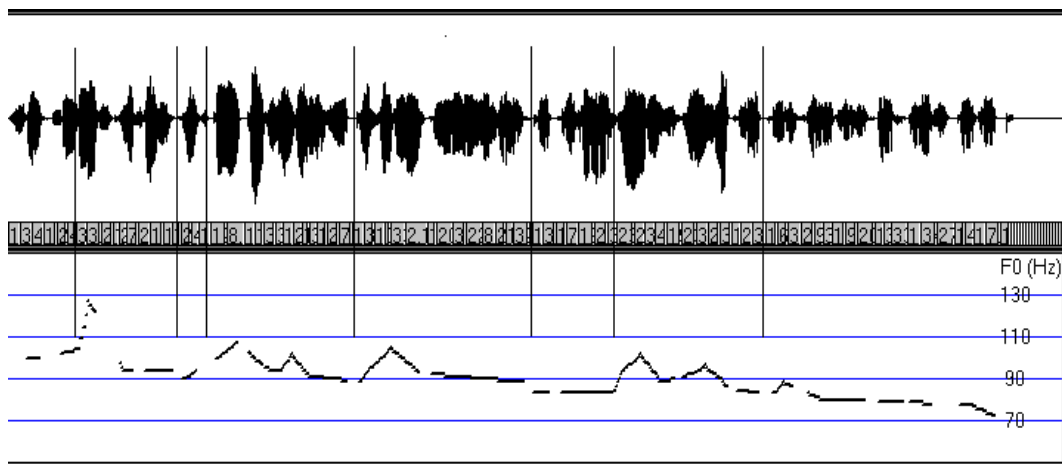
A pályaudvari tájékoztatás dallamformája

A 7.32. ábrán látható alapfrekvenciagörbe első négy karakterdallamában nincs lesodródás, vagyis a dallamsémák ugyanazon pontról indulnak és ugyanolyan frekvencia értékű ponthoz érkeznek, a dallamcsúcsok ugyanazon az alapfrekvencia

értéken vannak. Az utolsó két karakterdallamban már van lesodródás, hiszen a közlemény befejezettségét érzékeltetni kell (az ötödik csúcs lejjebb van, mint az előzők, az utolsó pedig még lejjebb). A szövegben lévő // jelek helyét a dallamformában a csúccsal induló részekben egyértelműen lehet látni. Többszörösen összetett kijelentő mondatok teljes dallamgörbéjét az intonációs jeleink és dallamépítő elemeink többszörös kombinálásával lehet leírni és megvalósítani. Itt gyakran előfordul, hogy ugyanazok a sémák ismétlődnek a mondat középső részében (például /12). Nézzünk egy ilyen példát:

//42[N]Sokszor /11[W4]azt [N]hiszem, //35[-]hogy /12[W1]Péter [W1]levelezik /12[-]a [W1]barátnőjével, //36[N]aki [N]már /14[W1]három [W1]hónapja /27[W1]külföldön [N]tartózkodik.

A mondat előállított dallamformáját a 7.33. ábra mutatja. Az ábrán függőleges vonallal jelöltük az egyes dallamsémák határait.



7.33. ábra

Az összetett példamondat elemekből előállított dallamgörbéje.
A referencia pont 110Hz

A fenti példákból és a hozzájuk tartozó hangmintákból látható, hogy **az általunk kidolgozott dallamsémákkal és a szó-, illetve szótagszintű dallamelemekkel jól lehet közelíteni a kijelentő mondatok hanglejtését.** A dallamformák szabályok alapján történő megvalósítása a beszédépítésben is eredményesen végrehajtható, mivel minden adat rendelkezésre áll az alapfrekvenciagörbe megvalósításához.

7.4.2 A kérdő mondat dallama és előállítása

A kérdések tekintetében fő célkitűzésünk az volt, hogy egyrésztől pontosan meghatározzuk a rájuk jellemző dallamformák részleteit, a töréspontok helyét, a frekvenciamozgások tartományát és egyéb szabályszerűségeket, másrésztől, hogy a kapott dallamformákat **beleillesszük az egységesített dallamábrázolási rendszerünkbe**. A kérdés különösen fontos eleme a közlésfolyamatnak. A kérdésnek olyan dallama van, amelyik kifejezi, hogy választ várunk (Fónagy-Magdics 1967). Percepciók kísérletekben kimutatták, hogy sok esetben elégséges pusztán csak a dallamvonulat is arra, hogy megkülönböztessük a kérdést, a kijelentést, illetve a felszólítást. (Gósy 2000). A kérdésekre jellemző dallamvonulatok tehát segítik a percepciót a kommunikációban. A beszédépítés során is hasonló célt kell teljesíteni. Törekedni kell arra, hogy az adott szituáció kifejezését minél biztosabbá tegyük. Ehhez a dallam helyes megformálásával járulhatunk hozzá.

Külön vizsgáltuk az egy-, két- és több szótagú kérdéseket, valamint a különleges kérdéseket, mint például a választó és a befejezetlen kérdés. Vizsgáltuk továbbá a mondatba beágyazott kérdést is, a kérdések köré esetlegesen csatlakozó, elődallamokat és függelék dallamokat, közelebbről azt, hogy a kérdés előtti, illetve utáni mondatrész(ek) milyen dallamszerkezettel valósulnak meg, hogyan készítik elő esetlegesen a kérdést, hogyan hatnak magának a kérdés-résznek a dallammenetére, módosítják-e azt, vagy nem, ha igen, hogyan? A vizsgálatokhoz olyan hangmintákat is készítettünk, amelyekben a kérdést kontextusba helyeztük. Így megfigyeltük a kérdés intonációján túl azokat a tágabb intonációs szerkezeti sajátosságokat is, amelyek a közlések mondatai között működnek a természetes nyelvi folyamatban (például dialógusban, visszakérdezésnél stb.). A szóhangsúlyozás megvalósítása, vagy meg nem valósítása szintén szerves részét képezte a kérdésekre vonatkozó teljes intonációs szerkezet feltárásának. Vizsgálati eredményeink szerint a szóhangsúlyozás megvalósítása a kérdésekben sokkal inkább korlátozott, mint a kijelentésekben és többnyire nem az alapfrekvencia növelésével jön létre, hanem a hangintenzitásével. A kérdéseknél is a 7.19. táblázatban megadott dallamsémákkal és a 7.20. táblázatban megadott szótagszintű dallamelemekkel építettük fel a dallamot. Azokat a dallamformákat pedig, amelyeket ezekkel nem lehetett leírni, mint egyedi dallamokat valósítottuk meg (K-jelű, kivételek) és meghatározott szerkezetű kérdésekhez rendeltük hozzá. A vizsgálataink alapját itt is a korábbi kutatásokban leírt sajátosságok, valamint a saját készítésű hangfelvételek képezték.

A kérdések sematizált dallamgörbéjét az egységesített ábrázolási rendszerben mutatjuk be.

A kiegészítendő kérdés dallamformái és előállításuk

A kiegészítendő kérdés általános dallamgörbéjét már Hegedűs meghatározta (1930). Deme László (1962, 504) a következőképpen írta le e kérdésfajta dallamát: „...a kiegészítendő kérdéseknek sajátos, csak rájuk jellemző hanglejtésformájuk nincsen. Kérdő jellegüket egyedül a kérdő névmás mutatja. A rájuk jellemző dallamforma a kijelentő mondatra megállapított elül eső.” Az analízis során elsősorban azt vizsgáltuk, hogy a kérdőszóban hogyan alakul az alaphangfrekvencia változása. Ez különböző, ha a kérdőszó egyszótagú és önmaga alkot mondatot (*Hol?*), illetve ha több szótagú (*Mikor?*, *Mikortól?*). Ebbe az utóbbi formába tartozik az is, amikor a mondat legalább két szót tartalmaz (*Hol vagy?*). Ezen felül megvizsgáltuk a beszélt nyelvben egyre gyakrabban hallható variánst is, amikor a kérdés utolsó szótagjában a beszélő felemeli az alaphangot (*Mit csináltak?* Deme 1962, 512). Ennek a variánsnak a létjogosultságát Gósy (1994) percepciósvizsgálattal is bizonyította.

Elemzésünk során a kiegészítendő kérdés dallamát két részre bontottuk: az indítási részre (a kérdés magja) és az utána következő ereszkedő részre. Az indítási rész mintegy 30%-kal magasabb alaphangfrekvenciájú, mint ami a kijelentő mondat kezdetére jellemző (7.34. ábra). Minél magasabb ez az indítás, annál kifejezőbb a kérdés. A 7.34 ábrán látható, hogy a magánhangzó elején már magas az alaphang. Ha a kérdőszó **egyszótagú** és magában alkot mondatot, akkor az alaphangfrekvencia még a magánhangzóban erősen csökken. Ennek megvalósításához a magánhangzó időtartama **jelentősen megnyúlhat**, hogy legyen fizikailag is idő a csökkentés végrehajtására. A magánhangzó végére az alaphangfrekvencia kb. 10%-kal alacsonyabb szintre kerül, mint a kijelentő mondat indulási értéke. Ha a kérdőszó legalább **két szótagú**, akkor az alaphangfrekvencia az első magánhangzóban végig az indítási értékhez közeli magasságban marad, majd a csökkenés a második magánhangzóban, annak végéig jön létre. Itt az indulási alaphang értéke ugyanaz, mint az egyszótagú kérdésnél volt, a csökkenő rész viszont akár 20%-kal lacsonyabbra is érkezik, mint ami a kijelentő mondat indítási alaphangja. Ebben a két esetben tehát nincs ereszkedő dallamrész a kérdőmondatnak, az csak a **három szótagú** és annál hosszabb kérdésekben jön létre. Ezekben a kérdésekben az alaphangfrekvencia csúcs

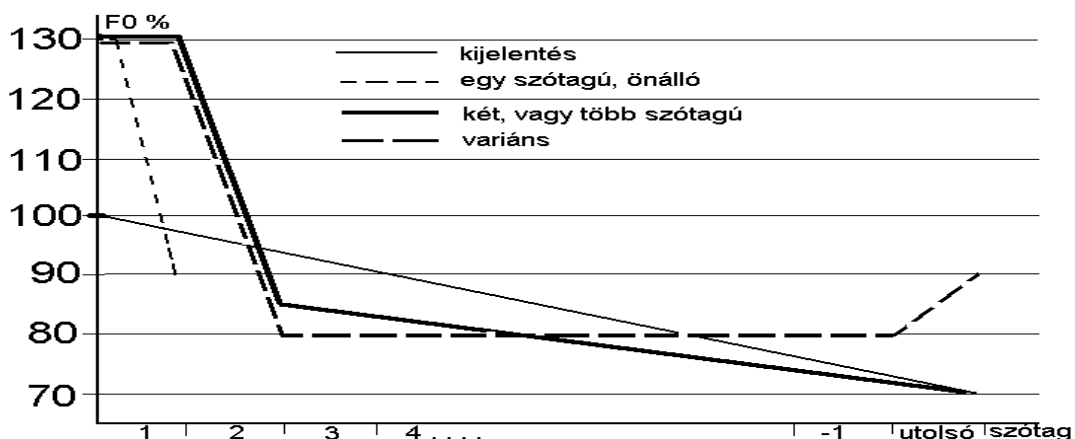
után, a harmadik szótag elejétől lép be az ereszkedő rész, amelyben az alapfrekvencia a kijelentő mondat végének megfelelő értékre csökken. **A variáns esetében az utolsó szótagban az alapfrekvencia mintegy 10%-nyit emelkedik** folyamatosan. Ez az emelkedés kiegyenlítődést hoz létre az öt megelőző ereszkedő részben, tehát a kérdés végének megformálása **visszahat** az azt megelőző részre. Ez úgy jelentkezik, hogy az egyébként ereszkedő rész inkább szinttartóvá válik, hogy előlészítse a dallamvégi felugrást (7.34. ábra). Méréseink szerint ez a szinttartó rész kicsivel alacsonyabb alaphangról indul, mint abban az esetben, amikor a kérdés végén nem emeljük meg az alaphangot. A kérdések ereszkedő részében nem találtunk szóhangsúlyra utaló dallam-kiemelkedést.

A kiegészítendő kérdésforma előállítására a dallamelemekkel a következők jelek megadásával történik.

//17[W6]Hol? //17[W5]Mikor? //11[W4]Hol /15[N]vagy?

//11[W5]Mikor /15[N]jöttök [N]hozzánk?

//11[W5]Mikor /35[N]jöttök [N]hozz[W9]ánk? (példa a variáns előállítására)



7.34. ábra

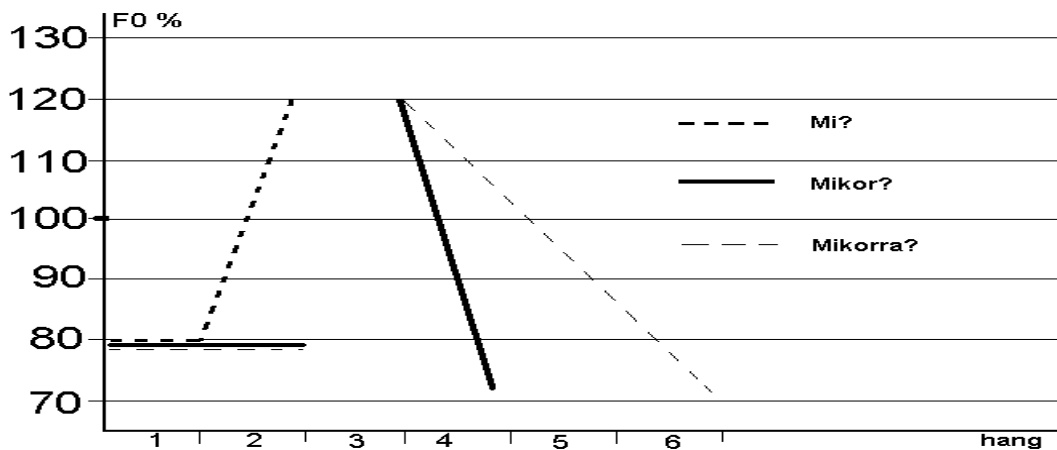
A kiegészítendő kérdés dallamformái a kijelentéshez viszonyítva.
A referencia pont 110 Hz

Varga (1994) rendszerében a kiegészítendő kérdő mondatok az eső intonációs jellel vannak jelölve. Ezt a jelet tehát az általunk bemutatott dallamséma- és szóhangsúly-kombinációval kell helyettesíteni, ha a mondat dallammenetét a fonológiai reprezentáció alapján akarjuk megvalósítani.

A csodálkozást kifejező **visszakérdezésnek** az előbbiektől eltérő dallamformája van (7.35. ábra). **Egyszótagú** esetben a magánhangzóban fokozatosan emelkedik az alapfrekvencia a szó végéig, amíg el nem ér legalább 20%-kal magasabb értéket, mint

a kijelentés indulási pontja. A **kétszótagú** esetben speciális dallamforma jellemző erre a kérdésre. A **három szótagú**, illetve az ennél hosszabb ilyen kérdések dallama pedig ugyanaz, mint az eldöntendő kérdésé. A kétszótagú eset speciális dallamformája az eldöntendő kérdés dallamformájának rövidített változata. Az első szótagban az alaphang mélyen van, mintegy 20%-kal alacsonyabban, mint a kijelentés indulási alaphang értéke. A második szótag magánhangzójának kezdetére felugrik arra a pontra ahonnan a kérdőszó dallama a kiegészítendő kérdésben indult, majd onnan fokozatosan csökken a szó végéig. A csökkenés végén közel ugyanazt a pontot éri el, amit a kijelentés.

Például: *Hatkor indul a repülő. **Mikor?***



7.35. ábra

A kiegészítendő kérdés visszakerdezési dallamformái

(Az egy és kétszótagú esetben a dallamformához hozzátartozik, hogy a dallamcsúcsot hordozó **magánhangzó időtartama megnyúlik**.) Az egyszótagú esetre bemutatott dallamformát **kivételes** dallamsémaként kezeljük, jele: K1. A szövegben ezt a kérdést tehát nem az eddigi intonációs jelekkel adjuk meg, hanem így: [K1]Mi?

A kétszótagú esetet már megadhatjuk a következő formában:

//34[N]Mi/17[W3]kor?

A kiegészítendő kérdés variáns példájánál és itt a kétszótagú visszakerdezés megvalósításánál is az intonációs **jelölő rendszerünk további lehetőségeit** mutattuk meg. Ugyanis a dallamsémákat megadhatjuk szórészekre is, a szótag szintű jelöléseket pedig akár többször is alkalmazhatjuk egy szón belül.

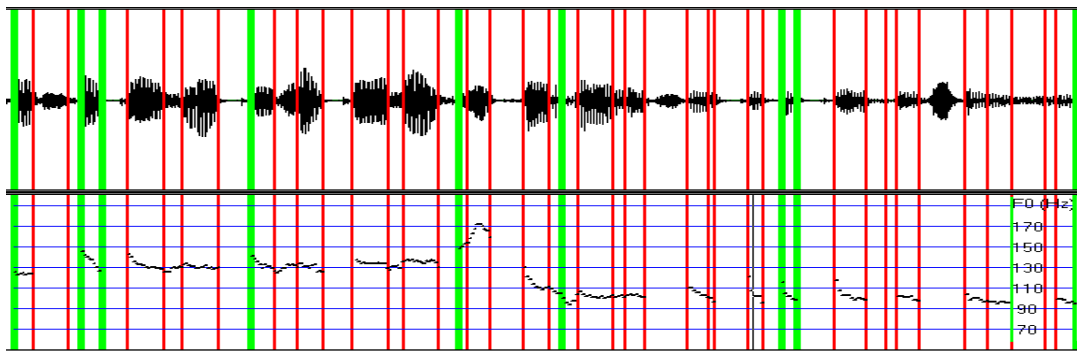
A hosszabb kiegészítendő kérdések is ejthetők visszakerdező formában. Ekkor az eldöntendő kérdés dallamformáját kapják Erre példa Varga (17)b mintamondata *Kivel találkoztak?* (i.m.482), amelyet az emelkedő-eső általános dallamformával jellemez. Ezt a mi jelöléseinkkel így kell megadni:

//52[N]Kivel [N]talál[W5]koztak?

Kiegészítendő kérdés elődallammal

Ha a kiegészítendő kérdést egy bevezető rész előzi meg, annak elődallama lesz. Például: *Ezt a témát illetően, mikor válaszoltok a kérdéseimre?*

A példamondat természetes ejtésű változatának dallamgörbéjét a 7.36. ábra mutatja. Az elődallam a példában közepesen alacsonyról indul és kissé emelkedő jellegű, de más formával is előfordulhat, például magasabbról induló és inkább szinttartó (lásd Varga 1994, 488. (33)-as példa). Ezt a beszélő szándéka változtathatja. **Az elődallam hatással van a kérdőszó alapfrekvencia képére.** A kérdőszó első magánhangzójában itt nem a korábbi szabályban meghatározott magas pontról indul az alaphang, hanem fokozatos emelkedéssel éri el a maximális értéket (az elődallam végétől indulva). Itt tehát más jelöléssel, [W3]-mal kell megadni a kérdőszó dallamát.

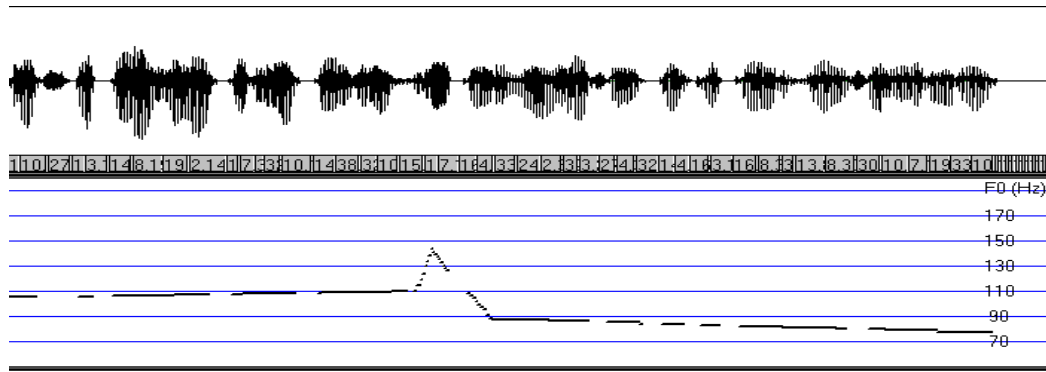


7.36. ábra

Az *Ezt a témát illetően mikor válaszoltok a kérdéseimre?* természetes ejtésű mondat dallamgörbéje. A vékony piros vonalak a hanghatárokat, a vastagabb zöldek a szóhatárokat jelölik

Az elődallamot enyhén emelkedő formával valósíthatjuk meg, a kérdés részt pedig a korábbiak szerint. A mondat szintetizált változatát a 7.37. ábra mutatja.

//41[N]Ezt [N]a [N]témát [N]illetően, //11[W3]mikor /15[N]válaszoltok [N]a [N]kérdéseimre?



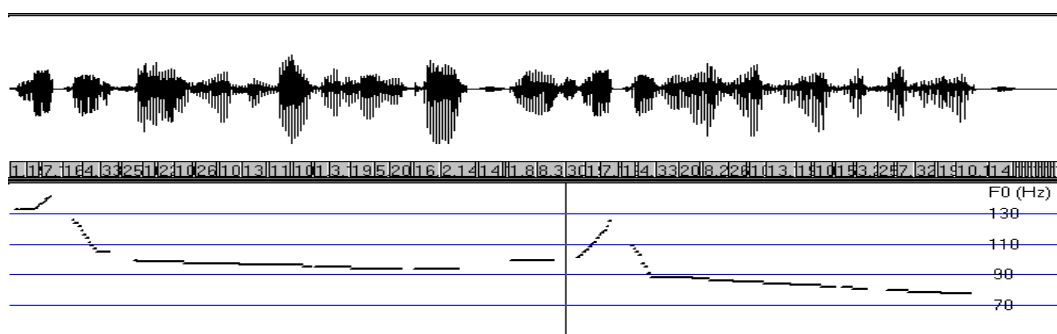
7.37. ábra
Az elődallammal rendelkező kérdés összeállított dallamgörbéje.
A referencia pont 110 Hz

Összetett kiegészítendő kérdések

Az összetett kérdésekben, mint például az alábbi mondat, a kérdés dallammenete formailag megismétlődik. Ez azonban tényleg csak formai, mivel az első kérdés kérdőszavának is és ereszkedő részének is a vége magasabban fejeződik be, mint ahogy azt a 7.34. ábrán megadtuk. Tulajdonképpen feljebb csúszik az egész dallamforma. Ezzel jelzi a beszélő, hogy nincs a közlés teljesen befejezve. Ilyen esetben az első kérdésrésznél más dallamsémákat kell alkalmazni, a második kérdőszót pedig alacsonyabbról kell indítani. Tehát:

//21[W5]Mikor //22[N]fejezed [N]be [N]a [N]munkát [N]és //12[W5]mikor /15[N]nézed
[N]meg [N]a [N]filmet?

A megvalósított dallamgörbét a 7.38. ábra mutatja.



7.38. ábra

Az összetett kiegészítendő kérdés dallamformája, ahol a két dallam megismétlődik.
A referencia pont 110Hz. A függőleges vonal a 2. kérdés kezdetét mutatja

A helyzet hasonló, ha a kérdés után még további tagmondat következik. Például:

Mikor nézed meg azt a filmet, amiről a múlt héten beszéltél?

Mit tennél, ha megnyernéd a főnyereményt?

Itt a kérdést követő részben fokozatosan eső dallamforma valósul meg és szóhangsúlyok is lehetnek. Ezeket azonban nem az alapfrekvencia növelésével hozzuk létre, hanem intenzitásnöveléssel, ugyanis a mondat szintű, egyre mélyülő dallamképzés nem engedi meg az alapfrekvencia növelését. **A magasabb rendű dallam erősebb**, ahogy azt már a korábbi példában is láttuk (vö. 7.17. ábra).

A kiegészítendő kérdések egyik speciális, szituációfüggő formája, amikor nem a kérdőszó kapja meg a hangsúlyt. Ez olyan mondatokban fordul elő, amelyek az *és* szóval kezdődnek. Például:

És mikor beszéltek az igazgatóval?

Az alapfrekvencia csúcsa az *igazgató* első szótagján van, a csúcsot pedig egy alacsony értékről induló gyengén emelkedő dallamszakasz előzi meg. A kérdőszó is ezen az alacsony frekvencián van, hangsúlytalanul ejtjük (7.39. ábra).

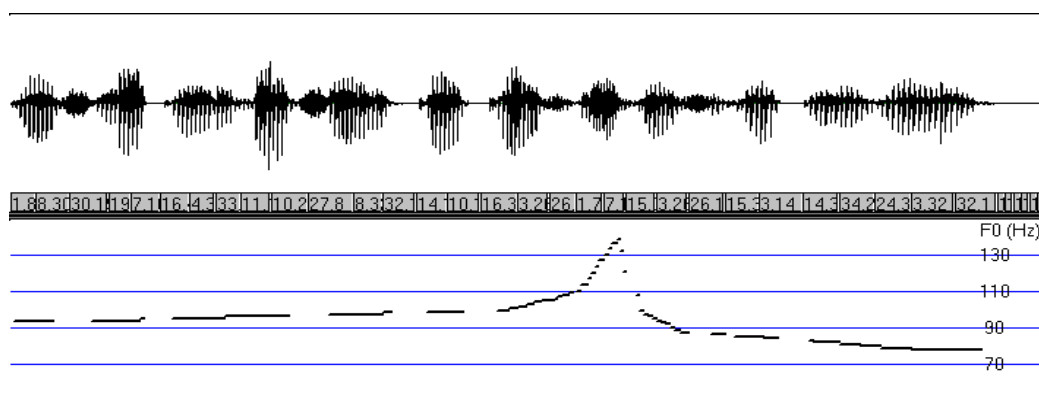


7.39. ábra

Az *És mikor beszéltek az igazgatóval?* mondat dallammenete

Ennek a dallamformának a megvalósításához a következő jeleket alkalmaztuk:

//43[N]És [N]mikor [N]beszéltek /51[N]az /11[W1]igaz/15[N]gatóval?



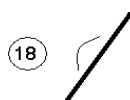
7.40. ábra

Az //43[N]És [N]mikor [N]beszéltek //51[N]az //11[W1]igaz/15gatóval? mondat dallamelemekből összeállítva. A referencia pont 110Hz

Eldöntendő kérdések

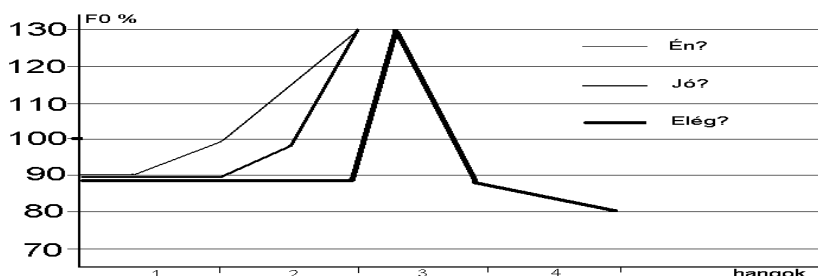
Ennek a kérdésnek sajátos dallamformája van, Deme (1962) emelkedő esőnek, vagy inkább végén esőnek nevezte. “E formát az jellemzi, hogy utolsó előtti és utolsó szótagja között nagy esés van, a magasság itt a felső fokról az alsóra esik le.” (i.m. 505). Ezt a kérdésformát az emelkedő jelleg különbözteti meg az egyéb mondatfajtáktól. Külön vizsgáltuk az egy-, a kétszótagú és a hosszabb változatokat.

Az **egyszótagú** esetre speciális dallam jellemző. Ezt Deme emelkedőnek nevezte és a (18)-as jelzésű dallamformával ábrázolta.



A minta fölötti körív valószínűleg azt kívánta érzékeltetni, hogy a dallamváltozás ívelt. Vizsgálatunk szerint az ív homorú kellene hogy legyen. A magánhangzó elején az emelkedés enyhe, majd fokozatosan meredekebb lesz. Fónagy–Magdics (1967, 41) is a 114. kottájában (*Ez Ő?*) ezt a homorú formát ábrázolja grafikusán. Véleményünk szerint a fokozatosan növekvő meredekség fontos jellemzője ennek a dallamformának (ha a szótag elejétől fokozatosan emelkedő dallamformával szintetizáltuk a kérdést (Deme sémája szerint), nagyon furcsa hangzást kaptunk. Ezt az ívelt vonulatot törtvonalas közelítéssel csak minimum két törésponttal tudtuk leírni (7.41. ábra).

A kétszótagú esetre Deme emelkedő-eső karaktert ábrázolt és az eső rész fölé hasonló íves vonalat tett. Fónagy–Magdics a *Gomba?* példamondatban (i.m. 41, 121. kotta) az emelkedő részt csak a második szótagban ábrázolták. Ők viszont nem jelöltek eső részt a dallam végén. Vizsgálataink szerint Deme megállapítása a helytállóbb, melynek lényege, hogy az eső rész akkor is megmarad, ha két szótagúra rövidül a hangsor. Vizsgálataink szerint ilyenkor az utolsó magánhangzóban jön létre az emelkedés is és az esés is. A sémát a 7.41. ábra mutatja.



7.41. ábra

Az egy- és kétszótagos eldöntendő kérdés dallamformája

A 7.41. ábrából látható, hogy a kétszótagú kérdésre a szinttartó, majd az emelkedő-eső karakter a jellemző.

Amennyiben az **egyszótagú kérdést egy előkészítő rész előzi meg**, akkor – méréseink szerint – erre az elődallamra az enyhén eső jelleg lesz a jellemző, azaz a 100%-os pontról indulva a 90%-os pontig csökken az alaphang, a kérdés rész dallammenete változatlan marad. Például:

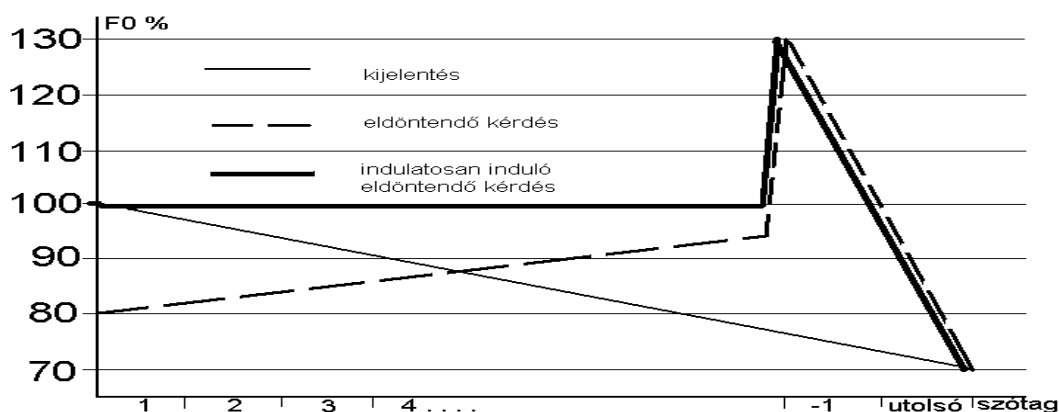
Ennyi már jó? Ennyi már elég?

Az egy- és kétszótagú eldöntendő kérdés fenti dallamformáit a dallamsémáinkkal és szótag szintű szabályainkkal nem tudtuk leírni, ezért ezeket a dallamformákat a (K) kategóriába soroltuk. Az egyszótagú jele: K2, a kétszótagúé: K3. Tehát:

/[K2]Én?, /[K3]Kivel?, //11[N]Ennyi [N]már /[K2]jó?

Többszótagú eldöntendő kérdés

A többszótagú eldöntendő kérdés dallamformájára az emelkedő-eső meghatározás a gyakori (v.ö. Deme 1962). A dallamforma véleményünk szerint két részből áll. **Az első rész közepesen alacsony alaphang értékről indul (80%), majd enyhén emelkedik az utolsó előtti szótagig, ahol eléri a 95%-os szintet. A második rész képviseli az emelkedő-eső részt**, ami tulajdonképpen a kérdés magja. Ennek pontos szerkezetére a következő megállapításokat tettük: az utolsó előtti szótagban a magánhangzó elején az alaphang hirtelen a maximumra emelkedik (130%), majd még ebben a magánhangzóban le is csökken arra az értékre ahonnan az ugrás kezdődött (95%) és a csökkenés a hangsor végéig egyenletesen folytatódik (7.42. ábra). Lényeges eleme ennek a kérdésnek a befejezési alapfrekvencia. Ez alacsonyabb értékű (70%), mint amilyenén indult a kérdés. A csúcs helyét a szótagszerkezet határozza meg nem függ a szó hosszától. Így előfordulhat, hogy az például névelőre esik: *Elhoztad a sőt?* Mivel az enyhén emelkedő rész alacsonyabbról indul, mint a kijelentés ez a rész már önmagában hordozza a kérdést. Tizenkét preparált mondatot készítettünk, amelyekben a kérdés végén lévő emelkedő-eső részét levágtuk. Ezeket a megcsonkított kérdő mondatokat normál kijelentő mondatok mögé helyeztük. Például: *Kovácsékkal találkozunk délután. Elindultak...* Percepciós tesztet végeztünk, amelyben 2-2 mondatos egységeket (kijelentőt és utána közvetlenül a megcsonkított kérdőt) hallgattatunk meg 4 személlyel (férfiak, életkoruk 25 és 40 év közötti volt). A kísérleti személyeknek arra kellett válaszolni, hogy a kijelentő mondat után milyen befejezetlen mondatot hallottak: felszólító, kérdő, felkiáltó, kijelentő. A kísérleti alanyok válaszaik 83%-ában a kérdést jelölték meg.



7.42. ábra

Az eldöntendő kérdés dallamformái és viszonyuk a kijelentéshez

Az eldöntendő kérdés első felében az alaphang magasabb fekvésben is előfordulhat. Deme (1962, 512) szerint: „... a kérdés elején egyhangúan menő, vagy lassan emelkedő rész magassága utal az érzelemre. Az alacsonyabb kezdés közönbösebb, a magasabb indulatosabb. Például: **Kész** az ebéd?”. Az ilyen, indulatosabb eldöntendő kérdés dallamformáját a következők szerint adhatjuk meg:

//54[N]Elhoztad [N]az [N]eb/17 [W5]édet?

Amennyiben az eldöntendő kérdés a mondatba ágyazva, annak második felében van, egy elődallam előzi meg. Például:

Tegnap délután elmentél lovagolni?

Méréseink szerint ebben az esetben az elődallam eső jellegű, 100%-ról indul és 85%-ra érkezik, majd a kérdés dallama innen indul tovább. Ez az elődallam csak eső lehet, mivel csak ezzel a formával tudjuk elválasztani a kérdéstől (tulajdonképpen egy völgyet képezünk). Az elődallamos részben gyenge szóhangsúlyok is lehetnek, amit az alapprofrendencia enyhe növelésével érhetünk el. Ezért alkalmaztuk a [W2] jelű hangsúlyt a jelöléseknél. Tehát:

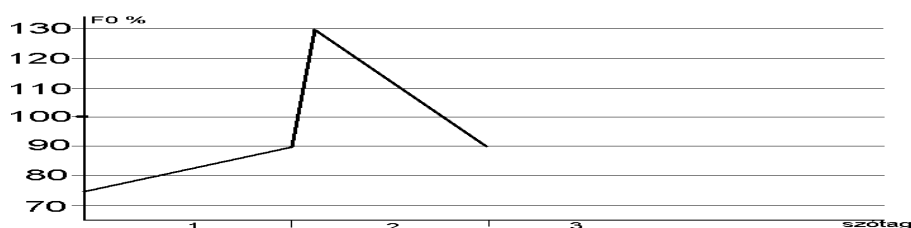
//11[W2]Tegnap [W2]délután //54[N]elmentél [N]lova/17 [W5]golni?

A kétszótagú eldöntendő kérdés dallamformájának egy változata valósul meg néhány olyan esetben, amikor a kérdés két egyszótagú szóból áll. Például:

Ő volt? Kell só? Ott lesz? Én is? Volt már?

Méréseink szerint ezekben a kérdésekben az utolsó magánhangzóban egy felugrás utáni erőteljes esés tapasztalható (7.43. ábra). Az ilyen kérdések dallamgörbéje két részből áll. Az első szóban az alapprofrendencia mélyről indul és enyhén emelkedik. A második szó elején felugrik 130%-ra, majd innen folyamatosan csökken, amíg el nem éri a 90%-os pontot a

kérdés végén. A dallamforma legfontosabb része az ugrás és a meredek csökkenés. Ez biztosítja a megfelelő hangzást. (Ugyanakkor az egyszótagú kérdésre korábban megállapított dallamforma valósul meg például a következő mondatokban: *Ez ő? Már volt?*)



7.43. ábra

A két egyszótagú szóból álló eldöntendő kérdés (Például: *Ő volt?*) egyes esetekben megvalósuló dallamformája

Ha az előbbi formát további szöveg is megelőzi, akkor egy elődallam van a kérdés előtt.

Elvitték a lányt is?

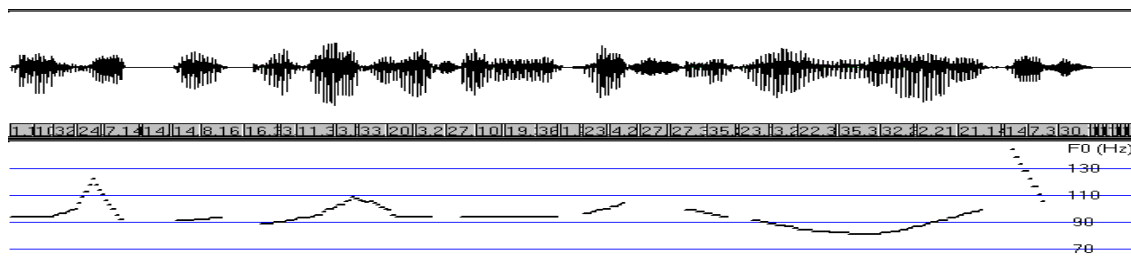
Erre az esetre azt állapítottuk meg, hogy az elődallam elején egy gyengébb eldöntendő kérdés van jelen. Fónagy–Magdics (1967 51,52) is említett hasonló megfigyelést: „... fokozatosan ereszkedik az előkészítő rész, hogyha csak lazán csatlakozik a kérdőmaghoz. Mintha a beszélő először – a kérdő szándék jelzése nélkül – hozná szóba a témát. Csak a mondat végén dől el, hogy kérdezni akar s hogy mit akar kérdezni. A kérdő dallam felbukkanhat már az előkészítő részben is. Gyakran kisebb hangközzel sejteti a mondat végén kifejtett motívumot.” Ha hosszabb az elődallam, akkor egy lebegő rész is közbeiktatódik az elődallam elején lévő gyengébb kérdező dallam és a valóságos kérdés magja közé. Például:

Elvitték a barnaszemű, hosszúhajú lányt is?

A lebegő részben előfordulhat hangsúly is. Ez utóbbi mondatot az alábbi intonációs jelekkel valósítottuk meg:

//43[N]Elv/23 [W7]itték [N]a /34[W2]barnaszemű, /24[W2]hosszúhajú

/55[N]lányt /17 [W5]is?



7.44. ábra

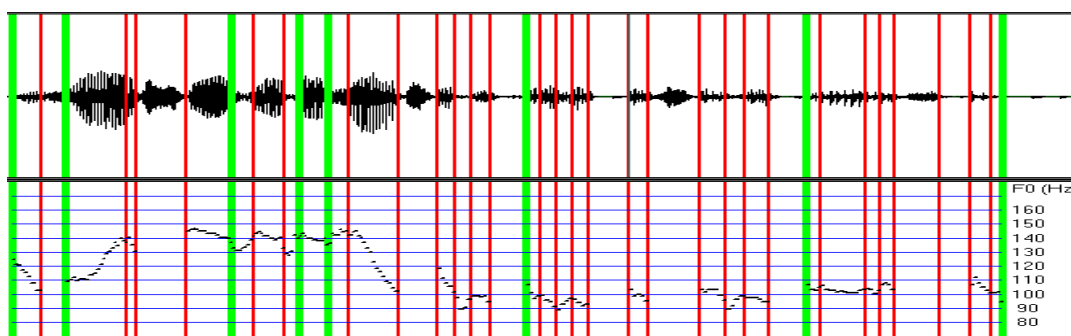
Az *Elvitték a barnaszemű, hosszúhajú lányt is?* mondat elemekből összeállított dallamgörbéje. A referencia pont 110 Hz

Választó kérdések

A választó kérdés két részből áll, melyek a *vagy* szóval vannak elválasztva egymástól.

Az első vagy a második lehetőséget választod?

Ennek a kérdésnek a dallamformája teljesen eltér az eddigi kérdésektől. Fónagy-Magdics (1967, 48) szerint „A kijelentő dallamon alapul az alternatív kérdés is (156a, b kotta)”. Kottás ábrázolásukban a *Hárman vagy négyen lesznek?* kérdőmondat első három szótagjára magas alaphangot jelöltek, majd a negyedik szótagban az alaphang mély állásba került és ugyanezen az értéken maradt a kérdés végéig. A mi vizsgálataink ezt a formát nem támasztották alá. Mi úgy jellemeztük ezt a kérdésformát, hogy a második szótag biztosan magasan van, a *vagy* szó is, valamint a második rész első szótagja is. Az esés csak az ezután következő szótagon következik be és onnan az alaphang még tovább mélyül. A mi példamondatunk, természetes ejtésű változata is ezt a képet mutatja (7.45. ábra). A választó kérdés dallammenetére vonatkozó általános leírásunk pedig a következő. A kérdés rész első szavában (a névelő nem számít szónak) a szó első szótagjának alapfrekvenciája alacsonyabbról indul, mint a kijelentése, majd a másodikon erőteljesen, a harmadikon kevésbé erősen növekszik. A negyedik szótagtól kezdve (ha a kérdés első része több, mint négy szótagú) az alaphang nem változik a *vagy* előtti rész utolsó szótagjáig. Ebben a szótagban kissé csökken az alapfrekvencia, majd a *vagy* szóban ezen az értéken marad.

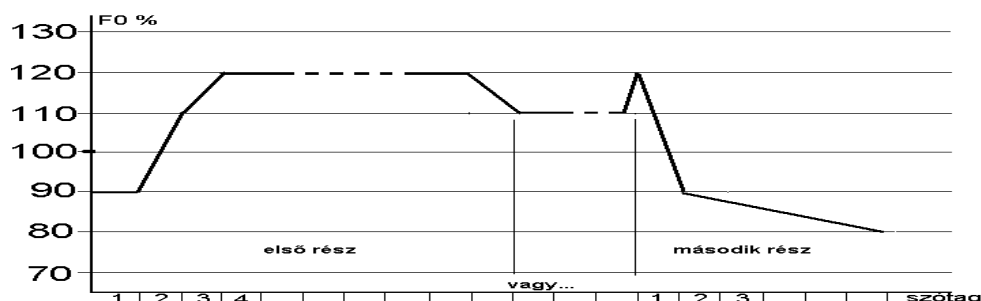


7.45. ábra

Az első vagy a második lehetőséget választod? választó kérdés dallamgörbéje természetes ejtésben. A piros vonalak a hanghatárokat, a zöldek a szóhatárokat jelölik

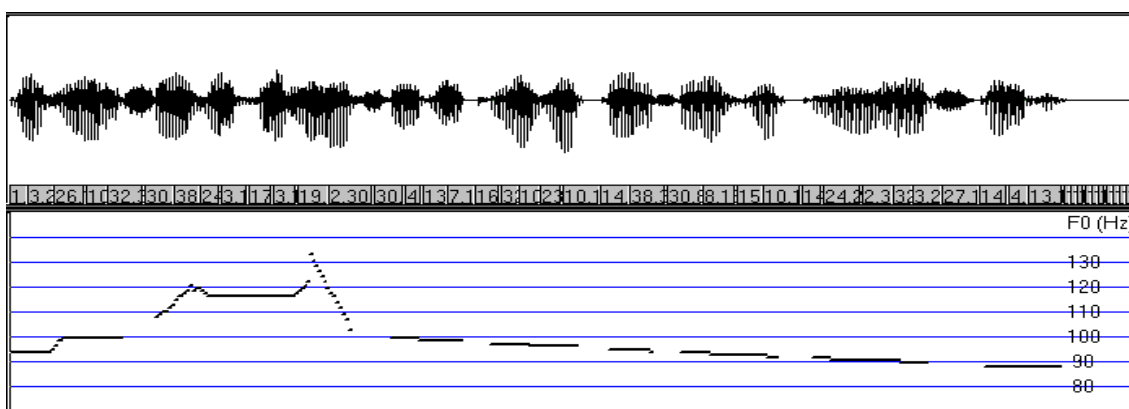
A választó kérdés második része az alaphang felugrásával kezdődik (itt az első szótag elejére eléri a maximumot) és ezután az első szótagban éles esés következik be, a másodiktól pedig az alaphang lassan csökken és a kérdés végére eléri a legalacsonyabb értéket, ami kissé magasabb, mint a kijelentés befejezése. Az ilyen választó kérdést dallamelemekből nem lehet

felépíteni, ezért a beszédépítés során, mint különleges dallamformát kell kezelni és önmagában kell hozzárendelni a választó kérdéshez (jele: K4). A több szóból álló választó kérdéseket ezzel a jellel látjuk el a szövegben. A törtvonalas dallamformát a 7.46. ábra, az ez alapján készített szintetizált változatot a 7.47. ábra mutatja.



7.46. ábra

A választó kérdés dallamszerkezetének törtvonalas közelítése a kijelentéshez viszonyítva



7.47. ábra

Az első vagy a második lehetőséget választod? választó kérdés szintetizált formájának dallamgörbéje. A referencia pont 110Hz

A 7.46. ábrán bemutatott dallamforma csak olyan választó kérdésekre alkalmazható, amelyekben mind az első rész, mind pedig a második legalább három szótagnyi hosszúságú. Ellenkező esetben a dallamforma változik. Például:

Én vagy **ő**?

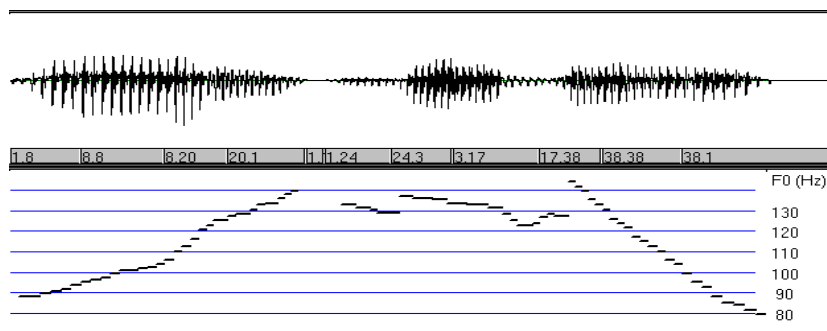
Ebben az esetben a 7.46. ábrán bemutatott dallamforma csonkul, csak az emelkedő indítás és a *vagy* utáni hirtelen csökkenés valósul meg. A szintetizált dallamformát erre a mondatra a 7.48. ábra mutatja.

Ennek a választó kérdésnek a dallamformáját a következő intonációs jelekkel adhatjuk meg.

/[K2]Én //31vagy //17[W4]ő?

A *Hétfőn vagy kedden?* mondatban viszont a két szótagos első részben már megvalósítható a 7.46. ábra dallamformájának első két szótagjára megadott forma és a *vagy* utáni két szótagra adott eső dallam is.

//51[N]Hét[W8]főn //31[N]vagy //11[W4]kedden?



7.48. ábra

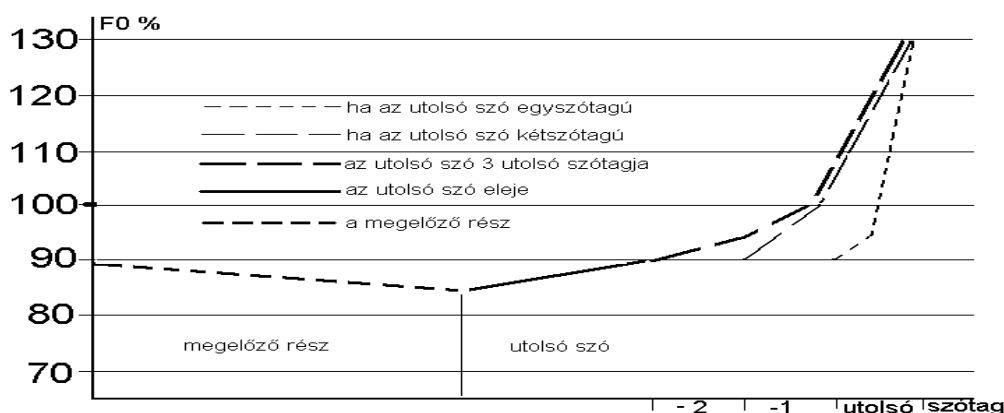
Az *Én vagy Ő?* választó kérdés szintetizált formájának dallamgörbéje.
A referencia pont 110Hz

Befejezetlen kérdések

A befejezetlen kérdések magukban hordozzák, hogy a gondolat még folytatódik, ezért dallamgörbéjük mindig magas alaphfrekvencia-értéken fejeződik be. Ezek a kérdések gyakran az *És* szóval kezdődnek.

És a fizetésem?

Dallamformájukra Deme (i.m. 513) például az enyhén emelkedő jelzőt alkalmazza. Ezt az általános formát pontosítottuk elemzéseinkkel. Méréseink szerint az emelkedés az utolsó három szótagban fokozatosan történik meg, az utolsóban a legmeredekebb (7.49. ábra).



7.49. ábra

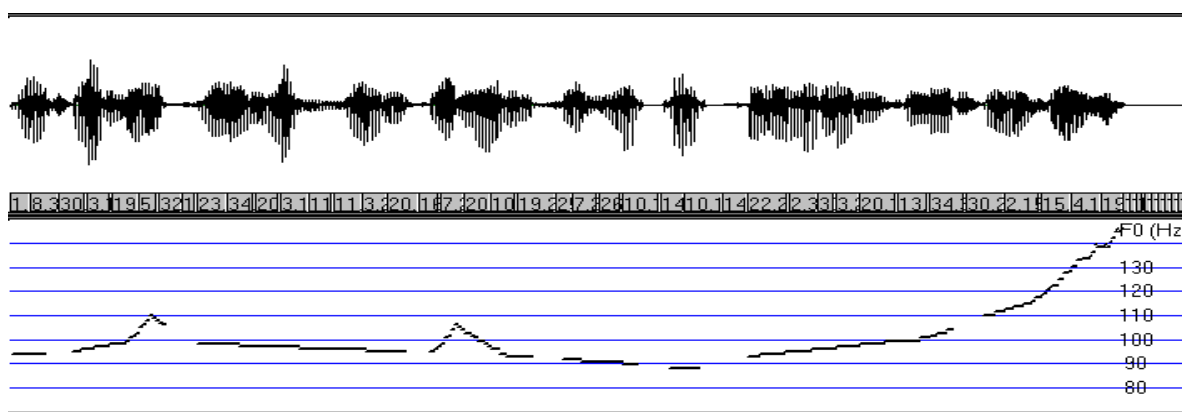
A befejezetlen kérdés dallamformája a szótagszám függvényében

A dallamforma legfontosabb eleme a legmeredekebb rész. Ezért, ha nincs meg a három szótag a szóban, akkor a dallamforma balról jobbra csonkul. Amennyiben hosszabb előrész előzi meg az utolsó szót, akkor ennek az elődallama alacsonyán induló, enyhén eső jellegű (7.49. ábra).

És a múlt hónapban ki nem fizetett járandóságom?

Az előrészben szóhangsúlyok is lehetnek, amelyeket enyhe dallamcsúcsokkal valósíthatunk meg. A feldolgozás szempontjából az előrészt és a kérdés részt külön kell választani. Az utolsó szó dallamformáját nem tudjuk megadni az általános intonációs jeleinkkel ezért azt a különleges kategóriába soroltuk és külön jelet kapott: K5. Az előrészre enyhén eső dallamot adunk meg.

/23/[-]És [-]a [W2]múlt [N]hónapban [W2]ki [N]nem [N]fizetett /[K5]járandóságom?



7.50 ábra

Az /23/[-]És [-]a [W2]múlt [N]hónapban [W2]ki [N]nem [N]fizetett /[K5]járandóságom? mondat elemekből összeállított dallamformája. A referencia pont 110Hz

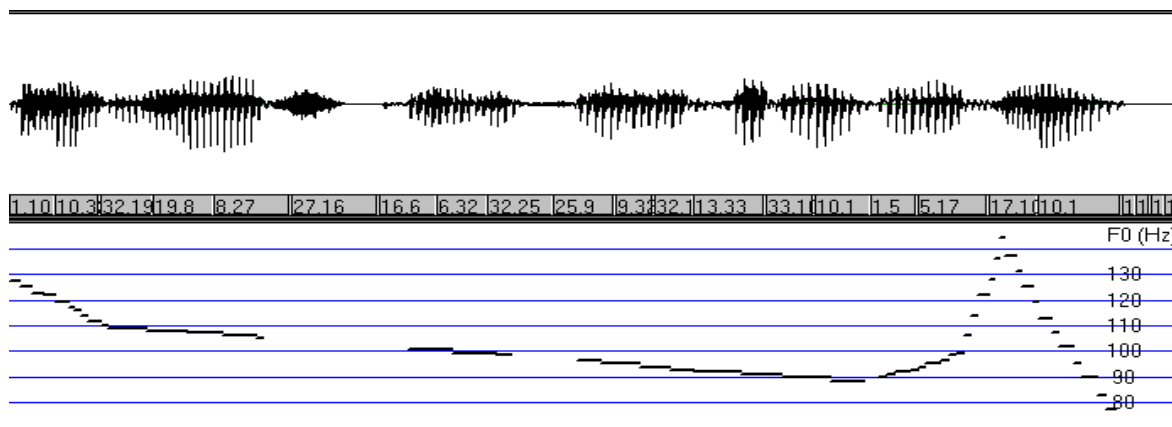
Ellenőrző eldöntendő kérdés

Az ilyen kérdésekben az *ugye* szóval érzékeltetjük az ellenőrzést. A dallamforma ebben a kérdésben alapvetően a kijelentő mondatéhoz hasonló (Fónagy–Magdics 1967, 49). Amennyiben az *ugye* szóval kezdődik a mondat, akkor az hangsúlytalan lesz, azaz alacsonyabb alaphangfrekvenciával valósul meg, mint a kijelentés kezdete. Utána pedig a kijelentő mondat intonációja következik.

Ugye elmész külföldre?

Amennyiben az *ugye* szóval fejeződik be a mondat, akkor az első rész az utolsó szóig a kijelentő mondat intonációját kapja meg, az *ugye* pedig a kétszótagú eldöntendő kérdését (lásd a 7.41. ábrán). A szintetizált változatot a 7.51. ábra mutatja.

//11[W1]Elmész [N]külföldre, /[K3] *ugye*?



7.51. ábra

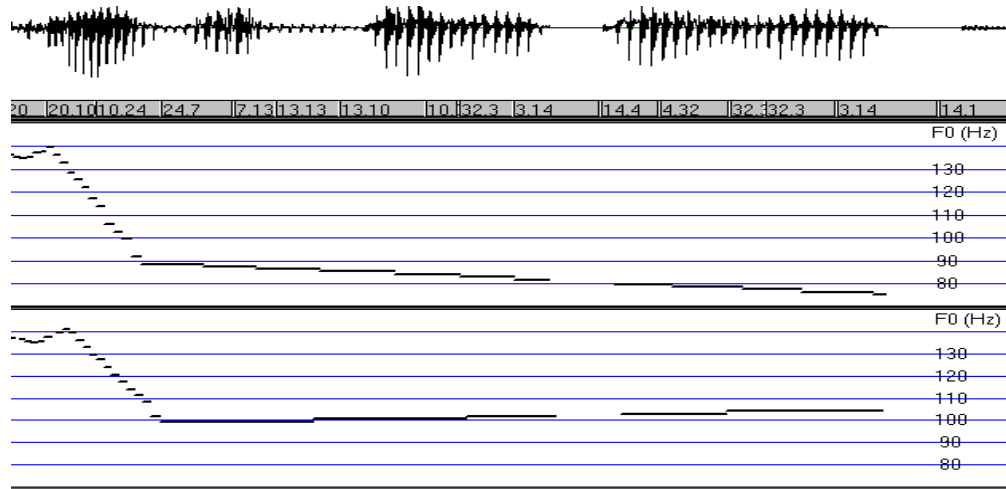
Az //11[W1]Elmé^sz [N]külföldre, /[K3] ugye? mondat dallamelemekből felépített változata.
A referencia pont 110 Hz

7.4.3 A felszólító típusú mondatok dallama és előállításuk

A felszólító mondatokon belül a felszólítást, az óhajtást és a kérést vizsgáltuk. A felszólító mondat dallamformája hasonló a kijelentéséhez. Deme (1962, 506) szerint „a felszólító mondatok tehát a nem indulatos beszédben a magyar beszéd alapvető hangléjtésformáját, az ereszkedőt, helyesebben az elül esőt mutatják”. Fónagy–Magdics (1967) szerint is van rokonság a két dallamforma között. Ők úgy találták, hogy a felszólító mondat magasabb hangfekvésű, mint a kijelentő, továbbá nincs benne olyan esés, mint a kijelentőben. Ezt írták:” A felszólítást tartalmazó mondat dallama mintegy szekunddal lép le a második szótagban és megmerevedik ezen a szinten.” (i.m. 61). A mi elemzéseink is hasonló kapcsolatot mutattak ki a felszólító és a kijelentő mondat között (lásd a 7.3. fejezetben a 7.24. ábra), azzal a különbséggel, hogy a befejező rész szerintünk ugyanahhoz a ponthoz tart, mint ami a kijelentő mondat befejezése. A befejezés magassága attól függ, hogy milyen szituációban hangzik el a felszólítás. Ha a felszólítás befejezetlen jellegű, akkor a befejezés magasabb alaphangon valósul meg. Például: *Ne vidd el a tollat!* (mert még szükségem van rá!). Jelölési rendszerünkkel mindkét változatot létre tudjuk hozni. Tehát:

//11[F1]Ne /34[N]vidd [N]el [N]a [N]tollat! (befejezetlen forma)
//11[F1]Ne /15[N]vidd [N]el [N]a [N]tollat! (befejezett forma)

A megadott két dallamforma dallam-építőelemeinkkel megvalósított formáját a 7.52. ábra mutatja. Látható, hogy az első szótagi alapfrekvencia csökkenés végpontja a befejezett változtnál alacsonyabban van (90%), mint a befejezetlen változatnál (100%). Ezen kívül a befejezési pontok között is mitegy 30% különbség van.



7.52. ábra

A *Ne vidd el a tollat!* mondat szintetizált dallamgörbéi
(befejezett forma: fent; befejezetlen: lent)

A felszólítás eme alapformájának van egy variánsa is, hasonlóan, mint a kiegészítendő kérdésnél. A dallamforma itt ugyanaz, mint a 7.52. ábra szerinti csak az utolsó szótagban a beszélő egy emelkedő dallamrésszel zárja a mondatot. Ez nyomtatékosítja a felszólítást. Ennek az emelkedésnek a létrehozására ugyanazt a jelölést alkalmazzuk (W9), mint a kiegészítendő kérdés variánsánál (lásd a 7.34. ábrán).

Amennyiben a felszólító mondat udvariasabb formában hangzik el, akkor több hangsúlyos szó is lehet benne. Például:

//11[W1]*Tessék* //13[W1]*helyet foglalni!*

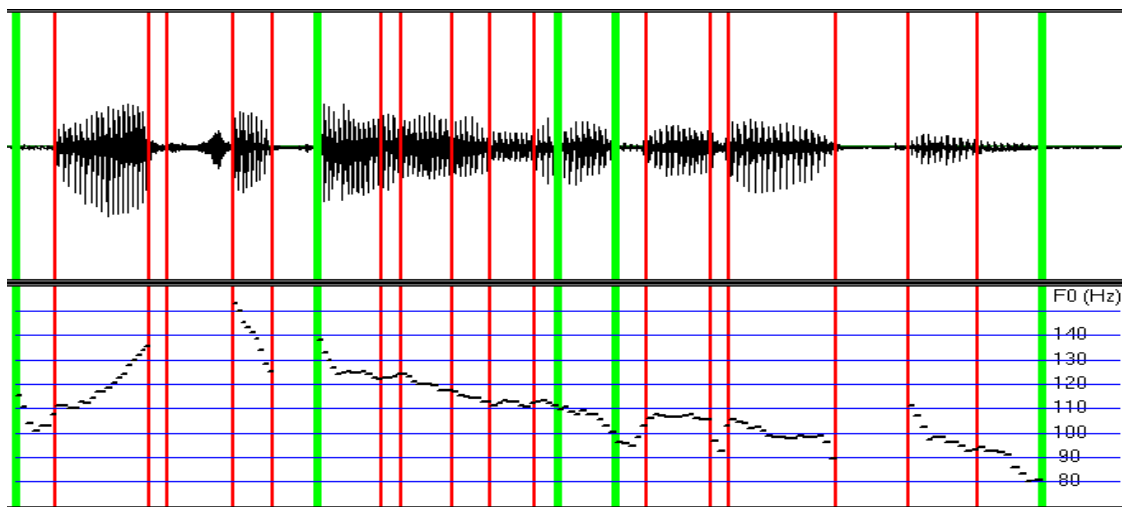
Beszédépítési szempontból nem foglalkoztunk a felszólító mondat egyéb változataival, azonban megjegyezzük, hogy más formák is eredményesen leírhatók jelölési rendszerünkkel.

Óhajtást és kérést kifejező mondatok

Az **óhajtást** kifejező felszólító mondatokra az enyhén ereszkedő dallamforma jellemző (Deme 1962). Vizsgálat során olyan mondatokat elemeztünk, amelyekben az óhajtást kifejező indulatszó van jelen.

Bárcsak eljönne a barátom!

A 7.53. ábrán a fenti példamondat természetes ejtésből készített dallamgörbéjét láthatjuk. Az ilyen típusú mondatokra az emelkedő-eső dallamforma illik rá legjobban, nem pedig az ereszkedő. Az alaphang átfogási sávja elég széles is lehet, attól függően, hogy mennyi érzelem van az óhajtásban.



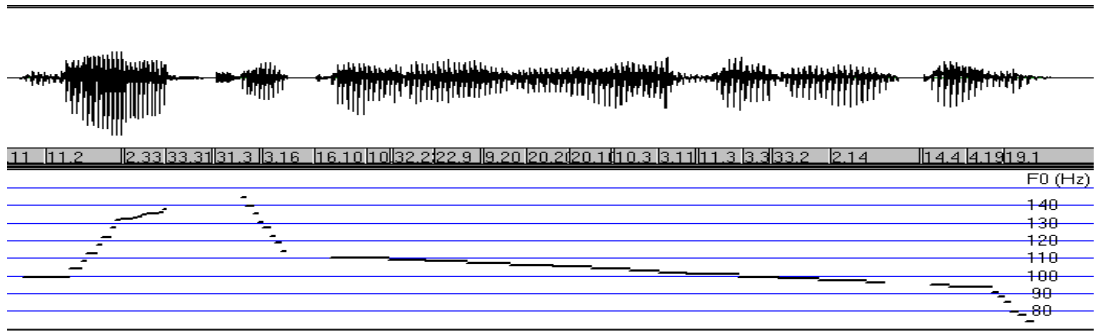
7.53. ábra

A *Bárcsak eljönne a barátom!* mondat dallamgörbéje természetes ejtésben

Az alaphang közepes értékről indul (90%), majd az első szótagban erősen emelkedik. A második szótag elején éri el a maximumot (130%), majd gyengén csökken, a szótag végén eléri a 100%-os értéket. Innen, a harmadik szótag elejétől válik ereszkedővé és az indulási értéknél kissé alacsonyabban (85%) fejeződik be a mondat végén. A mondat óhajtó jellegét az elején lévő emelkedő dallamforma, az utána következő csúcs és az azt követő esés alakítja ki. Kísérletet végeztünk ennek vizsgálatára. Négy természetes ejtésű óhajtó mondatot választottunk, olyanokat, amelyek a második szótagtól kezdődően is értelmes mondatok voltak. Például: *De szép is lenne!* A mondatok első szótagját levágtuk és a megmaradt részt lejátszottuk négy férfi kísérleti személynek (25-40 évesek). A feladatuk az volt, hogy meg kellett határozni, hogy a hallott hangsor milyen mondat dallamához áll a legközelebb:

kijelentés, óhajtás, felszólítás, kérdés. A 16 válaszban 8 kijelentést, 3 óhajtást, 5 felszólítást jelöltek meg a kísérleti személyek. Ebből arra következtettünk, hogy az első szótag nélkül nem lehet azonosítani az óhajtó mondatnak ezt a fajtáját. A példamondat dallamát az alábbi jelekkel lehet megadni. A mondat szintetizált formájának dallamát a 7.54. ábra mutatja.

//51 [F1]Bárcsak /11[N] eljönne [N]a [N]barátom!

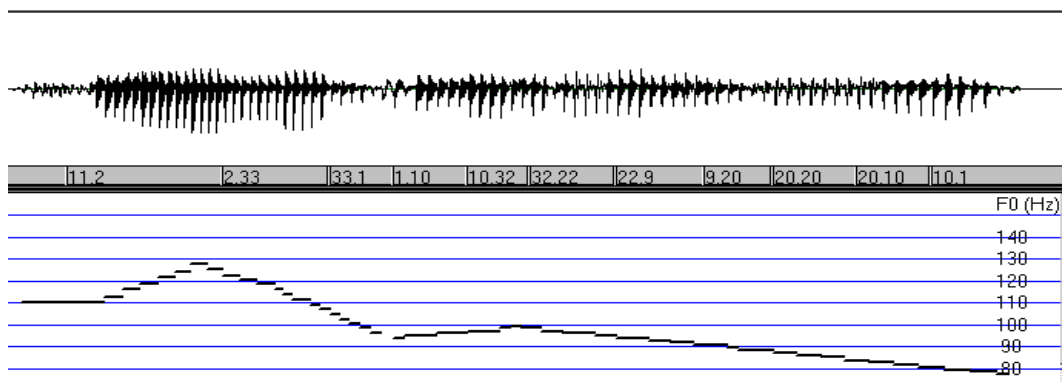


7.54. ábra

A //51 [F1]Bárcsak /11[N] eljönne [N]a [N]barátom! óhajtó mondat szintetizált formája. A referencia pont 110 Hz

Amennyiben az óhajtást kifejező rész két szótagnál rövidebb, a csúcs képződés áttevédik az első szótagra és a magánhangzón belül jön létre az alapfrekvencia-emelkedés és -csökkenés is. Ez nem annyira intenzív, mint a többszótagú esetben (például a 7.45. ábra mondatában). Ilyen esetben az első magánhangzó lényegesen megnyúlik. A mondat dallamát az alábbi jelekkel lehet megadni:

//11[W3]Bár /13[N]eljönne!

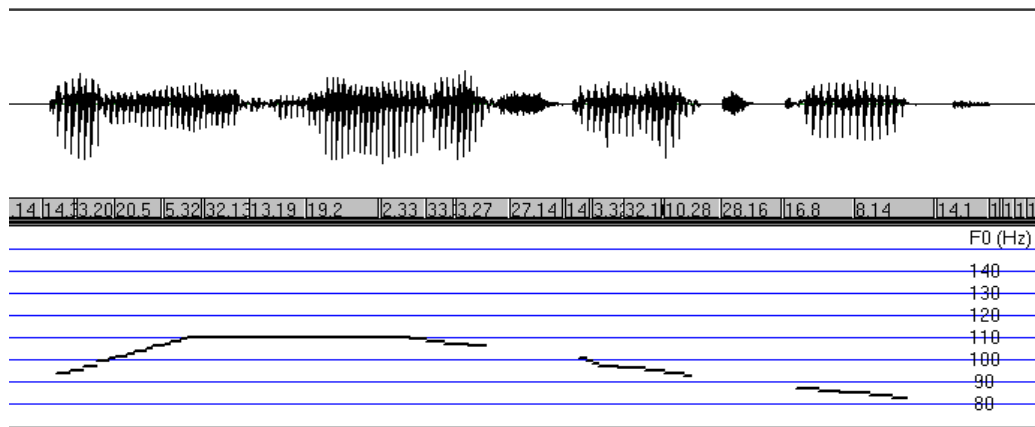


7.55. ábra

A //11[W3]Bár /13[N]eljönne! óhajtó mondat szintetizált formája.
A referencia pont 110 Hz

A **kérlelést** kifejező felszólító mondat dallama hasonló az óhajtóéhoz. Fónagy–Magdics ezt írták erről: „A kérlelő felszólító dallamforma végig enyhén ereszkedő. Másfajta felszólítástól lassú tempója s főként a nyomatékos szótagban felcsúszó hang különbözteti meg.” (i.m.79). Ábrázolásukban (i.m. 79, 242 kotta: *Tanuld már azt a leckét!*) hasonló dallamformát írtak le, mint amit mi is megállapítottunk (7.24. ábra). A kérő dallamforma megvalósításához a következő jeleket használjuk:

//52[N]Tan /31uld [N]már /17[N]azt [N]a [N]leckét!



7.56. ábra

A //52Tan /31uld már /17azt a leckét! kérlelést kifejező mondat szintetizált formája.
A referencia pont 110 Hz

A dallamépítésnél itt a //52 dallamsémát mindig az első szótagra kell vonatkoztatni, a /31-et a másodikra és harmadikra, az /17-et a negyedik elé kell tenni függetlenül a mondat szavainak szótagszámától. Például:

//52[N]Bé /31külje /17tek [N]már [N]ki [N]a [N]szomszédotokkal!

7.4.4 A fonológiai ábrázolás és a fonetikai jelrendszer összekapcsolása

Ebben a fejezetben példákat adunk arra, hogy Varga (1994) fonológiai intonációs jeleit és a jelen értekezésben ismertetett fonetikai dallamépítő elemeket, továbbá a megadásukra kidolgozott intonációs jelrendszert hogyan lehet összekapcsolni azzal a céllal, hogy a beszéd alaphangfrekvencia-szerkezetét hangzó formában is megvalósítsuk. Ezzel az összekapcsolással megnyílik az út, hogy a Varga-féle **fonológiai rendszert konkrét fonetikai megvalósításhoz felhasználjuk**, akár kutatási, akár más

alkalmazási céllal (például a beszédépítésben). Foglaljuk össze, hogy milyen fonetikai szintű dallamjelölő és egyben dallamépítő elemeket ismertettünk az előző fejezetekben.

Dallamséma (7.19. táblázat): lineárisan változó alapfrekvencia leírására szolgál szótag, szó, mondat szinten. A dallam leírásához kötelező megadni (nélküle nincs dallamelem). Egy mondatban legalább egy dallamsémának lelk lenni. Általában mondat és frázis szintű dallamformák megvalósítására szolgál, de lehet alkalmazni rövidebb hangsorrészre is. Több is megadható belőle egy mondaton belül.

Formái: eső, szinttartó, emelkedő.

Számuk: 14 eső, 7 szinttartó, 12 emelkedő

Jelölésükre példa: //12, vagy /34

Dallamelem (7.20. táblázat): szótag szintű alapfrekvencia változások leírására szolgál maximum 2 szótagnyi hangsorrészen. A jelölés a szó bármely szótagja előtt elhelyezhető, attól a szótagtól számítva fejt ki hatását. Kötelező megadni minden szóra (kivéve szó belsejében). Ha a szó nem hangsúlyos, akkor azt az egyéb jelölések valamelyikével kell ellátni.

Formái: emelkedő, eső, emelkedő-eső

Számuk: 10

Jelölésükre példa: [W1]= szóhangsúly, [F1]=kiemelt szóhangsúly (fókusz)

Különleges dallam: olyan dallamforma amit nem lehet az előző két elem kombinációjával jelölni, illetve létrehozni. Formái: egyedi formák a következők szerint

K1 - két töréspontos emelkedő egy magánhangzón belül (egyszótagos kérdő mondatra)

K2 – emelkedő-eső egy magánhangzón belül (egyszótagos kérdő mondatra)

K3 – kétszótagú kérdés dallama (szóra vonatkoztatjuk)

K4 – választó kérdés dallama (mondatra vonatkoztatjuk)

K5 – a befejezetlen kérdés dallama (szóra vonatkoztatjuk)

Egyéb jelölések: [N]= neutrális szó, benne nincs alaphangváltoztatás, csak a dallamséma által előírt alapfrekvencia van jelen.

[-]= negatív hangsúlyos szó (az alaphang a dallamséma alá süllyed a szó tartama alatt)

A fenti négy dallamépítő elemcsoport képezi a magyar dallamformák jelölési és megvalósítási rendszerét.

Varga fonológiai szinten dallamprozodémákat (karakter dallamok és függelék dallamok), hangsúlyprozodémákat (fő-, mellékhangsúlyos, illetve hangsúlytalan), szünet prozodémát és gátprozodémát (lesodródás van, illetve nincs) különböztetett meg. Szerinte „A prozodémák absztraktumok, melyek úgy viszonyulnak fonetikai megvalósításaikhoz, mint típus a példányhoz, mint a fonémák a beszédhanghoz” (i.m. 473). A dallamprozodémákhoz sorolta a karakterdallamokat és a függelék dallamokat is.

Fonológiailag a **karakterdallamok** egy dallamformát írnak le és tartalmazzák a hangsúlyt is (ha van). Fonetikailag ezeket egy vagy több dallamséma kombinációjával lehet jelölni, illetve megvalósítani. A függelékdallamokat általában egy dallamsémával lehet jelölni, illetve megvalósítani.

A **hangsúlyprozodémákat** fonetikai szinten a dallamelemek valamelyikével lehet jelölni és megvalósítani a következők szerint:

fonológiai szint	fonetikai szint
főhangsúly	= [Wx], (a 130%-os magassági ponttal rendelkező szabályok)
mellékhangsúly	= [W2] (110%-os magassági ponttal rendelkező szabályok)
hangsúlytalan	= [N]
elődallam kezdete	= [-] negatívba menő alaphangfrekvencia (kötőszó, névelő stb.)

A fonetikai **dallamelem szoros kapcsolatban áll az alatta lévő és vivő szerepet betöltő dallamsémával**. Ez azt jelenti, hogy dallamsémát kötelező megadni, dallamelemet nem (például az összes szó lehet hangsúlytalan is a mondatban, ekkor mindegyik [N] jelölést kap). Ha nincs megadva dallamelem, akkor a szó neutrális vagy hangsúlytalan jelet kaphat. Az általunk kidolgozott fonetikai rendszerben kötelező szabály, hogy a hangsorban minden szóra kell dallamelem jelölést tenni (ez látható a korábbi példákban is). Ettől függetlenül további dallamelemet elhelyezhetünk a szó belsejében is.

A **szünet prozodémát** fonetikai szinten a vessző szövegbe való beiktatásával jelöljük és hozzuk létre. Részletesebben a kérdést nem vizsgáltuk.

A **gátprozodémák** jelölik a mondatra, mint egységre jellemző általános dallammenetet. Ilyen lehet például a csökkenő tendencia a kijelentő mondatok nagy

részénél. Ezt Varga a lesodródás fogalmának bevezetésével kezelte. Ha nincs gát jelölés, akkor lesodródás van. Ha van gát jelölés, akkor az megadja a dallamcsúcs magasságát. **A lesodródást fonetikai szinten a dallamsémával lehet megadni, a gátak hatását is ugyanígy.**

A fenti összekapcsolási szabályok alkalmazásával átírtuk Varga fonológiai intonációs átíratának három mondatát (i.m. 498) a fonetikai rendszerünk jeleivel.

//51[N]Egyszer, /51[N]karácsony estéjén, //21[W1]szorgoskodva ült /15[W1]irodájában.

//11[W1]Hideg, //23[W1]zord, //24[W1]harapós [N]idő /53[N]volt, s //34[N]méghez, //15 [W2]ködös is.

//11[W1]Hallhatta, [N]amint /22[W1]odakünn [N]az /23[W1]udvaron //23[W1]zilálva /23[W1]járnak /24[W1]kelnek [N]az /33[N]emberek, [N]mellüket [N]csapkodják, //35és /23[W1]nagyokat /23[W1]toppantanak [N]a /24[W1]kockakövekre, //35hogy /25[W1]felmelegítsék [N]a /16[W2]lábukat.

Az átírás tapasztalatai a mondatok hangzása szempontjából a következők. **A fonológiai jelek jó hatásfokkal átírhatók az értekezésben ismertetett fonetikai jelekkel.** Az így szintetizált mondatok hordozzák a jellemző dallammeneteket, valamint a szóhangsúlyokat. A lesodródást hosszú mondatokban csak a mondat első részében lévő három karakterdallamban érdemes megvalósítani általában 5 Hz-es lépésekben. Az utána következő karakterdallamokban az utolsónk beállított értékek kell alkalmazni egészen a mondat utolsó karakterdallamáig. Ezen az elemen még egy szintet lefelé kell lépni, hogy a lesodródás befejezettnek hangozzék. A magas szinttartó elem frekvenciaértékét az őt megelőző dallamrész végének értéke befolyásolja, annál maximum 10%-kal magasabbra kell azt beállítani.

A fenti átírással igazoltuk, hogy **elértük a beszéddallam vonatkozásában megfogalmazott célt, azaz megvalósítottuk a fonológiai szintű ábrázolás összekapcsolását fonetikai szintű elemekkel,** melynek eredménye, hogy a fonológiai szintű intonációs szabályok működését konkrét beszédszakaszok létrehozásával és meghallgatásával lehet ellenőrizni.

8. A kutatási eredmények felhasználása

Az értekezésben leírt kutatások eredményeit számos gyakorlati alkalmazásban lehet felhasználni. Ilyenek például: tudományos kutatás, beszédépítés, beszédfelismerés, a beszédmegértés folyamatainak vizsgálata, speciális pszichológiai tesztek hanganyagának elkészítése, beszéd-sérültek (például afázia okozta beszédkárosodás) rehabilitációjának segítése. A lehetséges alkalmazásokból ebben a fejezetben csak olyanokat ismertetünk, amelyek szorosan összefüggnek a beszédépítéssel. Ezek mindegyikéből azt láthatjuk, hogy a fonetikai kutatásokban megadott szabályok, adatok eredményesen felhasználhatók és azt is, hogy a nyelvvel, beszéddel kapcsolatos gyakorlati alkalmazásokba, fejlesztésekbe szervesen bele kell építeni a fonetikai szaktudást is. Ez nélkülözhetetlen a korszerű beszédépítésben.

8.1 A PDS beszédkutatást támogató szoftver

A PDS (Profivox Development System) magyar fejlesztés. A rendszer tervezését 1995-ben kezdték el (a szerző irányításával), és 1998 óta használják beszédkutatási kísérletekhez, kutatásokhoz. A szoftver szolgáltatásai fokozatosan bővülnek. A fejlesztés a BME Távközlési és Telematikai tanszékén folyik.

A rendszer felépítése

A PDS szoftver két fő részből áll: hullámforma alapú beszéd-szintetizátor és az ahhoz kapcsolódó modul kezelő és vizuális megjelenítő. Ezen kívül statisztikai segédprogramok állnak rendelkezésre (főleg beszédépítés fejlesztésére). Az analízis-szintézissel (A-SZ) mérési formában a beszéd-szintetizátorral állítjuk elő a beszédjelet. Ennek során a modul kezelővel befolyásolhatjuk, hogy mely beszédépítő részek vegyenek részt a beszéd előállításában (csak a szegmentális rész, a szupraszegmentális rész bizonyos részei stb.), a vizuális megjelenítővel láthatóvá tehető a beszédépítési folyamat eredménye számok és görbék formájában. A program külső, emberi bemondású beszédet is képes fogadni. A megjelenítő egységgel a beszéd oszcillogramját, dallamgörbéjét, intenzitás görbéjét, valamint a hangsorral párhuzamosan tárolt segédinformációkat tehetjük láthatóvá.

A prozódiai mátrix

Az interaktivitás egyik fő biztosítója a prozódiai mátrix (8.1. ábra). Ebben a mátrixban jelennek meg a beszéd fő paramétereinek számok formájában. Az A-SZ működési formában a prozódiai mátrixban lévő adatokat megváltoztathatjuk és a változtatás utáni beszédet azonnal hallhatóvá tehetjük. Ez ad módot arra, hogy például dallamvizsgálatokhoz hatásosan tudjuk használni.

A mátrix legfelső sorában a bemeneti szöveg hangjai láthatók a 6.1. és 6.2. táblázat harmadik sorában megadott számítógépes jelölésekkel. A bemeneti szöveghez képest itt két különbség van. A hosszú mássalhangzók egy hanggal vannak jelölve, továbbá a szavak között nincs szünet, tehát a mondat egyetlen hangfolyamként van ábrázolva. Ezt a mátrix számszerűen is ábrázolja a következő ('pauses') sorban, ugyanis a szünetre utaló jelzés csak a mondat végén van (6). A következő sorban ('tone groups') a dallamsémák azonosítószáma látható (11, 13, 14). Egy sorral lejjebb ('stress') a szóhangsúlyok jeleit mutatja (W). Csak az első szó volt hangsúlyozva. Ezután következik az intonációs rész, amelynek az első sorában ('phoneme codes') a hangok belső reprezentálására megadott számkódokat láthatjuk.

	t	i	z	e	N	o	l	c	E:	v	e	S	l	e	h	e	t	e	t						
																				6	sounds				
11									13				14								6	pauses			
W																						1	tone groups		
																							1	stress	
14	7	26	10	21	4	32	28	8	24	10	30	32	10	23	10	14	10	14	10	14	0	1	intonation		
100	106	0	93	0	0	0	85	90	0	0	70	76	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	word level pitch	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	pos. in sound
100	80	90	90	200	100	90	90	110	80	100	90	100	90	100	90	100	90	100	110	200	0	0	0	0	duration
100	130	100	85	100	100	100	100	90	100	80	100	80	100	80	100	70	100	60	100	0	0	0	0	0	amplitude
79	53	70	84	179	82	93	81	125	41	99	82	50	84	49	87	90	104	221	0	0	0	0	0	0	sound length

8.1. ábra

A PDS rendszer prozódiai mátrixa

A következő sorban ('word level pitch') a szó szintjére kiszámított alapfrekvenciamódosítások százalékos értékeit és helyeit jeleníti meg a rendszer a dallamsémákon belül. A példamondat három dallamsémájának kezdő és végértéke látható (100-85%; 90-70%; 76-66%). Ezen belül látható, hogy az első szó első szótagján a hangsúlyozásból eredően dallamcsúcsot is megvalósított a rendszer (106-

93%). Ebben a sorban minden hanghoz hozzá rendelhetünk bármilyen %-os értéket, azt a rendszer (a korlátokon belül, amit az előző fejezetekben kifejtettünk) megvalósítja. Ez azt jelenti, hogy bármilyen dallamgörbét rá tudunk ültetni a hangsorra és azt azonnal meg tudjuk hallgatni. A következő sorban ('pos. in sound') meg tudjuk adni a hangon belüli frekvenciamenet töréspontját. Ezt a szótagszintű alaphang módosításokhoz használjuk. Itt, a példában minden hangra 100% van megadva, de megadhatunk 10%-ot, 50%-ot is. Ha az [i] hanghoz például 50%-ot írunk, akkor az azt jelentené, hogy a felette lévő sorban megadott 106%-os alaphangnövekedés nem a hang végére (100%), hanem a hang közepére (50%) valósulna meg és onnan kezdődne a csökkenés a 93% felé. Egy sorral lejjebb ('duration') a hang időtartamát beállító paraméterek jelennek meg. Itt %-os formában van megadva, hogy a hang specifikus időtartamát mennyivel kell nyújtani vagy rövidíteni. Látható, hogy például a hosszú mássalhangzóknál 200-as érték van. A prozódiai mátrix utolsó előtti sorában ('amplitude') a hangerő beállítási paramétereit látjuk. Ezek is %-os formában vannak megadva. Látható, hogy az első szó [i] és [ε] hangja között 45% különbség van. Ezt, a hangzósságot is figyelembe vevő módosító szabály állítja így be. Továbbá látható, hogy a mondat végén a magánhangzók amplitudója alacsonyabb, mint az elején. Ez a csökkenő átlagintenzitás jellemző a természetes beszédre. Az utolsó sorban a hangsor hangjainak fizikai időtartama látható. Ez fontos adat a fejlesztésnél, mert ebből azonnal le lehet olvasni, hogy az időtartamokban milyen tényleges változás történt, ha valamely paramétert a kísérlet során megváltoztattunk. Látható, hogy a mintamondatban szereplő öt [ε] hang négyféle időtartammal valósult meg.

Paramétermódosítások

A következő paraméterek módosíthatók:

A hangmagasság ('start pitch'). Ez képviseli a referencia pontot a dallamgenerálásnál. A hangmagasság állítás szükséges, ha különböző hangú adatbázisok közül válsztunk (például férfi, női). Mind a női, mind a férfi hangot megszólaltathatjuk a saját alaphangfrekvenciáinktól lényegesen eltérő hangmagassággal is. Ezt dallamformák transzponálási kísérleteiben lehet használni, vagy különleges hangeffektusok készítéséhez.

Beszédsebesség. A beszédhangok végleges időtartamát lassíthatjuk, illetve gyorsíthatjuk az egész hangsorra vonatkozóan. Ezzel lassítani, gyorsítani lehet a beszédet. Erre a funkcióra számos kísérletben, speciális beszédanyag elkészítésénél lehet szükség (például afáziások rehabilitációjához erősen lassított hangsorokat lehet előállítani)

Intenzitás. A végleges hangintenzitás a halktól a nagyon erős hangig beállítható.

A PDS szoftverrel hangsorok belső jelzéseit (hang-, periódus- hang-, szóhatár) félautomatikus módszerrel meg lehet határozni, a belső jelzések helyét meg lehet változtatni (például hanghatár). A belső jelzéseket a vizsgálatok során fel lehet használni statisztikai jellegű adatgyűjtéshez (például a hang- szótag, szó- és mondatidőtartamok automatikus mérése és rendszerezése, a hangok intenzitásának vizsgálata).

A statisztikai modulok segítségével a beszéd-szintézishez felhasznált szövegek statisztikai feldolgozása támogatható. Így olyan szövegkorporuszok állíthatók össze, amelyekben meghatározott eloszlás szerinti hangkapcsolatok vannak. Mérhető a szövegekben előforduló hangok, hangkapcsolatok (kettős, hármas, meghatározott szerkezetű) száma és fajtája.

8. 2 Beszédépítő elemek készítése gépi beszéd-előállításához

A beszédépítéshez készített elemeket (jelen esetben hullámformákat) az erre kijelölt beszédadatbázisban (hengelemtárban) tároljuk. Az ilyen adatbázis – a szintézis és az alkalmazás fajtájától függően – lehet nagyon egyszerű is és lehet nagyon bonyolult. A felépített beszéd minősége alapvetően függ az adatbázisban elhelyezett jelrészletek minőségétől. Az alábbiakban összefoglaljuk, hogy milyen fonetikai szempontokat célszerű figyelembe venni a beszédadatbázisok tervezésénél, készítésénél.

Az építőelemek fajtái

Alapvetően háromféle építőelemmel foglalkozunk. Az első, amelyik egyedi beszédelemeket tartalmaz. Ezeket kötött szótáras rendszerekben alkalmazzák. A második az úgynevezett diádos felépítésű építőelem. Ez két félhangot tartalmaz.

A harmadik a triád felépítésű elem, amelyik félhang+teljes hang+félhang szerkezetű. Ez utóbbi két hullámforma elemet általában szövegfelolvasókhhoz használják. A beszédadatbázisaikban (hangelemtárakban) ezeket az építőelemeket tárolják egységes (csak diád), vagy kevert (diád + triád) formában. A beszédadatbázis elkészítése minden esetben adott (előre megtervezett) szöveg felolvasásával és hangrögzítéssel kezdődik. Az így kapott beszédjelből készítik el az adatbázis diád, triád elemeit.

A beszédadatbázisok akusztikai-fonetikai tervezése

Általában elmondható, hogy a beszédadatbázis elemeinek akusztikai-fonetikai tervezése kihat az egész működő rendszer hangminőségére. Ezért fontos, hogy a tervezés fázisában már globálisan átlássuk az egész majdani beszélő rendszer működését, a vele szemben támasztott követelményeket. Külön tárgyaljuk az egyedi beszédelemeket tartalmazó adatbázisok (kötött szótárak) és külön a felolvasó rendszerekhez készített diádos, triádos, hangelemeket tartalmazó adatbázisok tervezését.

Szövegtervezés

A kötött szótárak rendszerek üzeneteit egyedi, előre megtervezett üzenetrészekből (emberi bemondás) állítják össze. Az ilyen üzenetelemek akusztikai tervezése már az üzenetek szövegének meghatározásánál kezdődik. Általában kétfajta szöveges listát kell elkészíteni. Az egyik az a szöveg (mondat, mondatrész), ami a majdan elhangzó „üzenet” elemeit tartalmazza. Ezeket a szövegelemeket a rendszer majd beszédhullám formájában fogja tárolni, és ezekből kell összeállítani a bemondandó teljes üzenetet. A másik írott anyag tartalmazza azt a „szöveg”-et, amit a hangfelvétel elkészítésénél a bemondóval felolvastatunk. Célszerű, hogy a „szöveg” anyaga bővebb legyen, mint az „üzenet”-é. Sok mai beszéddel válaszoló rendszer kifogásolható hangminősége azért gyenge, mert a bemondáskor az „üzenetek” szövegét olvastatták fel a bemondóval. Maga a megszólaló "üzenet" kétféle lehet egy kötött szótárak rendszerben: teljes mondat (M), és a mondatnál rövidebb beszédrészlet (BR). A teljes mondatot tartalmazó üzenetek (például: *A telefonszám megváltozott, kérjük hívja a tudakozót.*) mindig jó minőségben szólalnak meg, hiszen azok akusztikai szerkezetét a bemondó hangja, előadásmódja határozza meg. Ha a

rendszer csak ilyen fix üzeneteket tartalmaz, akkor a „üzenetek” szöveglistája és a felolvasandó „szöveg” megegyezik, akusztikai-fonetikai tervezés nem szükséges. Ha az üzenetek felépítéséhez nemcsak teljes mondatok, hanem beszédrészletek felvétele is szükséges, akkor már szükség van fonetikai tervezésre. Ha az információ változik az üzenetben (például: *Az Ön postafiókjába ...3..... üzenet érkezett.*), akkor több BR elem összekapcsolásával hozzuk majd létre a bemondandó üzenetet. Az előbbi példamondatban az üzenet első része (BR1) és vége (BR2) közé kell bevágni az aktuális számelemet mint változó információt. Az ilyen típusú mondatok hangzásában – ha nincs akusztikai tervezés – általában meg lehet hallani, hogy az üzenetet több részből vágták össze. Három hibakategória határozható itt meg: a szaggatottság, továbbá a hangerő és a intonáció nem megfelelő volta. Mindhárom hiba mértéke csökkenthető, ha a felolvasandó szöveg tervezésénél gondosan járunk el és figyelembe vesszük a beszédképzés fonetikai szabályait is. Ez azt jelenti, hogy a felolvasandó „szöveg”-et úgy kell megtervezni, hogy a BR elemek a kiejtésüknek megfelelő szöveggörnyezetbe legyenek beágyazva és így kell a lista elemeit felolvasatni. Az 8.1. táblázatban néhány példát adunk az „üzenet” és a „szöveg” kapcsolatára.

8.1. táblázat: Példák a szövegtervezésre

A rendszer "üzenet"elemei	Típus	A bemondandó „szöveg” amely tartalmazza az üzenetelemet
1. Önnek ...	BR	1. Önnek hét üzenete van.
2. üzenete van.	BR	
3. Kérjük nyomja meg a	BR	2. Kérjük, nyomja meg a csillag gombot
4.gombot.	BR	
5.egy...	BR	3. Önhöz egy üzenet érkezett
6. ... kettő ...	BR	4. Önhöz kettő üzenet érkezett
7.csillag.....	BR	5. Nyomja meg a csillag gombot
8. Önnek nincs több üzenete	M	6. Önnek nincs több üzenete
9. Az Ön üzenete elmentésre került.	M	7. Az Ön üzenete elmentésre került

Az „üzenet” elemeket (a kiemelt részek) a bemondott „szöveg” elemekből kell kivágni. Ezzel, mivel természetes környezetéből vágtuk ki az elemeket, biztosíthatjuk

azt, hogy az összefűzésnél nem alakulnak ki olyan hibák az akusztikai szerkezetet illetően, amelyeket korábban említettünk. Fontos szempont a „szöveg” megtervezésénél, hogy legyünk tekintettel a kivágás megvalósíthatóságára is. Ez annyit jelent, hogy a szöveget úgy kell megtervezni, hogy a kivágandó elem határain lévő hangok a legkevésbé torzuljanak az előttük lévő, illetve az őket követő hang hatására. Ezért választottuk például az 1. szöveg két kivágandó eleme közé a *hét* szót és nem például a *kettő* szót. A *hét* szó utolsó hangja és az *üzenet* szó első hangjának kezdete is jól meghatározható. Ha a *hét* helyett a *kettő* szót tettük volna bele ebbe a mondatba, akkor a *kettő üzenet* hullámformájából az *őü* hangkapcsolatból nem lehet meghatározni az *üzenet* szó kezdetét, -- mivel magánhangzó találkozásban a hullámforma folyamatosan alakul át az egyik hangból a másikba. Más finomság is figyelembe vehető némi fonetikai tervezéssel. Például a *csillag gombot* üzenetrészt két elemből (a *csillag* és a *gombot* kell összeállítani (mivel a *gombot* szót más kapcsolatban is akarjuk használni). Mivel a két elem határán ugyanaz a hang van, a zárfelpattanást nem kell megvalósítani mindkettőben. Ez a természetes artikuláció következménye. Ezért célszerű a *csillag* elem kivágásánál a zárfelpattanást elhagyni a [g] hangból, még akkor is, ha a bemondó ejtette. Az így elkészített elemmel való összekapcsolás után a *csillag gombot* beszédrészlet természetesen és folyamatosan fog hangzani. Az ilyen fonetikai tervezés sokat javít az elemekből összefűzött beszéd minőségén. Természetesen a fonetikai tervezéskor alkalmazott szabályok a szövegtől függenek, tehát minden rendszerhez más és más szabályokat kell alkalmazni.

A kötetlen szótáras rendszerek beszédrészleteinek előállítására nem mondatokat kell felolvasatni a bemondóval, hanem erre a célra megtervezett, általában értelmetlen hangsorokból álló, három szótagos betűszavakat. Ezek kialakításáról részletesen írtunk a 6.1 és 6.2.2 fejezetben.

A diádos és triádos hangelemek elkészítése

A hangadatbázis elemeinek elkészítése azt a műveletsort foglalja magában, amelynek eredményeképpen előáll a hangsorépítéshez felhasználható hullámformák csoportja. Az elkészítés speciális szoftvereket igényel. Ez azt jelenti, hogy ilyen adatbázisok elkészítéséhez nem használhatók a hangkártyákhoz kapható hangfeldolgozó szoftverek.

Milyen műveleteket kell elvégezni ahhoz, hogy egy-egy hangadatbázis elem elkészüljön?

- A hanghatárokat be kell jelölni az eredeti mintán és tárolni kell.
- A zöngés hangokat el kell látni periódus határjelzésekkel és ezeket tárolni kell.
- A zöngétlen hangokat is fel kell osztani időperiódusokra, mégpedig a zöngés hangokból következő időszakasonként, és ezeket a jelzéseket tárolni kell.
- Az egyes periódusokat, illetve hangrészleteket el kell látni gerjesztési típus (Például: zöngés, zöngétlen) jelöléssel és ezt tárolni kell.
- Ki kell vágni az elemet az eredetileg felvett mintából adott szabály alapján, és el kell helyezni az adatbázisban.

A fenti műveletek pontosan nem végezhetők el emberi beavatkozás nélkül, mivel a beszédjel egyrésztől nem szabályos rezgéseképek sorozatából áll, másrésztől a beszédhangok határainak kijelölését sem lehet egyértelműen algoritmizálni. A hang belsejében elhelyezett határjelzések és a hanghatár adatok fontos elemei a későbbi későbbi prozódiai feldolgozásnak (hangidőtartamok változtatása, a dallammenetek ráültetése a hangsorra, az amplitúdóviszonyok megváltoztatása). Ezért ezeknek a pontos meghatározására és elhelyezésére kell törekedni.

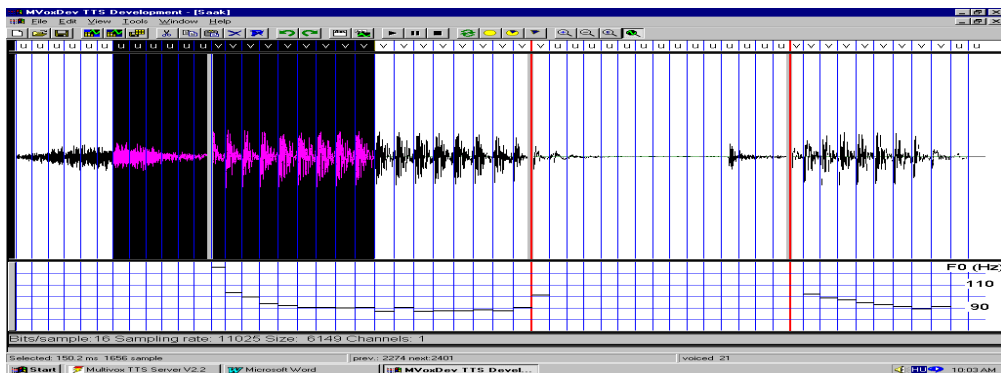
A hangelemek kivágása és elhelyezése az adatbázisban

Diádos rendszerű elemekhez általános szabály lehet az, hogy a magánhangzókat a középpontukhoz közeli periódusjelnél kell elvágni. A periódushatárnál való vágás biztosítja azt, hogy a hang időfüggvényének menete nem fog megtörni a későbbi hangsorépítés során, tehát nem fog fél periódus bekerülni a beszédjelbe. Minden diádos elemnek két végpontja van jobb és bal oldali. A vágás előtt ki kell jelölni a jelmenet irányát a jobb- és baloldali pontokra. Ez azt jelenti, hogy pl. a jobb oldalon egy zöngés hangban azon a ponton kell a vágást elvégezni, ahol a periódus végénél az időfüggvény a nulla vonalat alulról közelíti, a bal oldalon pedig, azt a pontot, ahol felülről. Így a diádos zöngés elemek összekapcsolásánál folyamatos lesz az átmenet az időfüggvényben az elemhatáron. A zárhangokat és a zár-rés hangokat a zár-felpattanás előtti jelzésnél célszerű elvágni, tehát nem a hang fizikailag kiszámított közepén. Ez azért jó, mert így ezen hangoknál a hang nyújtására, rövidítésére egyszerűbb szabályrendszert készíteni.

A diádus adatbázisba háromféle diádot kell elhelyezni: hangsor kezdőt, hangsor belsejit és hangsor zárót. A hangsorkezdő elemek a #C, #V, a hangsorzárók a C#, V#. A hangsorbelseji elemek a CV, VC, CC, VV kapcsolatok. Ennek megfelelően a következő szabályok alapján kell kivágni a diádus adatbázis elemeket az eredetileg felvett beszédelemekből (8.2., 8.3. ábra)

1. Szabály: a vágási pont a hang közepén van

- #V, #C, C# és V# elemekben ahol a C réshang és az [m, n, l] hang
- a CV, VC elemekben ahol a C réshang és az [m, n, l] hang,
- a VV elemekben
- a CC elemekben ahol a C réshang és az [m, n, l] hang.

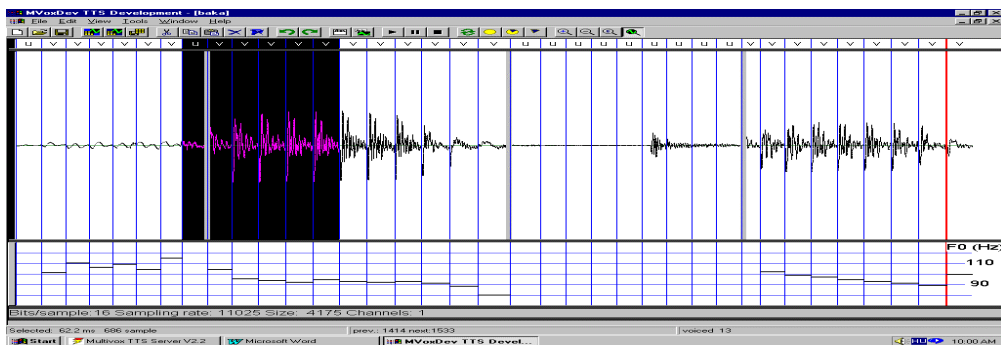


8.2. ábra.

A *sá* diád kivágása a *saka* hangorból (a sötéten kijelölt rész)

2. Szabály: a vágási pont a zárfelpattanás előtti ponton van

- #C, C# elemekben, ahol C zárhang, illetve zárrés hang,
- a CV, VC elemekben ahol a C zárhang, illetve zárrés hang,
- a CC elemekben ahol a C zárhang, illetve zárrés hang

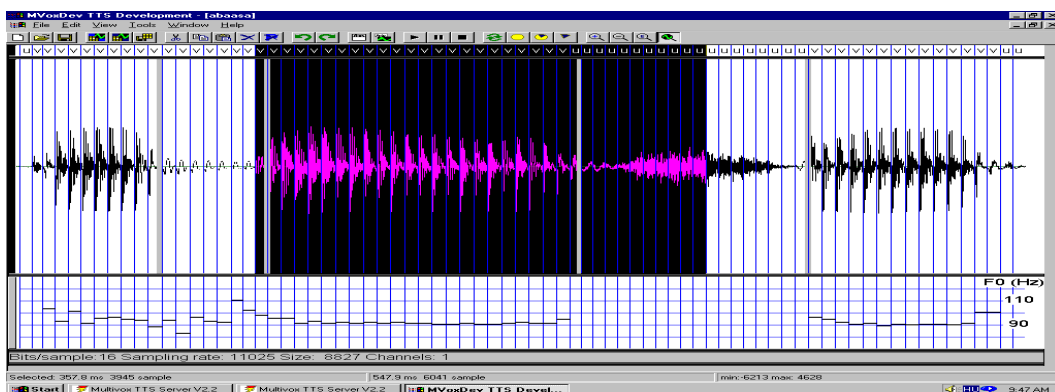


8.3. ábra

A *ba* diád kivágása a *baka* hangorból (a kijelölt sötét rész)

Az [r] hang egyéni elbírálást kíván, mindig az adott bemondó hangképzésétől függ, hogy mely ponton kell vágni

A triádos szerkezetű elemek készítéséhez más szabályok szerint kell eljárni. Triádos elemekként kezeljük a hangsorkezdő #VC, a hangsorbelseji CVC és a hangsorzáró CV# hangkapcsolatokat. Itt általános szabály lehet az, hogy a magánhangzóknak nincs vágási pont, csak a mássalhangzóknak és ezekre ugyanazok a szabályok vonatkoznak, mint amelyeket a diádus elemek mássalhangzóira megadtunk (8.4. ábra)



8.4. ábra
A *bás* triád kivágása az *abása* hangorból.

A 8.4. ábrából látható, hogy a [b] hangban a vágási pont a zárfelattanás előtt van, az [ʃ] hangban pedig a hang közepén.

Akusztikai javítások

A fenti szabályok alapján elkészített adatbázis elemeket még nem lehet felhasználni közvetlenül beszédépítéshez, mivel azok nincsenek egymáshoz illesztve sem amplitudóban, sem hangidőtartamban. Ez az állapot abból adódik, hogy az elemeket emberi bemondásból származtattuk és a bemondó hangereje, beszédtempója általában változik a hosszú elemlista felolvasása során, még akkor is, ha professzionális bemondót alkalmazunk. Így ha összekapcsolnánk ezeket a „nyers” elemeket a beszédépítés során, akkor torz és kiegyensúlyozatlan hangzást kapnánk. Az akusztikai javítás lényege, hogy az egyes adatbázis elemeket összekapcsoljuk (a

legideálisabb, ha szisztematikusan mindegyiket mindegyikkel) és az amplitúdókat egymáshoz igazítjuk, továbbá a hangidőtartamokat is beállítjuk a specifikus időtartamra. További javításokat kell végzni a hangok belső szerkezetében is. A leggondosabb bemodás esetén is előfordulnak ugyanis hanghibák (rekedt indítás, elnagyolt ejtés, a réshangok pongyola ejtése stb.). Ezért az akusztikai összecsiszolás lényeges fázisa, amikor hangsebészeti módszerrel (elemrészek kivágás, áthelyezése stb.) ezeket a hibákat korrigáljuk. A hangsebészet sikeres alkalmazásához fonetikai ismeretek szükségesek. Az adatbázis finomítása során meghallgatjuk az összes elemet (környezetbe ágyazva) és így döntjük el, hogy mely pontokon kell javítani és mit. Gyakorlati tapasztalat az, hogy 15-20 oldal szöveg felolvasásával a leggyakoribb hangkapcsolatok hangzását meg lehet vizsgálni és el lehet végezni a szükséges módosításokat. Statisztikai gyűjtéssel ezeket dokumentálni lehet és utána a fennmaradó, ritkábban előforduló elemeket külön kell vizsgálni és javítani.

8.3 Hangidőtartamok mesterséges változtatásának fonetikai szempontjai

A kiejtett beszédjelben a belső időszerkezet dinamikusan változik. Sok alkalmazásban felmerülhet a szüksége annak, hogy mesterségesen tudjuk befolyásolni a beszédtempót, illetve egyes beszédhangok hosszát. Ilyen például, amikor egy beszéd szintetizátor beszédének természetesebb hangzású beállítására végzünk időszerkezeti változtatásokat. De ilyen a feladat akkor is, amikor adott apháziás terápia hanggyakorlataihoz a beszéd bizonyos részleteit le kell lassítanunk. Pszichológiai kísérletekhez készített speciális beszédstimulusok előállításánál is lehet ilyen követelmény. Hogyan célszerű elektronikusan lassítani, vagy gyorsítani egy beszédet? Ezt fizikailag csak úgy tudjuk elérni (mivel a beszédjel már adott egy meghatározott időszerkezettel), hogy a lassításhoz hangperiódusokat, hangrészleteket ismétlünk meg, a gyorsításhoz pedig részleteket vágunk ki a jelből. A kérdés csupán az, hogy mely hangperiódusokat, illetve hangrészleteket válasszuk ki ehhez a művelethez, hogy a beszédjel torzulása minél kisebb legyen. A kérdés megoldására **olyan fonetikai eljárást dolgoztunk ki, amelyik figyelembe veszi a beszédhangok belső akusztikai szerkezetét, amikor a hanghosszításhoz, hangrövidítéshez a periódusokat, hangrészeket kijelöljük** (Olaszy-Olaszi 1988).

A beszédjelen végzendő hangnyújtás, illetve hangrövidítés megoldását több tényező határozza meg. A legfontosabbak a következők:

- a) a hangperiódusok hossza (milyen határok között mozog a hangperiódusok hossza, vagyis mennyi az alaphfrekvencia, a hangfekvés és a hangterjedelem), ugyanis ez határozza meg a kivágható legrövidebb időtartamot,
- b) milyen terjedelmű a feldolgozandó egység (hang, szó, több szó, mondat stb.),
- c) milyen az érintett beszédhangok akusztikai szerkezete, és az hogyan változik az időben.

a) A hangperiódus hossza és a beszédhang időtartama között szoros kapcsolat van. A hangidőtartamokat a nyelvi norma határozza meg. Ezen felül egy adott ugyanolyan hosszúságú hangban lehet, hogy 4-5, de lehet, hogy 6-10 hangperiódus lesz attól függően, hogy férfi vagy nő, esetleg gyermek ejtette-e. Nyilvánvaló tehát, hogy a hangnyújtás, illetve időtartamcsökkentés pontosabban elvégezhető ott, ahol több periódusból áll egy hang, mint ott ahol kevesebből. Tehát a hangfekvés befolyásolja a feldolgozás pontosságát.

b) Minél nagyobb egységen végezzük el a módosítást, annál pontosabb eredményt várhatunk. Egy hosszabb mondat 10%-os lassítását pontosabban végre tudjuk hajtani, mint például egy 50ms-os hangét. Például egy bemondott 3 perces anyagot 3,5 percessé lehet nyújtani és ezt pontosan végre is lehet hajtani.

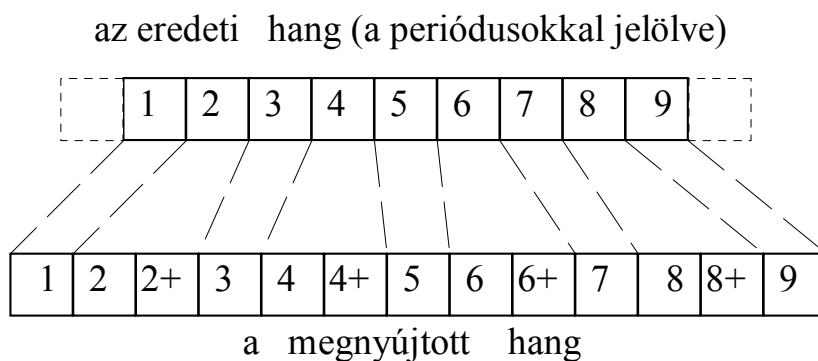
c) A beszédhangok megvalósulása a beszédképzés során nem szeparáltan történik, hanem folyamatjellegű. A hangok kapcsolódnak egymáshoz és így minden hang tartalmaz ilyen vagy olyan mértékben hangátmeneti részt is. Mivel a beszédjel hangjainak az akusztikus képe az artikuláció során alakul ki, a beszéd spektrális képe folyamatosan változik (a formánsok mozognak). Minden hangkapcsolódási helyzetre más és más formánsmozgás érvényes és ez nyelvfüggő. A formánsmozgások és azok jellege (kis, illetve nagy változás, felfelé, illetve lefelé stb.) a hang oszcillografikus időfüggvényében nemigen láthatók. Ezért igényes hangrövidítéshez, illetve a hangnyújtáshoz nem lehet olyan műszaki megoldást alkalmazni, hogy tetszőleges helyen periódusokat kihagyunk hangból, illetve beszúrunk a hangba. Ha ugyanis ezt tesszük, akkor ezzel megtörhetjük a formánsmenetek folytonosságát és ez hangtozuláshoz vezet.

Mindezen szempontok figyelembe vételével készítettünk fonetikai szabályok alapján működő algoritmust a hangrövidítésekre és hanghosszításokra.

Az időtartam módosításának megadása

Az időtartam módosítását %-ban a legcélszerűbb megadni. Ez viszont nem azt jelenti, hogy tetszőleges %-értékekkel végre is lehet azt hajtani. A ténylegesen megvalósított %-érték lényegesen eltérhet a megadottól. Az időtartam-módosításoknak ezen a szintjén – főleg a rövidítéseknél – szembe kerültünk egy fizikai korláttal. Ez a beszédhang természetéből adódik. Az időtartammódosítást zöngés hangoknál csak hangperiódus(ok) kivágásával lehet végrehajtani. Így a hang hossza meghatározza a módosítás minimális mértékét. Ez kihat a megadható százalék értékére is. Ha ugyanis egy hang 40 ms-os, periódushossza 9 ms és 10%-os csökkentést írunk elő az 4 ms-os rövidítést jelentene, a legkisebb kivágható hossz pedig 9 ms. Tehát a rövidítés legkisebb megadható lépése ebben az esetben 20%. Ebből következik, hogy például az [i] hangban csak nagyobb százalékos értékekkel lehet rövidítést megadni, mint például a hosszú magánhangzókban.

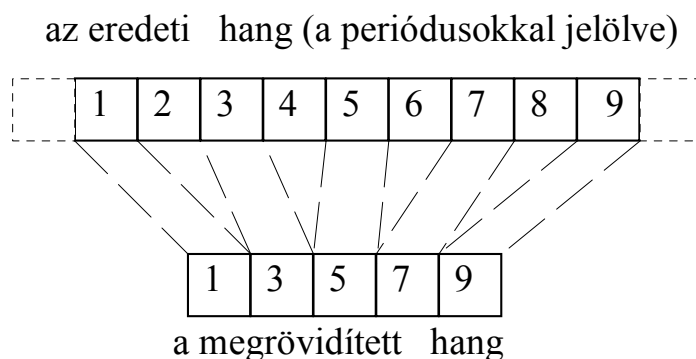
A periódusok ismétlését célszerű lineárisan elosztani a hang hossza mentén. A 8.5. ábra példájában egy 50%-ra tervezett nyújtást négy periódus megismétlésével valósíthatjuk meg. Ez annyit jelent, hogy, a nyújtáshoz első lépésként a 2. periódust ismételjük meg, a második lépésben az eredeti 4. periódust ismételjük, a harmadik lépésben az eredeti 6.-at ismételjük, a negyedikben pedig az eredeti 8. periódust ismételjük meg. A fentiek szerint végrehajtott nyújtás a valóságban csak 44%-os lesz a megadott 50%-kal szemben.



8.5. ábra

Az elméletileg 50%-osra tervezett hangnyújtás megvalósítása

Hangrövidítésnél a fenti műveletet negatív értelemben kell elvégezni (8.6. ábra)



8.6. ábra

Az elméletileg 50%-os hangrövidítés megvalósítása

A formánsmozgások figyelembevétele

A **magánhangzóknál** végbemenő formánsmozgások igen változatosak lehetnek attól függően, hogy a magánhangzó milyen hangkörnyezetben van. Ezeknek a formánsmozgásoknak a megtartása csak úgy lehetséges, ha a 8.5. ábra szerinti arányos elosztásban határozzuk meg az időtartammódosítás végrehajtásának helyeit a hangon belül. Ezt a CVC, VV és VVV hangkapcsolatokban szereplő magánhangzóknál, kell alkalmazni. Példaként bemutatjuk a 8.7. ábrán az *anya* szó normál ejtésű, majd az ebből készített lerövidített, illetve megnyújtott változatának hangspektrogramjait. Az ábrából látható, hogy a formánsmozgások megtartották eredeti formájukat, tehát a hang akusztikai szerkezete nem torzult a lassítás miatt.

A **mássalhangzóknál** a megoldás bonyolultabb, mivel itt többnyire nincsenek periodikus részek. Ezért a mássalhangzóknál ki kell jelölni periódus jellegű egységeket (kb. olyan időtartammal), amilyenek a magánhangzóknál szerepelnek. Az egységes periódusszerkezet azért fontos, mert akkor biztosítani lehet a feldolgozás olyan pontosságát, amilyen a magánhangzóknál megvalósítható. A mássalhangzókat alosztályokra bontva tárgyaljuk.

A zárhangoknál [b, p, d, t, g, k, ʃ, c, ɲ], valamint a zár-rés hangoknál [ts, tʃ] a zár előtti hangrészt célszerű nyújtani, zsugorítani. Itt tehát egy ponton, a néma fázis, illetve zöngé szakasz közepén kell az adott %-értékkel módosítani a hang hosszát (nem kell arányos elosztásos módszert használni). A rövidítésnél innen kell egy, vagy több periódust (meghatározott hangrészt) kivágni, a hangnyújtásnál pedig itt kell

betoldani. Ezzel rövidül, illetve nyúlik a hang. A zár-felpattanási részhez nem szabad nyúlni.

Az [m, n] hangoknál és egyes réshangoknál [f, v, z, ʒ] a hang közepén kell a módosítást megvalósítani, hasonlóan a zárhangokhoz. Erre az ad lehetőséget, hogy ezen hangok akusztikai szerkezete nem változik jelentősen a hangkörnyezettől függően.

A [ʃ, s] réshangoknál – mivel ezek akusztikai szerkezete változik a környező hangok függvényében – célszerű az egyenletes elosztású nyújtást, illetve rövidítést alkalmazni.

A [j] hang magánhangzóként viselkedik, ezért itt is az egyenletes elosztású elv szerint kell az időtartammódosítást elvégezni.

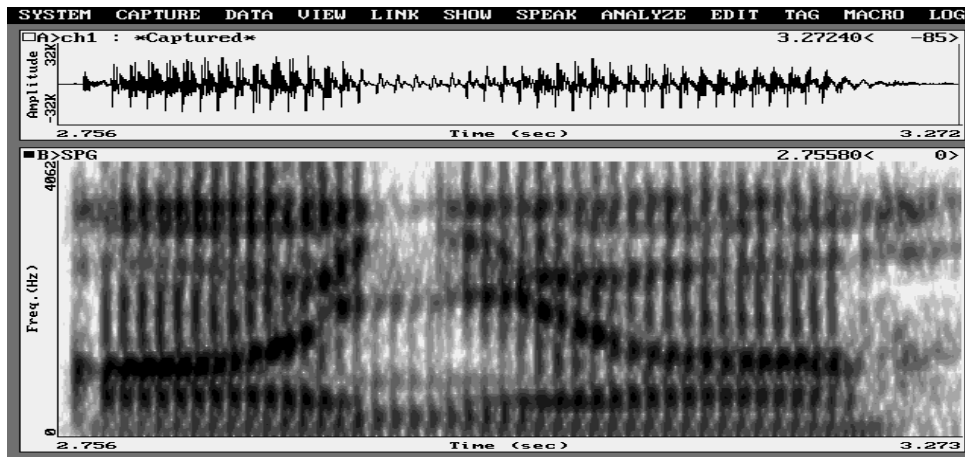
Az [l] hangban a módosítást szintén a hang közepén kell az időtartam módosítást megvalósítani.

Az [r] hangnál egyedi megoldással lehet csak eredményt elérni, mivel a hang megvalósulásai bonyolult időszerkezettel rendelkeznek. A hosszításhoz a perdületet (ami általában egy periódus VCV helyzetben) lehet megismételni, a rövidítéshez pedig a perdületnek az időtartamát kell csökkenteni a megadott %-nak megfelelően. Ezért az [r] hangban nem szoktak rövidíteni.

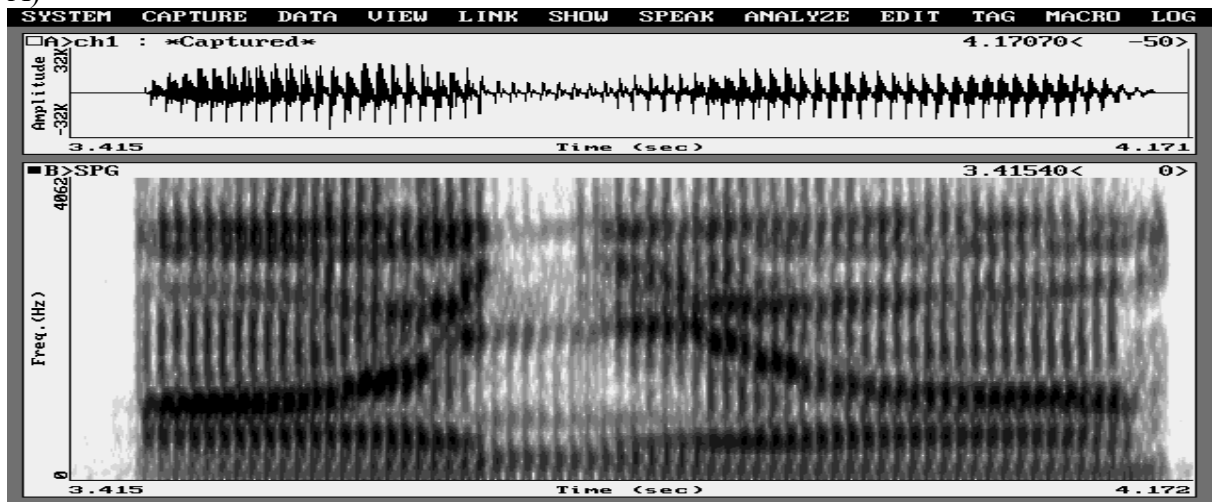
A hangrövidítés, illetve hangnyújtás megvalósítási lépései

1. Megmérjük az adott hang hosszát.
2. Meghatározzuk a módosítás mértékét (hány periódust kell beszúrni, illetve kivenni)
3. Végrehajtjuk a módosítást a fenti szabályok alkalmazásával.

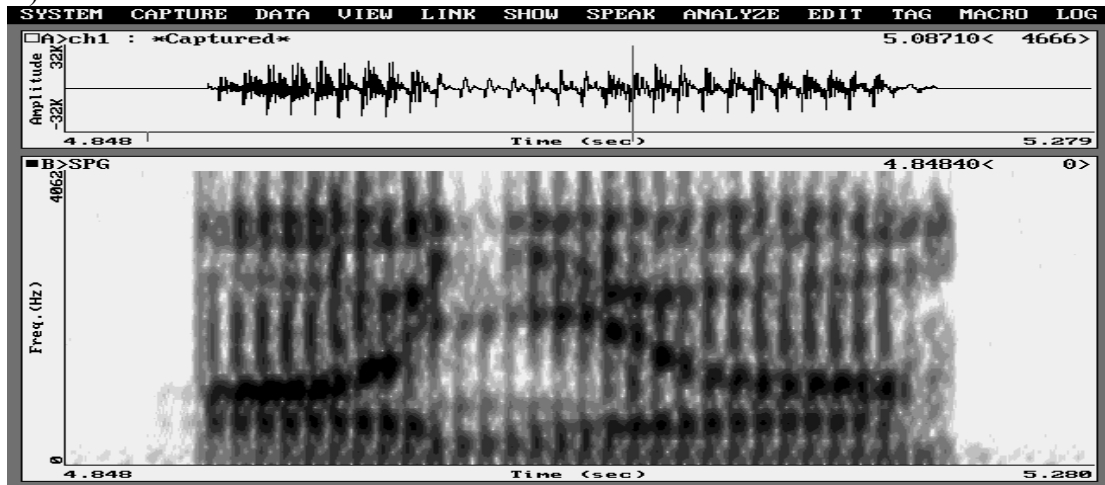
Az értekezésben leírt hangidőtartam-módosításokat a fent ismertetett eljárással végeztük.



A)



B)



C)

8.7. ábra

Az *anya* szó normál (A), 150%-ra nyújtott (B), és 70%-ra zsugorított (C) változatának spektrogramjai (természetes ejtésből mesterségesen változtatva)

8.4 Számok kiejtésének fonetikai vizsgálata, magyar számfelolvasó tervezése

A beszéd szupraszegmentális elemeinek tanulmányozásával foglalkozó munkákban nemigen találtunk olyanokat, amelyek a számok kiejtési szabályaival fonetikai szempontból foglalkoztak. A magyar szakirodalomban egyedül Olaszky közölt olyan fonetikai adatokat (1989), amelyek a számok kiejtésének szabályait próbálták leírni. A számok fontos elemei a szövegeknek és amennyiben nem egyjegyűek foglalkoznunk kell a kiejtésükre vonatkozó tendenciákkal szabályszerűségeikkel, hogy szupraszegmentális szerkezetüket is egyértelműen jellemezni tudjuk. A többjegyű számokat (pl. valaminek az ára, számlának az egyenlege stb.) a szövegben ritkán írjuk le szövegalakban, általában számformájukban szerepelnek.

Problémafelvetés

A problémafelvetést a gyakorlati alkalmazás oldaláról közelítettük meg. Az eddig kifejlesztett, számokat is felolvasó rendszereknek az a jellemzője, hogy a számokat a közismert számelemek emberi beszédből kivágott és eltárolt változatainak összekapcsolásával állították elő a kimondáshoz. A számok automatikus felolvasásához a következő 25 számelemet használták:

nulla, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, tizen-, 20, huszon-, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, ezer, millió, milliárd.

Ezekből az elemekből – az elemek összekapcsolásával – bármilyen szám magyar nyelven összeállítható és kimondatható. Amíg az ilyen összekapcsolás szöveg szinten teljes eredményt ad, a beszéd szintjén nem. A 25 elemből építkező számfelolvasók hangminősége széles skálán mozog, attól függően, hogy a fejlesztők milyen fonetikai szabályokat vettek figyelembe a tervezésnél. Általánosságban kimondhatjuk, hogy az emberi kiejtést megközelítő számfelolvasót még nem készítettek magyar nyelvre. A jelenleg működő számfelolvasók (néhány bank telefonon felhívható számlaérték felolvasó automatája, néhány telefonszám változást bejelentő automata, telefonszámlák összegét felolvasó automata stb.) mind a 25 alapelemből állítják össze a számot. Meghallgatva ezeket a számbemondó rendszereket, feltűnik, hogy azok a számokat szaggatottan, természetellenes dallammal és ritmussal, az összekapcsolás határpontjain megjelenő amplitudó és dallamív különbségek miatt nem folyamatosan, hanem szaggatottan ejtik ki (8.8.

ábra). Ennek az összeállítási formának a magyarázata az, hogy a számelemek közötti folyamatossági kapcsolat nincs meg ezért szünetek beiktatásával, felsorolás szerűen lehet csak összefűzni az elemeket. Ha az elemek közvetlenül egymás után lennének lejátszva, akkor az összállított szám nem lenne megérthető.



8.8. ábra

A számfelolvasás régi és új, fonetikailag megtervezett módszere

A hallgató a szünetek beiktatása miatt érzi, hogy a rendszer által összeállított szám a fenti elemekből került generálásra, és érzi azt is, hogy a számok kiejtése, prosódiai szerkezete, hangsúlyozása, természetessége messze elmarad az élő beszédben ejtett számokétól. Ez annak a következménye, hogy a beszédszolgáltatást megtervező szakemberek nem vették figyelembe a beszédképzés szabályait, a koartikulációból adódó törvényszerűségeket, az ezzel kapcsolatos nyelvészeti és fonetikai tényeket.

Hipotézis

Hipotézisünk az volt, hogy fonetikai megközelítéssel olyan törvényszerűségeket tudunk megállapítani a számok kiejtésében, amelyek felhasználásával meg lehet határozni egy tudományosan megalapozott szabályrendszert, majd ennek alkalmazásával létre lehet hozni egy, a jelenlegieknél sokkal jobb hangminőséggel megszólaló számfelolvasót.

Elemzési szempontok

A vizsgálatokban a fenti 25 számelemből indultunk ki (Olaszy 1997). A számok teljes akusztikai jellemzéshez az elemzéseket három fizikai szinten végeztük: **frekvenciaszerkezet (f)**, **intenzitás (i)** és **időszerkezet (t)**. A frekvenciaszerkezeti szintet két további részre bontottuk, nevezetesen a koartikulációból (k) adódó formáns változásokat figyelembe vevő szintre és az alaphangmagasság (F0) változását leíró szintre. Ebből adódik, hogy ideális esetben minden számelemet 4 paraméteres függvény szerint kellene meghatároznunk. Az új elvek alapján tehát egy számelemet a következő általános összefüggés szerint lehet származtatni.

Új számelem = számelem (f(k,F0),i,t)

Az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

1. Milyen a számot felépítő számelemek időtartama a számban való elhelyezkedésük szerint?
2. Hány elemtípust kell megkülönböztetni ha a számot az emberi ejtéshez közelálló ritmikával akarjuk megvalósítani?
3. Milyen az alaphangmagasság változása a számon belül? Vannak e hangsúlyozásra utaló alaphangmagasság kiemelkedések?
4. Milyen az alaphangmagasság változásának általános tendenciája a szám kiejtésénél?
5. Milyen koartikulációs hatások lépnek fel a számelemek határain? Ezeket hogyan kell kezelni?

Vizsgálati anyag

A kísérletekhez három felnőtt bemondó ejtésében összesen 720 öt- és hatjegyű számot rögzítettünk hangszallagra, majd ezeket időszerkezet-, alapfrekvencia-változás és koartikulációs szempontból analizáltuk.

Módszer

Az **időszerkezeti** vizsgálatok során kijelöltük az adott számban szereplő számelemek határait, majd ezután megmértük a számelemek időtartamát. Háromféle

számelemet különböztettünk meg a mérési eredmények csoportosításánál: a szám első eleme, belső elem, a szám utolsó eleme. Ezek szerint például az 1.652.844 számból az alábbi elemekre kaptunk adatot:

Kezdő elem: EGY

Belső elem: **millió, hat, száz, ötven, kettő, ezer, nyolc, száz, negyven**

Utolsó elem: négy

A továbbiakban a kezdő elemeket nagybetűvel, a belsőket félkövér kisbetűvel, az utolsókat normál kisbetűvel jelöljük.

Az **alapfrekvencia** szempontjából két jelenséget vizsgáltunk: a szám dallamgörbéjét és az esetleges hangsúlyozásból eredő szótag szintű emelkedő-eső alaphangváltozásokat. A hangsúlyos elemeket szöveg szinten normál betűvel, a hangsúlytalanokat dőlt betűvel jelöltük. Például: *háromszáz*. A dallamgörbét a szám teljes terjedelmére kiterjeszve vizsgáltuk.

A **koartikulációs** hatásokat minden számelem határán megvizsgáltuk.

A számokat úgy állítottuk össze, hogy minden számelemre minden helyzetben közel egyenlő eloszlásban kapjunk adatot.

Eredmények

Az **időszerkezetre** vonatkozó mérések átlagolt eredményeit minden számelemre a 8.2. táblázatban adjuk meg. A táblázat eredményeihez a következő megjegyzéseket fűzzük. Mint látható a kezdő elemek a legrövidebbek, a záró elemek pedig a leghosszabbak. Néhány helyen eltérés tapasztalható, például a *huszon...* tekintetében ahol a közbenső elem rövidebb, mint a kezdő. A *nyolc* elemnél pedig nem tapasztaltunk eltérést a kezdő és a belső elem időtartam között. A fentiekből következik, hogy minden számelemet legalább háromféle időtartammal kell megvalósítani, hogy közelítsük a természetes ejtés ritmikai szerkezetét.

Az **alapfrekvencia** tekintetében a következő általános tendenciákat állapítottuk meg. A számok kiejtése során a dallam eső jellegű. Erre a dallamra superponálódnak a számelemen belüli, hangsúlyozásból eredő emelkedő-eső alaphang változások (8.4.2 ábra). Ezek mértéke általában +15% az alapot képező eső görbéhez képest.

8.2.táblázat: A vizsgált 24 számelem átlagolt időtartamai

Számelem	Kezdő	Belső	Utolsó
egy	170 ms	240 ms	300 ms
kettő	380	440	620
három	360	380	500
négy	260	320	380
öt	180	220	250
hat	230	270	350
hét	300	320	380
nyolc	350	350	380
kilenc	400	430	510
tíz	240	280	300
tizen....	350	420	---
húsz	340	410	450
huszon...	340	290	---
harminc	450	450	480
negyven	430	440	480
ötven	350	365	380
hatvan	400	380	420
hetven	430	450	480
nyolcvan	460	460	480
kilencven	520	580	610
száz	210	250	380
ezer	280	300	340
millió	---	500	580
milliárd	---	540	600

A számok kiejtésében kimutatott belső hangsúlyozási szerkezetből arra, következtettünk, hogy a szám dekódolásakor és kiejtésekor minden számot úgynevezett számelem-részekre bontunk és így ejtjük ki őket. Például a 10.652.844 számot a következő hét számelem-résszel ejtjük ki:

1652844 = tízmillió, hatszáz, ötven, kétezer, nyolcszáz, negyven, négy

Ezekben a számelem-részekben megállapítottuk, hogy az első szótagi hangsúlyozási szabály működik (lásd a 8.8. ábra alaphangfrekvencia (c) görbéjén). Megállapítottuk továbbá, hogy a számelem-részeknek önálló, eső dallama van, amelynek az indulási frekvenciája mindig magasabb, mint az előző elem befejezésekor jelenlévő frekvencia. Tehát az alaphangfrekvencia egy fűrészfogazathoz hasonló görbe szerint változik amelynek általános tendenciája: gyengén eső. A számelem-részek határait a dallamgörbe fölötti kis pontokkal jelöltük meg.

Összehasonlítva az időszerkezetből adódó elemfelosztást az alaphangfrekvenciaváltozás szempontjából kapott felosztással, azt láttuk, hogy igen nagy

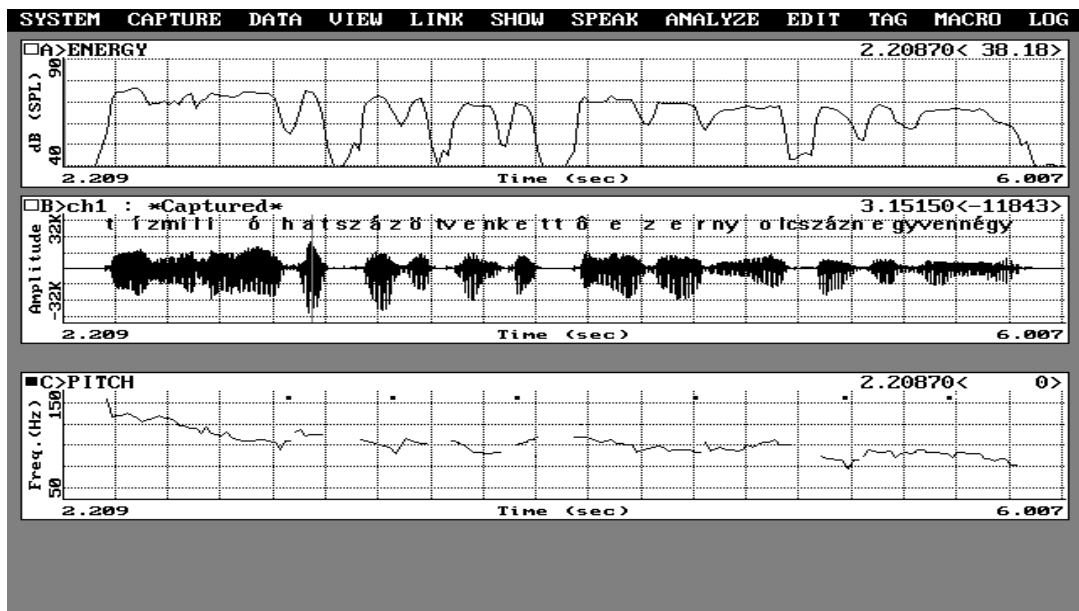
az átfedés a két elemhalmaz között. Ez részleteiben a következő elemeket jelentette mindkét csoportra:

Időszerkezeti elemek:

TÍZ, millió, hat, száz, ötven, kettő, ezer, nyolc, száz, negyven, négy

Alapfrekvenciából adódó elemek:

*tíz*millió , *hat*száz, *ötven*, *kettő*ezer, *nyolc*száz, *negyven*, *négy*



8.9. ábra

A 10652844 szám kiejtett változatának akusztikai diagramjai. A=intenzitás, B=hullámforma, C=alapfrekvencia

Láthatjuk, hogy a számot leíró elemek mindkét esetben ugyanazok csak az időszerkezetre vonatkozó felosztásban a kezdő, a belső és az utolsó elemet különböztettük meg, az alapfrekvenciára vonatkozóban pedig a helyiértéket kifejező elemeket az őket megelőző elemtől. Utóbbiban a helyiértéket kifejező elemek mindig hangsúlytalan formát mutattak. Továbbá a helyiértéket kifejező elemek, (*száz, ezer, millió*) a kiejtés folyamatosságát szempontjából összevonódtak az előttük lévő elemmel. A fentiekből az következik, hogy az időszerkezetre megállapított csoportosítás elemei magukban hordozzák az alapfrekvenciaváltozást is. Ebből következik, hogy adott szám megközelítően pontos idő- és alapfrekvenciaszerkezetének megvalósításához csak az időszerkezet szerinti felosztás korábban leírt

(kezdő, belső, utolsó) elemeit kell megvalósítani, mint építőelemeket. Ez $25 \times 3 = 75$ -féle számelemet jelent a 25-tel szemben.

A **koartikuláció** figyelembe vétele további sokszorozódást eredményezett. Miért? Mert az elemeket a folyamatos ejtéshez nem szünetekkel kívántuk egymás után kapcsolni, hanem egymással összeolvastva, ahogy az a kiejtés során is történik (8.10. ábra). Ehhez meg kellett tervezni, a helyes spektrális kapcsolódásokat hogy a lehető legjobban biztosítsuk a természetes ejtésre jellemző folyamatosan változó, törések, ugrások nélküli spektrumképet (formánsmozgásokat). Megvizsgáltuk az elemek csatlakozó hangjainak (adott elem utolsó és a hozzá csatlakozó elem első hangja) spektrális szerkezetét és összekapcsolásuk legmegfelelőbb módjait. A 8.3. és 8.4. táblázatban összegyűjtöttük azokat az általános fonetikai szabályokat amelyeket a korrekt koartikuláció megvalósítása érdekében érdemes figyelembe venni a szótárelemek tervezésénél. A táblázatok szabályainak figyelembevétele azt eredményezte, hogy a számfelolvasó rendszer eddigi minden eleméből (75) további variánsokat kellett meghatározni attól függően, hogy egy adott elem melyik másik elemhez kapcsolódik, illetve, hogy milyen elem előzi meg.

8.3. táblázat: A hangkapcsolatok egymásra hatása (visszafelé)

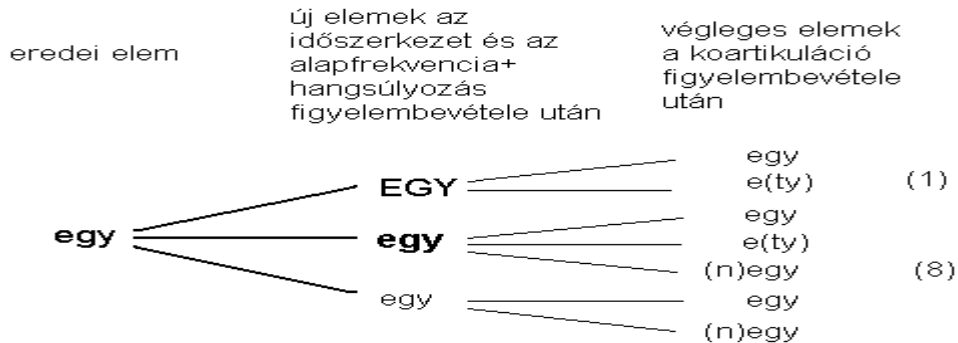
	Az előző elem eredeti utolsó hangja	Az előző elem megváltozott utolsó hangja	Ha a hozzá csatlakozó elem első hangja	Példa
1	[b, d, g, J, v, z, ʒ]	[p, t, k, c, f, s, ʃ]	[p, t, k, ts, tʃ, s, ʃ, f, h]	<i>egyszáz</i>
2	[ts]	[ts] zárfelpattanás nélkül	[s]	<i>kilencszáz</i>
3	[n]	[nk]	[k]	<i>tizenkettő</i>
4	[n]	[nh]	[h]	<i>huszonhárom</i>
5	[n]	[n:]	[n]	<i>ötvennégy</i>
6	[n]	[ɲ]	[ɲ]	<i>hatvannyolc</i>
7	[n]	[m]	[m, b, p]	<i>ötvenmillió</i>

8.4. táblázat: A hangkapcsolatok egymásra hatása (előre)

	Az előző elem utolsó hangja, ami előre hat a következő hangra	A csatlakozó elem eredeti első hangja	A csatlakozó elem megváltozott első hangja (hangrésze)	Példa
8	[n]	magánhangzó	nazalizált	<i>ötvenezer</i>
9	[ɲ, J, c]	magánhangzó	átmenet	<i>négyezer</i>
10	magánhangzó	magánhangzó	átmenet +magánhang	<i>kettőezer</i>

Példaképpen bemutatjuk, hogy az *egy* számelem hány változatban szerepelhet a kiejtés során, ha idő- és alapfrekvenciaszerkezeti, valamint koartikulációs szempontból is korrekt jellemzést akarunk megvalósítani (8.10. ábra). Az ábrában a hangokat

a betűképükkel jelöltük, zárójelbe tett betűvel jelöltük a koartikulációs hatásból eredő hangváltozást. Az alkalmazott szabály száma az elem mellett zárójelben látható.



8.10. ábra

Az *egy* számelem variánsai az időszerkezet, az alapfrekvencia és a koartikuláció függvényében. A hangokat betűjelükkel adtuk meg

A 8.10. ábra szerint tehát az *egy* számelemből hétszer annyi elemre van szükség a korrekt akusztikai szerkezet biztosításához, mint amennyit a hagyományos módszerben használtak. A 8.10. ábra szerinti pontos variánsmeghatározást elvégeztük mind a 25 kiindulási számelemre, aminek az lett az eredménye, hogy összesen 212 számelemet határoztunk meg az eredeti 25-tel szemben. Ezeket helyeztük el az adatbázisunkban. Ez az elemszám növekedés biztosította a számok nagyon jó minőségű kiejtését. A 212 elem összekapcsolására szabályrendszert is kidolgoztuk. Ezek a szabályok sokkal bonyolultabbak, mint amit a 25 elemre kellett alkalmazni. Az összekapcsolási szabályok a következő információk alapján döntenek el, hogy melyik elemet veszik ki az adatbázisból és kapcsolják össze az előző elemmel (8.5. táblázat):

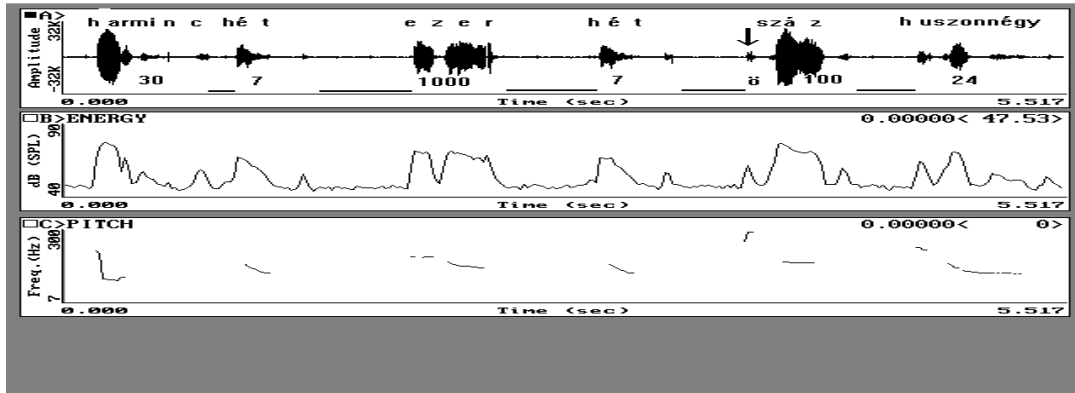
- az elem helyzete: első, belső, utolsó
- az elem első és utolsó hangja
- az elemet megelőző elem utolsó hangja
- az elemet követő elem első hangja

8.5. táblázat: Részlet a szabályrendszerből, amely alapján az új számelemek összekapcsolása történik

Előző számelem	A kiválasztandó számelem az adatbázisból	A következő számelem	Példa
–	1[ε J]	–	1
–	1[ε J][m]	millió, milliárd	1564322
millió	1[o][ε J]	–	3000001
1000 [εzεr]	1[ε ç]	100 [s a: z]	1100
...[an], ...[en], ...[on]	1[n][ε: J]	1000 [J][ε z ε r]	51000
...[an], ...[en], ...[on]	1[n][ε: J]	millió, milliárd	61000000
bármely elem	2[k ε t: ø:]	100 [sa:z], millió	200, 312
bármely elem	2[k ε t: ø:]	1000 [ø:][ε z ε r]	2000
bármely elem	3[h a: r o m]	100, 1000, millió	300, 3000, 3000000
bármely elem	4[n e: J]	1000 [J][ε z ε r]	4555
bármely elem	4[n e: J]	millió [J][milio:]	4000000
bármely elem	4[n e: ç]	100 [s a: z]	400
–, 30, 100, 1000	5[ø t],	100, 1000, millió	535, 5000
...[ɔn], ...[en], ...[on]	5[n][ø t]	100, 1000, millió	65, 75, 25
bármely elem	6 [h ɔ t],7[h e: t]	100, 1000, millió	600, 700
1000, millió	8[j ɔ l ts] felpattanás nélküli [ts]	100	812
10–90, 100	8[j ɔ l ts]	1000, millió	8000, 8000000
1000, millió	9[k i l ε n ts] felpattanás nélküli [ts]	100	900
10-90, millió	9[k i l ε n ts]	1000, millió	59000, 19000000
bármely elem	10[t i: z]	[ε z ε r],millió,	510000
–, 100, 1000, millió[ε n], mint a 40, 50, 70, 90-ben	1, 5,	11, 115
" "	-ε n][k]	2, 9	12, 142, 79
" "	-ε n][h]	3, 6, 7	13, 53
" "	-ε n][n]	4	14, 94
" "	-ε n][p]	8	18, 98
" "	20 [h u: s]	[ε z ε r],millió,	20000
" "	20[o n]	1, 5	21, 125
" "	-on][k]	2, 9	22, 122
" "	-on][h]	3, 6, 7	23, 1223
" "	-on][n]	4	24, 224
" "	-on][p]	8	28
" "	30 [h ɔ r m i n ts]	1,2,3,4,5,6,7,8,9, [ε z ε r],millió	
" "	... [ɔ n], mint 60, 80	1, 5	61, 185
" "	-ɔ n][k]	2, 9	62, 289
" "	-ɔ n][h]	3, 6, 7	63, 187, 666
" "	-ɔ n][n]	4	64, 164
" "	-ɔ n][p]	8	168, 968
1,2,3,4,5,6,7,8,9, 1000	100 [s a: z]	1,4,5,8,40,50,80, 1000,millió	
" "	100 [s a: s]	2,3,6,7,9,10,1x,20, 2x.,30,60,70,90	
5,6,7,8,9,100	1000 [ε z ε r]	bármely elem	
2	[ø:][ε z ε r] 1000	" "	
1, 4	[J][ε z ε r]1000	" "	
40,50,60,70,80,90	[n][ε z ε r] 1000	" "	
3	[m][ε z ε r]	" "	

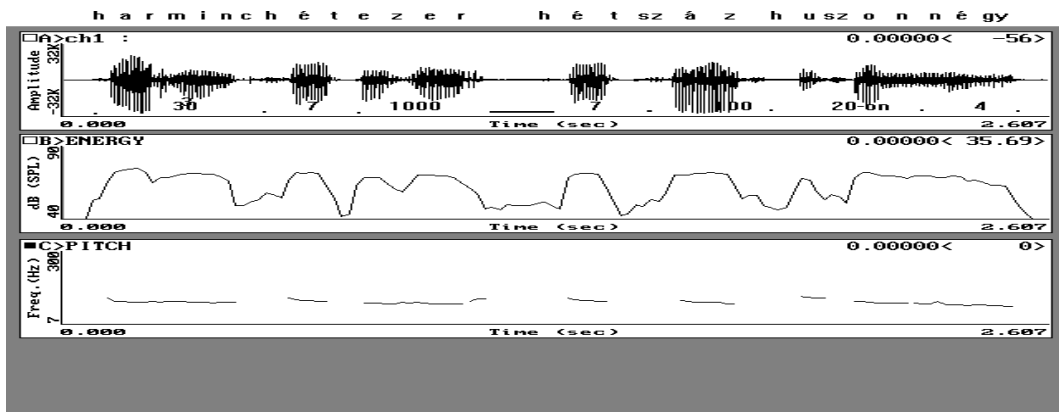
A fenti elvek alapján készített számfelolvasó folyamatos kiejtésben, nagyon jó, a természetes ejtéshez közelálló prozódiaival beszél. A percepciós tesztek eredményei a beszéd minőségét és természetességét illetően azt mutatták, hogy a hallgatók nem

tudták eldönteni, hogy szintetizált beszédet hallanak, vagy egy bemondó felolvasásában hangzott el az adott szám. A következőkben megpróbáljuk összehasonlítani a fenti új rendszerű számfelolvasó hangját (8.12. ábra) akusztikai diagramok segítségével¹ egy ma működő "jól csengő"-nek mondott banki szolgáltatás (8.11. ábra) számfelolvasási hangjával. A kimondott szám: 37724.



8.11. ábra

A 37724 szám kimondása egy hangyománys banki rendszerben. Az akusztikai diagramok: A= hullámforma, B= intenzitás, C=alapfrekvencia



8.12. ábra

A 37724 szám kimondása a fonetikai tevezésű számbemondóval. Az akusztikai diagramok: A= hullámforma, B= intenzitás, C=alapfrekvencia

A 8.11. ábrából látható, hogy a nem fonetikai elvek alapján tervezett banki számfelolvasó rendszer hangja szaggatott, dallamában és amplitudójában szabálytalan. Ezzel ellentétben az új, fonetikai elvek alapján készített rendszer (8.12. ábra) akusztikai diagramjai folyamatosságot mutatnak. Ez a folyamatosság látszik, mind

¹ CD 29, 30

az intenzitás struktúrában, mind pedig az alaphang szerkezetben. Ennek eredménye, hogy a rendszer tökéletes prozódíával ejti ki az adott számot.

Nézzük meg kicsit részletesebben, hogy a 8.11. ábra mit mutat! Az (A) oszcillogramból látható, hogy szaggatottan hangzik fel a szám. Az elemek közé szüneteket iktattak a fejlesztők (ezzel próbálván kompenzálni, hogy az adott számelemek egymáshoz való illesztése nincs megvalósítva). A szüneteket vízszintes vonallal jelöltük az érzékeltetés céljából. Ez a szünetbetoldásos megoldás természetellenessé teszi a szám hangzását. A legtöbb felhasználó úgy használja ezeket a banki rendszereket, hogy leírja a hallott elemeket és utána a papírról próbálja meg összeolvasni a számot. A B ablakban a kimondott szám hangintenzitás görbáját ábrázoltuk. Látható, hogy az *ezer* és a *száz* elemek sokkal intenzívebben szólnak, mint például a *hét*. Ez szintén természetellenes, mivel a számok kimondásakor a helyi értéket megtestesítő részek mindig hangsúlytalanok, tehát intenzitásuk alacsonyabb, mint a környezetüké. A C ablakban a szám dallamgörbáját ábrázoltuk. Látható, hogy a *harminc* elemet ereszkedő hanglejtéssel ejtette a rendszer, mintha befejező elem lenne, noha ez az első eleme a számnak. Az *ezer* és a *száz* elemek hangmagassága magasabb, mint a *hét* elemé, ami a természetes ejtésben sohasem fordul elő. Mindezek az időszerkezeti, intenzitásbeli és dallambeil hibák összeadódnak a kiejtés során és ennek eredménye egy igen furcsa, természetellenes számkimondás. Ha összességében összehasonlítjuk a 8.11. ábra görbéit a 8.8. ábrán bemutatott görgékkal (amik egy természetes bemondásból származnak), akkor látható, hogy a számkimondás ilyen megoldása milyen távol áll a természetes ejtéstől. A 8.12. ábrán látható ablakok ugyanazokat az adatokat tartalmazzák, mint a 8.11. ábrán, csak a diagramok az új rendszerű számfelolvasó hangjából készültek. Ha itt megtesszük az összehasonlítást a 8.9. ábra görbéivel, akkor láthatjuk, hogy ez a kiejtés nagyon közel áll a természetes ejtéshez [annak ellenére, hogy itt is elemekből állítottuk össze a számot). Az oszcillogramból látható, hogy csak ott van szünet, ahol a szám kiejtési logikája megkívánja (az *ezer* után), a többi rész folyamatosan hangzik el. Ez látszik az összidőtartamon is, itt a szám kimondása mindössze 2,6 másodperc, míg a 8.11. ábrán látható kimondásban ugyanezen szám kimondásához 5,5 másodperc kellett. A B ablakban ábrázolt intenzitásvonal kiegyenlített és enyhe csökkenést mutat, ahogy az a természetes beszédben is

megvalósul. A C ablakban felrajzolt dallamgörbe igen közel áll a természetes ejtés dallamgörbéjéhez.

Percepció tesztek

Két tesztet végeztünk. Az elsőben a új rendszerű számfelolvasó hangminőségét hasonlítottuk össze a természetes ejtés hangminőségével, a másodikban az alkalmazhatóságáról kívántunk képet kapni, vagyis arról, hogy a fonetikai tervezésű számfelolvasónak a hangminősége van-e olyan jó, hogy emberi ejtésű üzenetekkel lehessen kombinálni anélkül, hogy észrevehető lenne a különbség az emberi és gépi rész között². Például: *Az Ön számlájának egyenlege: 37724 forint.*, ahol az üzenet első részét (kiemelt betűk) emberi bemondással hozzuk létre, a számot tartalmazó részét pedig a számfelolvasóval.

Teszt 1.

A teszthez 13 négy-, öt- és hatjegyű számot szintetizáltunk az új számfelolvasóval, másik 13 számot pedig az eredetileg rögzített 720 számból választottunk ki. A szintetizálási eljárásból következik, hogy a szintetizált, elemekből összerakott számok hangja ugyanazon személytől származott, mint az eredeti bemondások. Így a teszt során csak a kiejtés természetessége döntötte el, hogy a kísérleti személyek a természetes bemondásra vagy az elemekből összeállított számra voksoltak. A számokat véletlen sorrend szerint játszottuk le a kísérleti személyeknek. A lejátszott elemek között 7s-os szünetek voltak. 30 személy vett részt a kísérletben (életkoruk 20-40 év), két 15 fős csoportban. Két kérdésre kellett válaszolniuk a tesztlapjaikon. Jelölje be, hogy a hallott számot

- a) ember mondta be
- b) hullámforma elemekből, összekapcsolásokkal állították elő
- c) nem tudom eldönteni

Adja meg a véleményét a hallott szám hangminőségéről és érthetőségéről

- a) nagyon rossz
- b) rossz
- c) elfogadható
- d) jó
- e) nagyon jó

Az eredményeket a 8.6. és 8.7. táblázatban összesítettük.

8.6. táblázat: Az első kérdésre adott válaszok

A lejátszott szám	A válaszok száma	A válaszok száma %-ban	Helyes válasz %	Helytelen válasz %
természetes ejtésű	423	54	38	16
elemekből összeállított	132	17	17	–
nem tudott dönteni	225	29	–	–

Az eredmények szerint az 1. kérdésre 423 esetben, 54%-ban válaszolták, hogy emberi ejtésből származó számot hallottak. Ezekből a válaszokból 302 volt igaz, 121 esetben pedig a szintetizált számot hallották emberi bemondásúnak. 132 esetben, 17%-ban döntöttek úgy, hogy elemekből összeállított számot hallottak, ezek a döntések mind igazak voltak. 225 esetben, 29%-ban pedig nem tudták eldönteni, hogy melyik változatot hallották. Ezek közül a döntések közül 88 esetben természetes ejtésű számot hallottak, és 137 esetben elemekből összeállított, szintetizáltat. A teszt folyamán 390 esetben hallottak a kísérleti személyek szintetizált számot és ebből 258 esetben vagy azt a döntést hozták, hogy emberi ejtésű számot hallottak, vagy azt, hogy nem tudnak dönteni. Ez azt jelentette, hogy a 390 esetből 67%-ban a szintetizált számot természetes ejtésűnek találták.

A 2. kérdésre adott válaszokból (8.7. táblázat) az látszik, hogy a kísérleti személyek az új rendszerű számfelolvasó hangminőségét nagyon jónak találták.

8.7. táblázat: Ítéletek a hangminőségre vonatkozóan

	Válasz	Válasz %
nagyon rossz	–	–
rossz	–	–
elfogadható	4	0,5%
jó	82	10,5%
nagyon jó	694	89%

Teszt 2.

Ehhez a teszthez 12 olyan komplex üzenetet készítettünk, amelyeknek az első felét emberi bemondás alkotta (női hangú bemondó), a másodikat, amelyikben számot kellett kimondani, a számfelolvasó hangja (férfi hangon) szólaltatta meg. A tesztben 30 fő (24 férfi, 6 nő) vett részt (életkoruk 20-40 év közötti volt). Feladatuk az volt, hogy az üzenet meghallgatása után mondjanak véleményt annak hangminőségéről az

² CD 31, 32

alábbi skála szerint: nagyon rossz, rossz, elfogadható, jó, nagyon jó. A kísérleti személyek figyelmét felhívtuk, hogy az üzeneteket egy telefonos információadó rendszerben kívánjuk felhasználni. A tesztet 3 csoportban hajtottuk végre. Az eredményeket a 8.8. táblázat tartalmazza.

8.8. táblázat: A komplex üzenetek hangminőségének vizsgálatára adott válaszok

	Válasz	Válasz %
nagyon rossz	–	–
rossz	–	–
elfogadható	–	–
jó	14	4%
nagyon jó	346	96%

A 8.8. táblázat adatai szerint az új rendszerű számfelolvasó hangja nem rontja le az üzenet általános hangminőségét, tehát kombinálható természetes, emberi bemondású üzenetrészekkel.

Eredmények

A fent ismertetett fonetikai vizsgálatok megmutatták, hogy a hipotézis helytálló volt. Meghatároztuk, hogy a számok kiejtésekor milyen szabályok érvényesülnek. **E szabályok alkalmazásával megterveztük az első jó minőségű magyar számfelolvasót.** A percepció tesztek igazolták a módszer eredményességét. A módszert a későbbiekben alkalmaztuk más nyelvekre is, németre, angolra, portugálra (Olaszy–Németh 1998). A német³ és angol változatot is megvalósítottuk, hasonló pozitív eredménnyel. Ez azt mutatja, hogy az általunk kidolgozott elv bizonyos értelemben nyelvfüggetlen.

8.5 Korszerű magyar szövegfelolvasó

Az elmúlt húsz év során a beszéd-szintézis tudománya és technikája nagy fejlődésen ment keresztül. Ez főleg az automatikus szövegfelolvasókra vonatkozik, hiszen ez az a szolgáltatás, amelyre egyre több gyakorlati alkalmazást fejlesztenének, ha lenne megfelelő beszédminőséget adó beszéd-szintetizátor. A beszéd mesterséges előállítás bonyolult, sok időt, összetett szakképzettséget igénylő feladat. Jó beszéd-szintetizátort csak speciális tudással rendelkező szakembergárda képes megalkotni.

³ CD 33

Ebben beszédakusztikával, nyelvészettel, ezen belül fonetikával foglalkozó szakemberek, valamint a számítástechnikában jól képzett mérnökök vesznek részt.

A fejlesztés másik fontos szempontja, a nyelvfüggőség. Magyar nyelvű igényes beszéd szintetizátort csak saját, jelen esetben magyar szakembergárdával lehet fejleszteni. Magyarországon nagy hagyománya van a beszédépítésnek. A jelen fejezetben ismertetett beszédelőállító rendszer az első olyan hazai beszéd szintetizátor (fejlesztése 5 évet vett igénybe), amelyik teljesíti azt a három alapkövetelményt, amellyel egy korszerű beszéd szintetizátort jellemezni lehet.

Az első, hogy emberi hangszínezettel rendelkező hangot állítson elő, amely tiszta, érthető kiejtést hordoz, a szintetizátor beszéde dallamos, és ritmikailag is változatos. Más szóval a beszéd első hallásra is megérthető, és a hosszabb szövegek hallgatása sem fárasztja a hallgatót.

A második tulajdonság, hogy illeszkedjen a korszerű, általános technikai háttérhez, ezen megszólaltatható legyen. A mai követelmény az, hogy csak szoftver eszközökkel állítsuk elő a beszédet és azt hangkártyán lehessen megszólaltatni.

A harmadik fontos jellemző, hogy jól kiépített háttér--támogatás (szoftver eszközrendszer) álljon rendelkezésre a fejlesztéshez, módosításokhoz.

Az alábbiakban az első feltétel teljesítéséhez vagyis a szép, érthető beszéd előállításának megvalósításához szükséges fonetikai adatok és szabályok rendszerbe foglalt összességét tárgyaljuk vázlatosan. Itt nem foglalkozunk a szövegnek a beszédhangsorozattá való átalakításának részleteivel, ami egy szövegfelolvasó fontos részeleme (vö. Olasz et al. 1992), csak az akusztikai megvalósítás fonetikai vonatkozásait mutatjuk be.

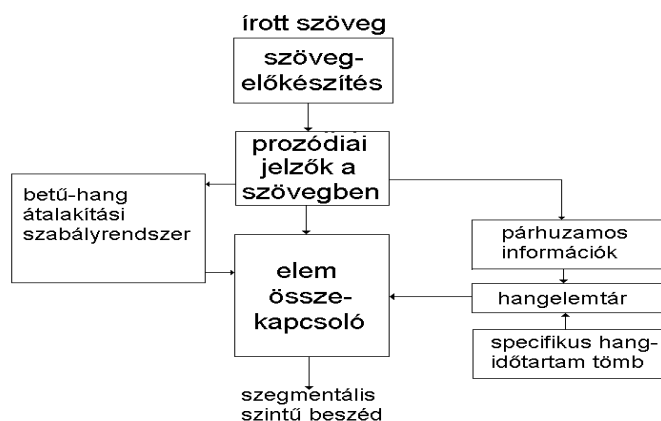
A szövegfelolvasó általános felépítése

A szintetizátor elkülönített blokkokból áll, amelyek között az adatáramlást a keretrendszer biztosítja (Olasz et al. 2000). Ezzel a modul rendszerű felépítéssel lehetett elérni azt, hogy a különböző feldolgozási szintek helyes működését külön-külön is, csoportosítva is és teljes egészében is ellenőrizni lehet a fejlesztés során. Fonetikai szempontból a szintetizátor három részből áll, a szöveg-hang meghatáro-

zóból, a szegmentális (8.13. ábra), valamint a szupraszegmentális szintű feldolgozóból (8.14. ábra).

A szöveg-hang átalakító részben készítjük elő a dallam, a ritmus és az intenzitás szerkezet kialakításához szükséges főbb adatokat is.

A szegmentális modul az elem összekapcsolóból és a hangelem-tárból áll. A hangelem-tár elemeivel párhuzamosan több információt tárolunk. Ilyenek a specifikus időtartamok (lásd 6.1 fejezet), valamint azok az információk, amelyekre szükség van a precíz beszédépítéshez. Továbbá a szövegből vezetjük le a hangjait és tároljuk a hangok fő tulajdonságait is. Ezen felül tároljuk a szótagok helyét a szón belül, a szó szótagszámát, a szó elhelyezkedését a szövegben (első/utolsó, vessző előtti, frázishatáron van stb.), valamint a prozódiai jeleket (frázis határok, dallam és hangsúly jelek, mondatjellemzők stb.). Frázisnak tekintjük az új dallamvonulattal megvalósuló szövegrészt.



8.13. ábra

A szintetizátor szegmentális szintű előkészítő részegységei

Hangszinten tároljuk a hangok képzési tulajdonságait, valamint a hanghoz tartozó belső időstruktúrát periódus jelzők segítségével (zöngéseknél a periódusok számát és határait, zöngétleneknél 10 ms-os osztást férfi, 5ms-os osztást női hangnál), továbbá a hanghatárokat és az adatbázisban tárolt diádos elemek határát. A fenti információk nagy része pontosan kinyerhető a kiindulási adatokból (szöveg és elembázis), egy részüket azonban nyelvészeti és fonetikai vizsgálatok eredményeiből kell származtatni. A prozódiaát előrejelző jeleink (lásd a 7.2.2 fejezetben) meghatározásához csak a bemenő szöveg áll rendelkezésre. A szövegelemzés szintje határozza meg, hogy

mennyire pontosan lehet a mondatdallamot, a hangsúlyozást, a beszédsebesség változását meghatározni. Ezen a téren az optimális megoldást a szöveg- és azon belül a mondatszintű szemantikai és szintaktikai elemzés jelentené, azonban ilyen komplex tudományos vizsgálatokat a magyar nyelvre, algoritmizálható formában még nem folytattak. Az itt ismertetett rendszerben két kompromisszumos megoldást alkalmazunk a prozódia előrejelzésére. Mindkettő csak az adott mondat szintjére vonatkoztatva végez vizsgálatot, mondatok közötti összefüggéseket nem tudunk megadni. A beszéddallam vonatkozásában az egyszerűbb megoldás statisztikai jellegű, melynek során jósolni próbáljuk a mondat teljes dallamát (az esetleges részdallamok összekapcsolását), valamint a szószintű hangsúlyozást. A megoldás lényege, hogy bizonyos szövegelemekhez (vessző, névelő, pozitív, illetve negatív fogalmat hordozó szó, szóegyüttes, frázishatárt magában hordozó szó stb.) hozzárendeljük a megfelelő információt. A beszédszüneteket is megadtuk a mondaton belül. A komplexebb megoldás a mondat célirányos szintaktikai elemzésén alapszik (Koutny 1999; Koutny–Olaszy 2000), amely lényegesen jobb eredményt ad, azonban megvalósítása sokkal bonyolultabb, mint az előző változaté.

Hangelem-tár

A szövegfelolvasó hangelem-tára diádos hangsorépítő elemeket tartalmaz. alaphangzását (szegmentális alap) a hangelem-tár elemeinek formája és belső akusztikai minősége határozza meg. A hangelem-tár elemeit kapcsoljuk egymás után, így hozzuk létre a folyamatos beszéd szegmentális szintű formáját.

A hangelem-tár elemei már tartalmazzák a specifikus hangidőtartamokat is. A szegmentális szinten készített hangsorban (az elemek össze vannak kapcsolva) tehát a hangidőtartamok kiegyensúlyozottak lesznek, nem lesznek túl hosszú, illetve feltűnően rövid hangok és megvalósulnak és a hangok közötti helyes időtartam arányok (például a magánhangzók és mássalhangzók között). A végleges hangidőtartamokat a szupraszegmentális részben alakítjuk ki.

A hangelem-tár elemeinek intenzitásviszonyait is ki kell egyenlíteni, hiszen a bemondás során a bemondó hangereje – még a leggondosabb kiejtés során is – változik. Ez azt eredményezi, hogy ugyanazon hangok egyes elemekben intenzívebbek, más elemekben halkabbak lesznek. Az általunk kidolgozott hangintenzitást kiegyenlítő eljárás lényege a következő.

1. Az adatbázis elemeiben megmérjük minden hang átlagintenzitását.
2. A kapott eredményeket a hanzóssági sorrendnek és az arra jellemző dB skálának feleltetjük meg (Olaszy 1989). Ebből meghatározzuk azokat a szorzókat, amiket alkalmazni kell, hogy a helyes hangzóssági sorrendet megvalósítsuk.
3. A hangok intenzitását a hangzóssági sorrendnek megfelelő arányokra állítjuk be.
4. Az elemhatárokon (a diád elemek találkozási pontjain) az intenzitáskülönbségeket interpolációval kiegyenlítjük

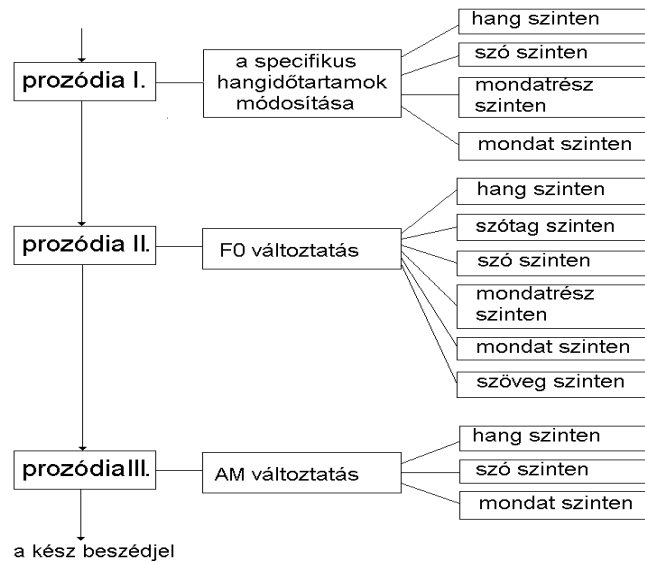
Az intenzitáskiegyenlítés eredménye, hogy a szintetizált beszédben a hangzás egyenletesebb, simább lesz. A végleges hangintenzitásokat a szupraszegmentális részben alakítjuk ki.

A prozódiai szerkezet kialakítása

A beszéd végleges akusztikai szerkezetének felépítése során kialakítjuk a ritmikát, vagyis a hangsor meghatározott pontjain néhány százalékkal felgyorsítjuk, illetve lelassítjuk a beszédsebességet, megvalósítjuk a szüneteket, továbbá a szegmentális szintű beszédre ráépítjük a dallamot, beállítjuk minden szóra a rá kijelölt hangsúlykategóriát, és végül a hangintenzitást is úgy módosítjuk, hogy közelítsük a természetes beszédre jellemző intenzitásviszonyokat. Mindezeket a szupraszegmentális modulban végezzük el (8.14. ábra).

A végleges hangidőtartamok beállítása

A szupraszegmentális szintre jellemző korrekt időszerkezet a jó hangzású beszéd elsődlegesen legfontosabb követelménye. A gyakorlati tapasztalatunk azt mutatja, hogy hiába valósítunk meg megfelelő intonációt és intenzitás szerkezetet, ha a hangidőtartamok helyenként túl hosszúak, helyenként pedig túl rövidek. A hangidőtartamok végleges, szupraszegmentális szintű beállítása a 7.1.2 fejezetben megadott szabályrendszer felhasználásával történik.



8.14. ábra

A szupraszegmentális modul feldolgozási egységei

Az alapfrekvencia-változások beállítása

Az alapfrekvencia változtatás beállítása során a 7.2 fejezetben ismertetett dallamépítő elemeket és szabályokat használjuk. Az alapfrekvencia változtatása kihat az időstruktúrára is, ugyanis ezzel párhuzamosan a hangperiódusok rövidülnek, illetve hosszabbodnak. A korábbi szinten beállított időtartamok visszaállítására idővetemítést alkalmazunk. Ennek lényege, hogy a dallamváltoztatás után megvizsgáljuk, hogy az eredetileg beállított időtartam változott-e a dallamrűltetés miatt és ha igen, akkor visszaállítjuk az eredetileg beállított időtartamot a hangban vagy a szóban.

Szöveg szinten az egymás után következő mondat(ok) típusa határozza meg az egyes mondatokra kidolgozott dallamgörbe kezdőpontját és végpontját (hány Hz-en kezdődik a mondat dallama és hányon fejeződik be, hogy dallamszerkezetileg jól illeszkedjen a megelőző, illetve a következő mondathoz. Lásd a 7.3 fejezetben). A szintetizátorba csak a kijelentő és kérdő mondatokra megállapított szabályokat építettük be.

A mondat és a szó, illetve szótag szintjén az értekezésben ismertetett szabályok (7.2 fejezet) határozzák meg a mondat végleges alapfrekvencia szerkezetét.

Az intenzitás szerkezet beállítása

Az intenzitás szerkezet beállításához három szintről, a hang, a szó és a mondat szintjéről használtunk fel információt.

A hangszintű beállításnál a magánhangzók hangzóssági tulajdonságainak és a hang helyzetének ismerete alapján végeztünk a hangerő növelését, illetve csökkentését a szavakban. A természetes beszéd során ezt a hang képzésének pillanatában automatikusan elvégezzük, itt azonban rögzített elemtárral dolgozunk, amelyben a hangok adott hangintenzitással vannak tárolva. A korrekciókra szabályokat dolgoztunk ki, ezek alkalmazásának eredménye, hogy a beszédjel intenzitás szempontjából is kiegyenlítettebb hangzású, nem lesznek túl erős és túl halk hangok a hangsorban. A hang szintű feldolgozáshoz tartozik az is, hogy olyan esetekben, amikor a hangsúlyozást nem dallamcsúccsal kell megvalósítani, az adott magánhangzó intenzitását megnöveljük.

A szó szintjén a hangsúlyozott szavakban csökkenő intenzitásstruktúrát valósítunk meg (a szó elején 100%-os az intenzitás, a végén 80%-os). A mondat szintjén pedig kialakítjuk a mondatra jellemző hangintenzitás szerkezetet. Ez a mondat típusától és szerkezetétől függően változik.

A szöveg felolvasó beszédminőségének értékelése

A fentiekben leírt elembázissal és szabályrendszerrel létrehozott szintetikus beszéd minőségét egyszerű percepció tesztekkel és társadalmi szintű véleménykéréssel ellenőriztük. A percepció tesztekben 240 egy- és kétszótagú szót, valamint 48 mondatot (3-6 szó mondatonként) hallgattatunk meg 6 kísérleti személlyel (4 férfi és 2 nő, életkoruk 30-45 év közötti volt). Mindkét esetben az volt a feladatuk, hogy írják le amit hallottak. Az eredmények kiértékelésénél csak azt a szót vettük elfogadhatónak, amelyikben nem volt hanghiba. Ezzel a kritériummal 83%-os eredményt kaptunk. Abban az esetben, amikor zárhang tévesztését is elfogadtuk jó azonosításnak (például *Pál* helyett *tál*-t értettek), akkor 93%-os azonosítási szintet kaptunk. Mondatok esetében a helyes azonosítás elérte a 98%-ot.

A társadalmi szintű értékelést (több ezer felhasználó) a Westel Mobiltelefon Társaság végezte. A szintetizátor a Westel elektronikuslevél-felolvasó szolgáltatásában működik 1999. decembere óta (Németh et al. 2000). A kérdőíves felmérés során az előfizetőknek 5 fokozatú skálában kellett értékelni az elektronikus levélfelolvasó beszédminőségét. Az mérés átlageredménye 4,5 volt.

9. Új tudományos eredmények

A folyamatos beszéd szerkezetének akusztikai-fonetikai vizsgálata során a következő új tudományos eredmények születtek.

1. Indirekt módszerű vizsgálati formát dolgoztam ki a beszédhangok specifikus időtartamainak meghatározására.

A módszer lényege, hogy nem emberi ejtésű hangsorokból mérjük meg az időtartamokat, hanem beszéd-szintézis és percepció-s teszt kombinálásával olyan szegmentális szintű mesterséges beszédet hozunk létre, amelyik megvalósítja a hangsorra jellemző időtartamokat, időtartam eloszlásokat és arányokat. A specifikus időtartam adatokat ebből a beszédből határozzuk meg. Az eljárás alkalmas arra, hogy **az elméleti kategóriaként kezelt specifikus időtartam fogalmát számszerűsítse**, azaz a specifikus időtartamokat konkrét értékekkel adja meg. Az eljárásból kapott időtartam adatokat összehasonlítottam korábbi kutatások adataival és lényeges eltérést nem találtam. Ezzel bebizonyítottam, hogy ez az eljárás alkalmas hangidőtartamok korrekt meghatározására.

Az új eljárás előnyei a következők: beszélőtől független, reprodukálható, statisztikai vizsgálatokra közvetlenül alkalmas, minden hangra megadja a tényleges időtartamot a hangkörnyezet függvényében (adott artikulációs sebességre). A specifikus időtartamokat a folyamatos beszédre lehet meghatározni, ezért ez a vizsgálati forma közelebb áll a valósághoz, mint azok amelyekben logatomok, szavak, rövid mondatok közvetlen vizsgálatából nyerik az adatokat. Ezzel a módszerrel a korábbi mérésekhez képest többféle vonatkozásban lehet adatokat meghatározni a specifikus időtartamokról (például különböző hangcsoportokra, hanghelyzetekre) ezeket adabáziskezelő módszerekkel ki lehet nyerni. A módszerrel kapott bármely eredmény meghallgatással ellenőrizhető.

Az eljárással a folyamatos beszéd minden hangkapcsolatára meghatározhatók a specifikus időtartamok. A mátrixok időtartam adatait tanulmányozva közvetve felfedezhetők esetleges kiugró időtartam értékek, amelyek mögött feldolgozási hiba rejlik, ezeket korigálni lehet így a végleges adatok – a több szintű ellenőrzésnek köszönhetően – nagy pontossággal tükrözik a beszéd specifikus időtartam viszonyait.

2. Meghatároztam a magyar beszédhangok specifikus időtartamait a CVC, VCV, CCV és VCC hangkapcsolatok középső hangjára.

A vizsgálatot 9 magánhangzóra és 23 mássalhangzóra végeztem el összesen 16146 féle hármas hangkapcsolatra. A munka eredménye, hogy rendelkezésre állnak a vizsgált hangkapcsolatok középső hangjainak specifikus időtartamai ms-ban. Ezek az időtartamok csak a hangkörnyezet hatását (megelőző hang, követő hang) tartalmazzák, a szupraszegmentális szintű hatásoktól mentesek. **Ezért úgy tekintem, hogy ezek az időtartamok reprezentálják a magyar beszéd időszerkezeti modelljének az alapját.** A vizsgálati eredményekből magyar hangsorok (szó, mondat, szöveg) hangjainak specifikus időtartama megadható olyan pontossággal, hogy a mondat meghallgatásakor a beszédet kiegyenlítettnek halljuk (nincsenek benne kirívóan hosszú, illetve rövid hangok). A mért hangidőtartamokból számított általános tulajdonságok (hosszúsági sorrend, átlag adatok, időtartam sávok stb.) csak a hanghosszúságokban térnek el korábbi, más kutatások adataitól, ami azt mutatja, hogy lényegesen gyorsul a magyar beszéd. Egyéb tendenciákban lényeges eltérést nem tudtunk kimutatni (kivéve az [l, r] magánhangzóra gyakorolt nyújtó hatását, amit viszont szupraszegmentális szinten mutattunk ki).

3. Kidolgoztam azokat az időszerkezet szupraszegmentális szintjére vonatkozó időtartam-módosító szabályokat, amelyek alkalmazásával a specifikus időtartamokból levezethető bármely hangsor (szó, mondat) hangjainak végleges időtartama, tehát a hangsor időszerkezeti képe számsorozat formájában megadható.

A hangidőtartamok változásának jellemzésére összesen 64 szabályt dolgoztam ki. Ezek megoszlása a következő: 25 a rövid magánhangzókra, 33 a hosszú magánhangzókra, 2 a VV kapcsolatokra és összesen 4 a mássalhangzókra, valamint a két és három elemű CC kapcsolatokra. Bebizonyítottam, hogy a kidolgozott szupraszegmentális szintű szabályok alkalmazásával az adott hangsor végleges időtartama olyan pontossággal alakítható ki, hogy a hangsor időszerkezete igen

közelálló lesz az ugyanazon hangsor természetes ejtésű (érzelem mentes) formájának időszerkezeti képéhez. Ez azt jelenti, hogy az általam bevezetett két szintű időtartam-ábrázoló modell segítségével (2. és 3. pont) a magyar beszéd időszerkezeti alapképe bármely hangsorra leírható és kiszámítható. Bevezettem a **szó időtartamképe** fogalmat, amely véleményem szerint jellemző az adott szóra a hangsor bármely pontján. Az időtartam-kép egy számsorozat, amely minden hangra megadja azt a szorzófaktort, amelyikkel az adott hang specifikus időtartamát meg kell szorozni, hogy a szóra alapvetően jellemző végleges hangidőtartamokat megkapjuk. **Ennek a számsorozatnak az értékeit a következő paraméterek határozzák meg: a hang szóban elfoglalt helyzete, a hang kvantitásbeli osztálya, a hangkörnyezet és a szó hossza.** Az időtartam-képek rendszerezhetők. Ez azt jelenti, hogy a magyar nyelvre elkészíthető az a véges számú számsorozat, amellyel az összes magyar szó időtartam-képe megadható. Ezzel a magyar beszéd időszerkezetének lényegi meghatározását értük el.

4. Szabályrendszert dolgoztam ki a magyar beszédben megvalósuló, mondat szintű alapprofrekvencia-változások egységes ábrázolására és mesterséges megvalósítására.

Az alapprofrekvenciaváltozások egységes ábrázolására olyan koordinátarendszert dolgoztam ki, amelyikben az alapprofrekvenciaváltozások mértékét százalékban kell megadni egy referencia ponthoz viszonyítva. A referencia pontnak az egyszerű, érzelem mentes, rövid kijelentő mondat indulási alapprofrekvenciáját választottam. Ehhez viszonyítottam a vizsgált kérdő, felszólító, óhajtó, kérést kifejező és összetett kijelentő mondatok dallammenetét. Ez az ábrázolási forma lehetővé teszi, hogy a mondatok dallammenetét egymáshoz viszonyítsuk, megadjuk az egyes mondatfajták dallamszintű összekapcsolásának szabályait. Ezzel lehetővé vált, hogy a folyamatos beszéd komplex dallamstruktúráját is meg tudjuk valósítani. Az ábrázolt mondatdallamok magukban foglalják azokat a transzformációs szabályokat is, amelyek alkalmazásával az egyes dallamformák egymásba átalakíthatók (például kijelentésből kérdést, óhajtást lehet képezni). Meghatároztam 32 általános dallamsémát, amelyek segítségével a fenti mondatok dallamának többsége összeállítható és mesterségesen meg is valósítható. Az általános dallamsémákkal le nem írható bonyolult alapprofrekvencia változások kezelésére 5, különleges kategóriába tartozó dallamformát is meghatároztam, amit a hozzá kijelölt teljes beszédegységre

kell alkalmazni. A transzformációs szabályok és dallamsémák felhasználhatóságát szintetizált mintákkal bizonyítottam.

5. Meghatároztam a szótagszintű alapfrekvencia-változások főbb fajtáit, és ezek előállítását szabályokba foglaltam.

A magyar beszédre tíz szótag szintű alapfrekvenciaváltozási szabályt határoztam meg. Ezek a hangsúlyozásból eredő alaphangváltozások megvalósulási formáit írják le. A szabályok által leírt alapfrekvenciaváltozást dallamelemnek neveztem. A szabályok maximum két szótagnyi hangsorrészre vonatkoztathatók és háromféle alaphangváltozási formát írnak le: emelkedő, eső és emelkedő-eső. E három dallamelem a szabályokban különböző időosztású megvalósításban van megadva. Az időosztás két szintű. Az első szint a szótagszámot jelenti (egy szótagra, illetve két szótagra terjed ki a szabály) a második a szótag magánhangzójának belső időosztását tartalmazza (eleje, közepe, vége). Hét szabály az első szótagban megvalósuló alapfrekvenciaváltozás leírására szolgál, három pedig a két szótagra kiterjedőre. Magát az alapfrekvencia változást két szinten adtam meg a szabályokban. Ez például a hangsúlyozási kategóriák két fajtájának megvalósítását (hangsúly, mellékhangsúly) teszi lehetővé.

A dallamsémák és dallamelemek használatával olyan kétszintű modellt hoztam létre, amellyel jól lehet közelíteni a vizsgált mondatfajták komplex alapfrekvencia szerkezetét. A dallamelemek konkrét megvalósítására is szabályt dolgoztam ki, amelyik kimondja, hogy a dallamelemet a mindenkori dallamsémára kell ráültetni dinamikus módon.

6. Meghatároztam a fonológiai szintű dallamprozodémák és a fonetikai szintű dallamsémák és dallamelemek közötti kapcsolatrendszert, és ennek működését szintetizált mintákon igazoltam.

A szövegbe illeszthető fonetikai szintű intonációs jelrendszert dolgoztam ki. A jelekkel szöveg szinten meg lehet adni az adott beszédszakasz komplex alapfrekvencia szerkezetét. A jelrendszerben minden dallamsémához és dallamelemhez külön jel rendelhető. A fonológiai szintű karakterdallamokat, valamint a gátprozodémákat a dallamsémáknak, a hangsúlyprozodémákat a dallamelemeknek feleltettük meg. Szó szinten még két kategóriát vezettünk be, a hangsúlytalan és a negatív hangsúlyos szót jelző jelet. Így a dallamsémákra 32, a különleges dallamokra 5, a szó szintű elemekre 2, a szótag szintű elemekre 10 féle jelet határoztunk meg. Meghatároztam a Varga (1994) által megadott 17 féle intonációs jel és a mi

jelrendszerünk jelei közötti összefüggéseket és ezek felhasználásával konkrétan megvalósítottam (szintézissel) Varga néhány mintamondatát, valamint a hosszabb szövegre adott intonációs átiratának első három mondatát. A fonológiai ábrázolásból a fonetikai jelrendszerbe átirított mondatok és szöveg dallamszerkezete megvalósította a fonológiailag leírt dallamjellemzőket, ezzel igazoltam, hogy a két szint összekapcsolására kidolgozott kapcsolatrendszer működik.

7. Fonetikai szabályrendszert dolgoztam ki a számok gépi felolvasásának korszerű megvalósítására.

A természetes ejtést jól megközelítő számfelolvasás megoldására fonetikai vizsgálataim eredményei alapján meghatároztam, hogy mely összefüggések szabályozzák alapvetően a számok természetes ejtését. Ezeket az összefüggéseket felhasználva meghatároztam azon 212 számelemet (az eddig használt 25-tel szemben) tartalmazó elemhalmazt, amelyikkel biztosítani lehet a számok kiejtésének jó minőségét. Ezen felül meghatároztam azt a szabályrendszert, amelyikkel az elemhalmaz elemeinek összekapcsolása a szám írott formája alapján megadható. Az elemhalmazt és szabályrendszert működő formában is megvalósították. A működő rendszer hangmintáival végzett percepciós tesztekkel bebizonyítottam, hogy az új rendszer hangminősége közel áll a természetes ejtés minőségéhez. A tesztek eredményei azt is igazolták, hogy a számfelolvasó hangminősége olyan jó, hogy ha emberi bemondású üzenetrészekkel kapcsoljuk össze (erre van szükség a kötött szótáras rendszerekben), akkor a szintetizált beszéd és az emberi bemondás között nem érzékelhető a különbség. A kidolgozott módszert német és angol nyelvre is átültettem és hasonló jó eredményeket kaptam. Ez azt mutatja, hogy az új módszer bizonyos szempontból nyelvfüggetlennek tekinthető.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki mindazoknak, akik segítségükkel hozzájárultak az értekezés megvalósulásához. Különös köszönet illeti dr. Gósy Máriát, valamint az MTA Nyelvtudományi Intézet Fonetikai Osztályának dolgozóit, továbbá a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Telemetikai Tanszékéről dr. Németh Gézát. A disszertációban ismertetett PDS szoftver programjainak folyamatos fejlesztéséért Kiss Géza doktorandusznak jár köszönet. Ugyanilyen köszönet illeti Olaszi Péter doktoranduszt is, aki a Profivox szövegfelolvasó szoftver rendszerét valósította meg több éves munkával.

Irodalom

- Adriaens, L. M. H.: A preliminary description of German intonation. IPO Annual progress report, 19. Eindhoven, The Netherlands, 1984. 36-41.
- Adriaens, L. M. H.: Ein Modell deutscher Intonation. IPO Eindhoven, The Netherlands, 1991.
- Allen, J. – Hunnicutt, M. S. – Klatt, D.: From text to speech: The MITalk system. Cambridge University Press. London 1987.
- Aubergé, V.: A structured lexicon for synthesising prosody. In: Talking Machines: Theories, Models and Designs. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Sawallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 307-321.
- Aulanko, R.: Microprosodic features in speech: experiments on Finnish. In: XIII Meeting of Finnish Phoneticians. Eds.: Aaltonen O. and Hulko T. Turku, 1985. 33-54.
- Balázs Boglárka – Gósy Mária: Környezetünk hangjelenségeinek hatása a beszédre. Fül-orr-gégegyógyászat 34. Budapest, 1988. 145-150.
- Bartók János: A beszéddallam lejegyzésének kérdéseire. NytudÉrt. 67. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. 88-93.
- Bartók János: A hanglejtés jelzése a magyarban. M Ny. LXVII 3, 4. 1971. 316-329; 449-459.
- Bartkova, K. – Sorin, C.: A model of segmental duration for speech synthesis in French. Speech Communication 6. 1987. 245-260.
- Bárczi Géza: Fonetika. Tankönyvkiadó, Budapest. 1951.
- Bell, C. G. – Fujisaki, H. – Heinz, J. M. – Stevens, K. N. – House, A. S.: Reduction of speech spectra by analysis-by-synthesis technics. Journal of the Acoustical Society of America, 33. 1961. 1725-1736.
- Bolla Kálmán: A magyar magánhangzók analízise és szintézise. Magyar Fonetikai Füzetek 1. MTA Nyelvtudományi Intézet. 1978. 53-68.
- Bolla Kálmán: Szupraszegmentális elemzések. Egyetemi Fonetikai Füzetek 7. ELTE, 1992.
- Boros Rezső: A magyar beszéddallam lejegyzése. NytudÉrt. 67. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. 76-88.
- Brizgunova, E., A.: Prakticeszkaja fonetika i intonacia ruszkovo jazika. Moszkva, 1963.
- Campbell, W. N. – Isard, S. D.: Segment durations in a syllable frame. Journal of Phonetics: Special issue on speech synthesis, 19. 1991. 37-47.
- Campbell, W. N.: Syllable-based segmental duration. In: Talking Machines: Theories, Models and Designs. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Sawallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 211-224.
- Collier, R. – Terken, J.: Intonation by rule in text-to-speech applications. Proc. of the European Conference on Speech Technology, Edinburgh, 1987. 165-168.
- Collier, R.: Multi-lingual intonation synthesis: Principles and applications. Proceedings of the ESCA Workshop on Speech Synthesis, Aufrans, France 1990. 273-276.

Collier, R.: A comment on the prediction of prosody. In: In: Talking Machines: Theories, Models and Designs. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Sawallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 205-208.

Crystal, T. H. – House, A.: Articulation rate and the duration of syllables and stress groups in connected speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88. 1990. 101-112.

Deans, P. – Breen, A. – Jackson, P.: CART-based duration modeling using a novel method of extracting prosodic features. *Proceedings of Eurospeech'99*, sixth European Conference on speech communication and Technology, Budapest 1999. 1823-1826.

Deme László: A hanglejtés. In: *A mai magyar nyelv rendszere II.* Szerk.: Tompa József. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1962. 503-522.

Dirksen, A. – Quené, H.: Prosodic analysis: The next generation. In: *Analysis and synthesis of speech.* Eds.: van Heuven V. and Pols L., Mouton de Gruyter, Berlin 1993. 131-146.

Dudley, H.: *Fundamentals of Speech Synthesis.* In: *Speech Synthesis.* Eds.: Flanagan, J., Rabiner, L. Benchmark Books. Stroudsburg, 1973. 43-66.

Eefting, W. – Nootboom G.: Accentuation, information value and word duration. In: *Analysis and synthesis of speech.* Eds.: van Heuven V. and Pols L., Mouton de Gruyter, Berlin 1993. 225-240.

Eefting, W.: The effect of information value and accentuation on the duration of Dutch words, syllables and segments. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89. 412-424.

Emerard, F. – Mortamet, L. – Cozannet, A.: Prosodic processing in a text-to-speech synthesis system using a database and learning procedures. In: In: Talking Machines: Theories, Models and Designs. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Sawallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 225-254.

É. Kiss Katalin: Még egyszer a magyar mondat intonációjáról és hangsúlyozásáról. *Nyelvtudományi Közlemények* 89. 1988. 151-160.

Fujisaki, H.: Modeling the Process of Fundamental Frequency Contour Generation. In: *Speech perception, production and linguistic structure.* (Eds.: Tohkura Y., Vatikoits Bateson E., Sagisaka Y.) IOS Press, Tokyo, 1992. 314-326.

Fant, G.: *Acoustic Theory of Speech Production.* Hague, the Netherlands, 1960.

Ferenczi, T. – Németh, G. – Olaszy, G.: A Flexible Client-Server Model for Multilingual CTS/TTS Development, *Proc. of Eurospeech '97*, Rhodes, Greece, 1997. 693-696.

Fónagy Iván – Magdics Klára: *A magyar beszéd dallama.* Akadémiai Kiadó. Budapest. 1967.

Fónagy Iván – Szende Tamás: *Zárhangok, réshangok, affrikáták hangszínképe.* NyK LXXI. 1969. 281-343.

Fónagy Iván: A hangsúlyról. *NyudÉrt.* 18. 1958.

Fónagy Iván: *A költői nyelv hangtanából.* Budapest. 1959.

Fónagy Iván – Magdics Klára: *Beszédsebesség, szólalás ritmusérzék.* MNy 56. 1960. 450-458.

- Fujisaki, H.: Modelling the process of Fundamental Contour Generation. In.: Speech Perception, Production and Linguistic Structure. Eds.: Y. Tohkura, E. Vatikiotis-Bateson, Y. Sagosaka. IOS Press, Japan, 1992. 314-326.
- Gordos, G. – Sándor, L. T.: A limited vocabulary speech synthesiser terminal. Proceedings of the Finnish-Hungarian symposium on information technology. Helsinki, 1985. 3-10.
- Gósy Mária: A b,d,g mássalhangzók percepció vizsgálata. Magyar Fonetikai Füzetek 10. MTA Nyelvtudományi Intézet. 1982. 84-90.
- Gósy Mária: A kategoriális percepció kérdései tipológiai vonatkozásban. Magyar Fonetikai Füzetek 13. MTA Nyelvtudományi Intézet. 1984. 121-136.
- Gósy Mária: A magyar beszédhangok felismerése, a kísérleti eredmények alkalmazása. Kandidátusi Értekezés. 1985.
- Gósy Mária: Beszédeszlelés. MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1989.
- Gósy Mária: A kiegészítendő kérdés dallamváltozása. Magyar Nyelvőr 117. 1993/4. 443-457.
- Gósy M. – Terken J.: Question marking in Hungarian: Timing and height of pitch peaks. Journal of Phonetics 22. 1994. 269-281.
- Gósy Mária: A kérdő, felkiáltó és felszólító mondat dallamának azonossága és különbözősége. In. Papp Ferenc akadémikus 70. születésnapjára. Szerk.: T. Molnár István és Klaudi Kinga. Debreceni Egyetem BTK. Debrecen, 2000. 123-129.
- Gombocz Zoltán: A magyar beszédhangok időtartamáról. Nyelvtudomány II. Budapest, 1909. 93-100.
- Grønnum, N.: The groundworks of Danish intonation. Museum Tusulanum press, Copenhagen, 1992.
- Hegedűs Lajos: Magyar hanglejtésminták grafikus ábrázolása. Kísérletfonetikai tanulmány. Collegium Hungaricum füzetek V. Bécs. 1930.
- Hirst, D. – Di Cristo, A.: Intonation systems. A survey of twenty languages. Cambridge University Press. 1998.
- Homer, D. – Ries, R. – Watkins, S.: A synthetic speaker. J. Franklin Institute 227. 1939. 739-764.
- Horger Antal: Általános fonetika. Különös tekintettel a Magyar nyelvre. Budapest 1929.
- Hunyadi László: Mondathangsúly a magyarban. Beszédkutatás 95, Szerk.: Gósy Mária, MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1995. 32-45.
- Kassai Ilona: Időtartam és kvantitás a magyar nyelvben. NytudÉrt. 102. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1979a.
- Kassai Ilona: Magánhangzó-mássalhangzó találkozások. Magyar Fonetikai Füzetek 4. Szerk.: Bolla Kálmán. MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest 1979b. 80-118.
- Kassai Ilona: A magyar beszéd időtartamviszonyai. Fejezetek a magyar leíró hangtanból (szerk.: Bolla Kálmán). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982. 115-154.

Kassai Ilona: Gyorsult-e a magyar beszéd tempója az elmúlt 110-120 évben? *Beszédkutató*'93, Szerk.: Gósy Mária és Siptár Péter, MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1993. 62-69.

Kato, H. – Tsuzaki, M. – Sagosaka, Y.: Effects of phonetic quality and duration on perceptual acceptability of Temporal changes in speech. *Proc. of the 5th International Conference on Spoken Language Processing*, Sydney, 1998. 892-895.

Kálmán László – Nádasdy Ádám: A hangsúly. In: *Strukturális magyar nyelvtan 2. Fonológia*. Szerk.: Kiefer Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994. 394-467.

Kempelen W.: *Mechanismus der Menschlichen Sprache*. Wien, 1791.

Kiss Gábor: A magyar magánhangzók első két formánsának meghatározása szintetizált hangmintákat felhasználó percepciók kísérlet segítségével. *Nyelvtudományi Közlemények* 87/1. 1985. 160-172.

Kiefer Ferenc: A fonológia ma. In: *Strukturális magyar nyelvtan 2. Fonológia*. Szerk.: Kiefer Ferenc. Akadémiai Kiadó 1994. 25-41.

Klatt, D.: Linguistic uses of segmental duration in English: Acoustic and perceptual evidence. *Journal of the Acoustical Society of America*, 59. 1976. 1208-1221.

Koutny Ilona: Kísérlet magyar nyelvű megnyilatkozások prozódiai jellemzőinek automatikus meghatározására. *Beszédkutató*'98. Szerk.: Gósy Mária. 1998. MTA Nyelvtudományi Intézet. 1998. 223-235.

Koutny, I.: Parsing Hungarian Sentences in order to Determine their Prosodic Structures in a Multilingual TTS system. *Proceedings of the Eurospeech'99 International Conference on Speech Communication and Technology*, Vol 5. Budapest, 1999. 2091-2094.

Koutny, I. – Olaszy, G. – Olaszi, P.: Prosody prediction from text in Hungarian and its realisation in TTS conversion. *International Journal of Speech Technology*. Vol 3-4. Kluwer Academic Publishers. 2000. 187-200.

Laziczius Gyula: *Fonétika*. Tankönyvkiadó. Budapest, 1944, (1963).

Ladd, D. R. – Campbell, W. N.: Theories of Prosodic Structure: Evidence from syllable duration. *Proceedings of the XIIth International Congress of Phonetic Sciences*, Aix en Provence, France. 1991. 290-293.

Ladd, D. R.: *The structure of intonational meaning*. Bloomington. 1980.

Lehtonen, J.: Aspects of quantity in standard Finnish. *Studia Phonologica Jyväskyläensia VI*. Jyväskylä, 1970.

Lehiste, I.: *Suprasegmentals*. The MIT Press, 1979.

Magdics Klára: A magyar beszédhangok időtartama. *NyK*. 68. 1966. 125-139.

Magdics Klára: A magyar beszédhangok időtartama nyugodt és gyors beszédben. *NyudÉrt*. 67. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1969. 45-63.

Magdics Klára: A magyar beszédhangok akusztikai szerkezete. *NyudÉrt*. 49. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1965.

Mertens, P. – Ch.d'Alessandro: Pitch contour stylization using a tonal perception model. COST 233, Prosodics in synthetic speech, Ed. F.J.Lundin, Telia, Sweden, 1995. 82-85.

Mertens, P. – Beaugendre, F. – d'Alessandro, C.: Comparing approaches to pitch contour stylization for speech synthesis. In: Progress in Speech Synthesis. Eds.:J. van Santen, R. Sproat, J. Olive, J. Hirschberg. Springer Verlag 1996. 347-363.

Möbius, B.: Components of a quantitative model of German Intonation. Prod of the 13th International Congress of Phonetic Sciences Vol. 2. Stockholm, 1995. 108-115.

Möbius, B. – van Santen, J.: Modelling segmental duration in German text-to-speech synthesis. Proc. of the 4th International Conference on Spoken Language Processing. Vol. 4. 1996. Philadelphia. 2395-2399.

Möbius, B.: Synthesising German intonation. In: Progress in Speech Synthesis. Eds.:J. van Santen, R. Sproat, J. Olive, J. Hirschberg. Springer Verlag 1996. 401-416.

Möbius, B.: Synthesizing German Intonation Contours. In: Progress in Speech Synthesis. Eds. Jan P.H. van Santen, R. Sproat, J. Olive, J. Hirschberg. Springer Verlag, 1997. 401-415.

Németh, G. – Fekete, L. – Olasz, G. – Olasz, P. – Zainkó, Cs. – Endrédi, G. – Kiss, G.: The design, implementation and operation of a Hungarian e-mail reader. International Journal of Speech Technology. Vol 3-4. Kluwer Academic Publishers. 2000. 216-228.

Ohde, R.: Fundamental frequency as an acoustic correlate of stop consonant voicing. Journal of the Acoustical Society of America 75. 1984. 224-230.

Olasz, P.: The written and spoken form of Hungarian Numbers. International Journal of Speech Technology. Vol 3-4. Kluwer Academic Publishers. 2000. 216-228.

Olasz, G.: A phonetically based data and rule system for the real time text-to-speech synthesis of Hungarian. Proceedings of the Xth International Congress of Phonetic Sciences. Utrecht, The Netherlands, 1980. 243-247.

Olasz, G.: Some rules for the formant synthesis of Hungarian. 8. Budapesti Akusztikai Kollokvium. Előadások. Akusztikai és Filmtechnikai Egyesület, Budapest, 1982. 204-210.

Olasz Gábor: A magyar beszéd leggyakoribb hangsorépítő elemeinek szerkezete és szintézise. NytudÉrt. 121. Budapest 1985.

Olasz Gábor: A beszédhangok belső időszerkezete. Műhelymunkák a nyelvészet és társtudományai köréből. Szerk.: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet. Budapest 1988, 65-86.

Olasz Gábor: Elektronikus beszédelőállítás. A magyar beszéd akusztikai szerkezete és formánsszintézise. Műszaki Kiadó. Budapest. 1989.

Olasz, G.: The inherent time structure of speech sounds. In: Temporal Factors in Speech. (Ed.: Gósy M.) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1991. 107-138.

Olasz, G.: A crosslinguistic description of intonation contours of a multilingual text-to-speech system. Proceedings of the XIIth Int. Congress of Phonetic Sciences. Aix-en-Provence. France. 1991. Vol. 4. 210-213.

Olasz Gábor: Hangidőtartamok számítógépes elemzése a beszéd ritmikai szerkezetének vizsgálatához. In: Beszédkutatás 93. Szerk.: Gósy Mária és Siptár Péter, Budapest, 1993. 116-127.

Olaszy Gábor: Hangidőtartam-módosító kísérletek a gépi beszéd ritmusának javítására. *Beszédkutató* 94, Szerk: Gósy M., MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1994. 140-151.

Olaszy Gábor: A kérés, a figyelmeztetés, a felszólítás és a kérdés prozódiaja a kijelentő mondat tükrében. *Beszédkutató* 95, Szerk: Gósy M., MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1995. 46-61.

Olaszy Gábor: Szabályrendszer prozódiai elemek gépi megvalósításához. *Beszédkutató*'96. Szerkesztő: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1996. 97-109.

Olaszy Gábor: Számok kiejtésének fonetikai vizsgálata. *Beszédkutató*'96. Szerkesztő: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1996. 72-78.

Olaszy Gábor: Beszédatbázisok készítése gépi beszédelőállításához. *Beszédkutató*'99, Szerk.: Gósy Mária, MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1999. 68-89.

Olaszy, G. – Németh, G. – Gordos, G.: The MULTIVOX multilingual text-to-speech converter. In: Bailly, G., Benoit, C., Swallis, T.(eds.): *Talking machines: Theories, Models and Applications*. Elsevier-North-Holland Publishers. Amsterdam, 1992. 385-411.

Olaszy, G. – Németh, G. – Olaszi, P. – Kiss, G. – Zainkó, Cs. – Gordos, G.: Profivox – a Hungarian TTS System for Telecommunications Applications. *International Journal of Speech Technology*. Vol 3-4. Kluwer Academic Publishers. 2000. 201-215.

Olaszy, G. – Németh, G. – Kiss, G.: Hungarian audiovisual prosody composer and TTS development tool. *Proceedings of the Prosody'2000 International Workshop*, Krakow, Poland, 2001 (in print)

Olaszy, G. – Németh, G.: Prosody generation for German CTS/TTS systems (from theoretical intonation patterns to practical realisation) *Speech Communication* 21. 1997. 37-60.

Olaszy Gábor – Olaszi Péter: Hangidőtartamok mesterséges változtatása periódusok kivágásával és megismétlésével. *Beszédkutató* 98, Szerk.: Gósy Mária, MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1998. 151-163.

Olaszy Gábor – Podoletz György: A Scriptovox-MEA 8000 beszédelőállító rendszer felépítése és adatbázisa. *Kép és Hangtechnika* 3. Budapest, 1986.

Olaszy Gábor – Podoletz György: Írott szöveg átalakítása beszéddé a Scriptovox-MEA 8000 rendszerben. *Kép és Hangtechnika* 4. Budapest, 1986.

O'Shaughnessy, D. (1981). A study of French vowel and consonant durations. *Journal of Phonetics* 9. 385-406.

Pasdeloup, V.: A prosodic model for French text-to-speech synthesis. In: *Talking Machines: Theories, Models and Designs*. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Swallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 335-347.

Quené, H. – Kager, R.: Prosodic sentence analysis without parsing. In: *Analysis and synthesis of speech*. Eds.: van Heuven V. and Pols L., Mouton de Gruyter, Berlin 1993. 115-130.

Riley, M. D.: Statistical tree based modeling of phonetic segment durations. In: *Talking machines: Theories, Models and Applications*. Eds.: Bailly, G. – Benoit, C.–Swallis, T. Elsevier-North-Holland Publishers. Amsterdam, 1992. 265-274.

- Reinholt Petersen, N.: Perceptual compensation for segmentally conditioned fundamental frequency perturbation. *Phonetica* 43. 31-42.
- van Santen, J. P. H. – Olive, J.: The analysis of contextual effects on segmental duration. *Computer Speech and Language* 4. 1990. 359-390.
- van Santen, J. P. H.: Contextual effects on vowel duration. *Speech Communication* 11. 1992. 513-546.
- van Santen, J. P. H.: Timing. In: *Multilingual text-to-speech synthesis: The Bell Labs Approach*. Ed.: R. Sproat. Kluwer Academic Publishers, 1998. 115-139.
- van Santen, J. – Shih, C. – Möbius, B.: Intonation. In: *Multilingual text-to-speech synthesis: The Bell Labs Approach*. Ed.: R. Sproat. Kluwer Academic Publishers, 1998. 142-189.
- Shiga, Y. – Matsuura, H. – Nitta, T. : Segmental duration control based on an articulatory model. *Proc. of the 5th International Conference on Spoken Language Processing*, Sydney, 1998. 1244-1247.
- Sydral, A. – Hirschberg, J. – McGory, J. – Beckman, M.: Automatic ToBI prediction and alingment to speed manual labeling of prosody. *Speech Communication* 33. 2001. 135-151.
- Silvermann, K. – Beckman, M. – Pitrelli, J. – Ostendorf, M. – Wightman, C. – Price, P. – Pierrehumbert, J. – Hirschberg, J.: ToBI: a standard for labelling English prosody. In *Proc. of ICSLP 92 Vol. 2*. 1992. 867-870.
- Szende Tamás: A beszéd hangszerelése. *Linguistica Series A Studia et Dissertationes*, 13. MTA Nyelvtudományi Intézet. 1995.
- Sovijarvi, A. – Aulanko, R.: Észrevételek a magyar szintetizált kérdő mondatok intonációjáról. *Magyar Fonetikai Füzetek* 23. 1991. 149-158.
- Swerts, M. – Gelujkens, R.: The Prosody of Information Units in Spontaneous Monologue. *Phonetica* 50. 1993, 189-196.
- Tarnóczy Tamás: A magyar magánhangzók akusztikai szerkezete. Kir. Magy. Pázmány Péter Tudományegyetem Általános Nyelvészeti és Fonetikai Intézete. Budapest. 1941.
- Tarnóczy Tamás: Die Akustische struktul der stimmlosen engelaute. *ALinguH IV*. 1954. 313-319.
- Tarnóczy Tamás: Resonance data concerning nasals, laterals and trills. *Word IV*. 1948. 71-77.
- Tarnóczy Tamás: A magánhangzók vizsgálatának akusztikai problémái. *ÁltNyT X*, 1974. 181-196.
- Terken, J. – Collier, R.: Designing algorithms for intonation in synthetic speech. *Proc. of the ESCA Workshop on Speech Synthesis*, Autrans (France) 1990. 205-208.
- Terken, J.: Synthesizing natural-sounding intonation for Dutch: rules and perceptual evaluation. *Computer Speech and Language* 7. 1993. 27-48.
- Terken, J.: Human and synthetic intonation: A case study. In: *Analysis and synthesis of speech*. Eds.: van Heuven J.V. and Pols L. Mouton de Gruyter, Berlin, New York, 1993. 241-258.
- Terken, J.: The perceptual relevance of microintonation. In: *Studies in Applied Linguistics, Vol 2*. Lajos Kossuth University, Debrecen, 1995. 103-124.

- Traber, C.: F0 generation with a database of natural F0 patterns and with a neural network. In: Talking Machines: Theories, Models and Designs. (Eds: G. Bailly, C. Benoit, T.R.Sawallis) Elsevier Science Publishers, 1992. 287-304.
- Trager, G. L. – Smith, H. L.: An outline of English structure. Studies in Linguistics: Occasional papers 3. Norman, Okla., Brattenburg, 1951.
- Umeda, N.: Vowel duration in American English. Journal of the Acoustical Society of America, 58. 1975. 440-445.
- Umeda, N.: Consonant duration in American English. Journal of the Acoustical Society of America, 61. 1977. 846-858.
- Umeda, N.: Influence of segmental factors on fundamental frequency in fluent speech. Journal of the Acoustical Society of America, 70. 1981. 350-355.
- Varga László: A magyar intonáció – funkcionális szempontból. NyK 83. 1981 313-339.
- Varga László: Vélemények a magyar mondat hangsúlyozásáról – avagy Brassai és a többiek. NyK 88. 1986. 181-188.
- Varga László: A magyar nyelv dallamprozedémái. Egyetemi Fonetikai Füzetek 2. Szerk.: Bolla Kálmán. Budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem. 1989. 149-217.
- Varga László: Stilizált beszéddallamok a magyarban. Élőnyelvi tanulmányok (szerk.:Balogh Lajos és Kontra Miklós) MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1990. 169-177.
- Varga László: A magyar beszéddalok fonológiai, szemantikai és szintaktikai vonatkozásai. NytudÉrt. 135. 1993.
- Varga László: A hanglejtés. Strukturális magyar nyelvtan 2. Fonológia. Szerk.: Kiefer Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994. 468-546.
- Vértes O. András: A magyar beszédhangok akusztikai elemzésének kérdései. In.: Fejezetek a magyar leíró hangtanból. Szerk.: Bolla Kálmán. Akadémiai Kiadó. 1982. 71-114.
- Vértes O. András: Az artikuláció akusztikus vetülete. In.: Fejezetek a magyar leíró hangtanból. Szerk.: Bolla Kálmán. Akadémiai Kiadó. 1982. 155-163.
- Werner, S. – Keller, E.: Prosodic aspects of speech. In.: Fundamentals of speech synthesis and speech recognition. Editor: Eric Keller. John Wiley and Sons, New York, 1994. 23-40.
- Zellner, B.: Pauses and the temporal structure of speech. In Fundamentals of Speech Synthesis and Speech Recognition, Ed.: E. Keller. John Wiley and Sons, New York, 1994. 42-62.

A mellékelt hangminták tartalomjegyzéke

A mellékelt hangminták az értekezésben szereplő beszédkutatói eredmények hangzó formában történő bemutatására szolgálnak. Néhány minta a korábbi kutatások eredményeit mutatja (történelmi jellegű cézzal, hogy érzékeltetni lehessen a kiindulási alapokat), a többség azonban a jelen kutatásokhoz kapcsolható. A mintákat „wav” típusú fájl formájában tároltuk, azok meghallgathatók bármely Windows alapú operációs rendszer hanglejátszójával. Minden mintához megadjuk a fájl nevét, a minta szöveges leírását, magyarázatát, valamint azt az oldalszámot, amelyikhez az értekezésben kapcsolható.

Fájlnév	A minta leírása, magyarázata	Oldal
01.wav	A Hungarovox, első magyar szövegfelolvasó hangja 1983-ból. Formánsszintetizátor: VOX-12. Fejlesztette: MTA Nyelvtudományi Intézet, Fonetikai Osztály.	5
02.wav	A Braille-Lab, vakokat segítő szövegfelolvasó gépcsalád hangja, 1995. Formánsszintetizátor:PCF-8200 chip. A rendszert fejlesztette: KFKI (Arató András)	5
03.wav	Multivox (8 nyelvű szövegfelolvasó), 1986-96. Formánsszintetizátor: PCF 8200. A rendszert fejlesztette: MTA Nyelvtudományi Intézet, és BME	5
04.wav	Profivox, emberi hangú, korszerű szövegfelolvasó, 1995-2000. Szoftver szintetizátor, amelyik a jelen értekezés eredményeinek felhasználásával készült	5
05.wav	Szegmentális szintű szintetikus beszéd. Ebben a beszédben nincs prozódia, csak az artikuláció hatására kialakult hangidőtartamokat tartalmazza. Ez a beszéd az értekezésben meghatározott specifikus időtartamokkal szól.	26
06.wav	Gombocz és Tarnóczy kísérletének megismétlése szintetizált mintán. A <i>tát, tátog, tátogat, tátogatók, tátogatóknak</i> szintetizált hangsorok.	93
07.wav	<i>A tervezett tárgyalás után, levelet írok a külföldi partnernek.</i> A mintamondat természetes és szintetizált változata (lásd 7.3. ábra)	102
08.wav	<i>Nem dolgozol ma?</i> Természetes és szintetizált változat (lásd 7.18. ábra).	121
09.wav	<i>A Hozzátok be a könyvet a folyosóról</i> vivőmondatra ráültetett kijelentő, kérő és felszólító dallamforma (lásd 7.25. ábra)	134
10.wav	<i>Sült csirkét rendelt és még bort is hozatott.</i> Fónagy–Magdics jelöléseiből, a mi jeleinkkel megvalósított szintetizált változat. (lásd 7.27. ábra).	139
11.wav	<i>Tizennyolc éves lehetett, mikor az apja meghalt.</i> Fónagy–Magdics jelöléseiből, a mi jeleinkkel megvalósított szintetizált változat. (lásd 7.28. ábra).	140
12.wav	<i>Nem csak ettem, ittam is.</i> Fónagy–Magdics jelöléseiből, a mi jeleinkkel megvalósított szintetizált változat. (lásd 7.29. ábra).	141
13.wav	<i>Egyszer Karácsony estéjén, szorgoskodva ült irodájában.</i> Varga intonációs jelöléseiből, a mi jeleinkkel megvalósított szintetizált változat (lásd 7.30. ábra).	142
14.wav	<i>Mari szerint ez még ráér.</i> Varga intonációs jelöléseiből, a mi jeleinkkel	142

	megvalósított 4 fajta szintetizált változat (lásd 7.31. ábra).	
15.wav	Pályaudvari tájékoztatás dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.32. ábra).	143
16.wav	Összetett kijelentő mondat dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.33. ábra).	144
17.wav	Elődallammal rendelkező kiegészítendő kérdés dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.37. ábra).	150
18.wav	Összetett kiegészítendő kérdés dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.38. ábra).	150
19.wav	<i>És mikor beszéltek az igazgatóval?</i> (Szintetizált változat, lásd 7.40. ábra).	151
20.wav	<i>Elvitték a barnaszemű, hosszúhajú lányt is?</i> (Szintetizált változat, lásd 7.44. ábra).	155
21.wav	<i>Az első vagy a második lehetőséget választod?</i> választó kérdés dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.47. ábra).	157
22.wav	<i>Én vagy ő?</i> választó kérdés dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.48. ábra).	158
23.wav	Befejezetlen kérdés. (Szintetizált változat, lásd 7.50. ábra).	159
24.wav	<i>Elmész külföldre, ugye?</i> ellenőrző kérdés dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.51. ábra).	160
25.wav	Felszólító mondat dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.52. ábra).	161
26.wav	<i>Bárcsak eljönne a barátom!</i> Óhajtó mondat dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.54. ábra).	163
27.wav	<i>Bár eljönne!</i> Óhajtó mondat dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.55. ábra).	163
28.wav	Kérlelést kifejező mondat dallamformája. (Szintetizált változat, lásd 7.56. ábra).	164
29.wav	Rossz minőségű kötött szótáras banki információs rendszer hangja (a kimondott szám: 37724. (lásd 8.11. ábra)	193
30.wav	A fonetikai elvek alapján működő számfelolvasó hangja. A kimondott szám: 37724 (lásd 8.12. ábra)	193
31.wav	Példa rossz minőségű kötött szótáras rendszer komplex üzenetének kimondására	195
32.wav	Példa a fonetikai elvek alapján működő számfelolvasó beillesztésére egy komplex üzenetbe. A női hang természetes ejtésű, a férfi hang szintetizált	195
33.wav	Minta német számok felolvasására az új rendszerű számfelolvasóval	197

Függelék

A függelék egyrészt a vizsgált magánhangzók és mássalhangzók specifikus időtartamait tartalmazó táblázatokat tartalmazza (a CVC, VCV, CCV és VCC hangkapcsolatok középső hangjaira). Másrészt megadtuk minden hangra az adott táblázatból számított specifikus időtartam-sávokat és a bennük szereplő hármas hangkapcsolatokat. Ezek tehát a hangidőtartamok eloszlási képét adják meg. A szám adatok ms-ban értendők.

A specifikus időtartamokat mátrix formában szemléltetjük. A mátrix első oszlopában szerepelnek a mért hangot megelőző, az első sorában pedig az őt követő hangot jelképező karakterek. A kérdéses hang, amelyre az adatok vonatkoznak, a mátrix bal felső sarkában van feltüntetve. A mátrixokban a hangokat speciálisan a számítógépes feldolgozáshoz kialakított karakterekkel jelöljük. Ezek a 6.1. és 6.2. táblázatok harmadik sorában láthatók.

6.1. táblázat: A vizsgált kilenc magánhangzó és jelölése az értekezésben

IPA jel	a:	ɔ	o	u	y	i	e:	ø	ɛ
Írott forma	á	a	o	u	ü	i	é	ö	e
A hang jele a számítógépben	A	a	o	u	U	i	E	O	e

6.2. táblázat: A vizsgált 23 mássalhangzó és jelölésük az értekezésben

IPA jel	b	p	d	t	g	k	ʒ	c	m	n	ɲ	j	h	v	f	z	s	ts	ʒ	ʃ	tʃ	l	r
Írott forma	b	p	d	t	g	k	gy	ty	m	n	ny	j	h	v	f	z	sz	c	zs	s	cs	l	r
A hang jele a számítógépben	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r

Az eloszlási táblázatokban a hármas hangkapcsolatok hangjait ugyanezekkel a speciális karakterekkel tüntettük fel.

o	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	88	93	84	95	93	90	93	103	92	84	94	95	95	85	94	93	90	94	94	85	83	84	94
p	88	93	83	95	92	90	92	103	91	83	93	95	95	84	93	93	90	94	94	84	83	83	93
d	86	91	82	93	91	88	91	101	90	81	92	93	93	83	91	91	88	92	92	83	81	82	92
t	84	90	80	92	89	86	89	100	88	80	90	92	92	81	90	90	87	91	91	81	80	80	90
g	87	92	83	94	92	89	92	102	91	82	93	94	94	84	92	92	89	93	93	84	82	83	93
k	79	84	75	86	84	81	84	94	83	74	85	86	86	76	84	84	81	85	85	76	74	75	85
G	90	95	85	97	94	92	94	105	93	85	95	97	97	86	95	95	92	96	96	86	85	85	95
T	99	104	95	106	104	101	104	115	103	95	105	106	106	96	105	105	101	106	106	96	95	95	105
m	79	85	75	87	84	81	84	95	83	75	85	86	86	76	85	85	81	86	86	76	75	75	85
n	90	96	86	98	95	92	95	106	94	86	96	98	98	87	96	96	93	97	97	87	86	86	96
N	94	99	90	101	99	96	99	109	98	90	100	101	101	91	100	99	96	100	100	91	89	90	100
j	80	86	76	88	85	82	85	96	84	76	86	87	87	77	86	86	82	87	87	77	76	76	86
h	90	96	86	98	95	92	95	106	94	86	96	98	98	87	96	96	93	97	97	87	86	86	96
v	88	94	84	96	93	90	93	104	92	84	94	96	96	85	94	94	91	95	95	85	84	84	94
f	80	86	76	88	85	82	85	96	84	76	86	88	88	77	86	86	83	87	87	77	76	76	86
z	91	96	87	98	96	93	96	106	95	86	97	98	98	88	96	96	93	97	97	88	86	87	97
s	87	92	83	94	92	89	92	103	91	83	93	94	94	84	93	93	89	94	94	84	83	83	93
c	93	98	88	100	97	95	97	108	96	88	98	100	100	89	98	98	95	99	99	89	88	88	98
Z	87	92	82	94	91	89	91	102	90	82	92	94	94	83	92	92	89	93	93	83	82	82	92
S	77	83	73	85	82	79	82	93	81	73	83	85	85	74	83	83	80	84	84	74	73	73	83
C	88	94	84	96	93	90	93	104	92	84	94	95	95	85	94	94	90	95	95	85	84	84	94
l	80	85	76	87	85	82	85	95	84	75	86	87	87	77	85	85	82	86	86	77	75	76	86

70-79	tom toC kob kod kom kon kov koS koC kol Gob God Gom Gon Gov GoS GoC Gol mob mod mo mon mov moS moC mol jod jom jon jov joS joC jol fod fom fon fov foS foC fol Sob m Sod Sok Som Son Sov SoS SoC Sol lob lod lom lon lov loS loC lol
80-89	bob bod bok bom bon bov boS boC bol pob pod pok pom pon pov poS poC pol dob dod dok dom don dov doS doC dol tob top tod tok toG ton tov tof toz toS tol gob god gok gom gon gov goS goC gol kop kot kok koG koN koj koh kof koz kos koc koZ kor Gop Got Gok GoG GoN Goj Goh Gof Goz Gos Goc GoZ Gor mop mot mok moG moN moj moh mof moz moc moZ mor nod nom non nov noS noC nol Nod Nom Non NoC Nol job jop jot jok joG joN joj joh jof joz joc joZ jor hod hom hon hov hoS hoC hol vob vod vom von vov voS voC vol fob fop fot fok foG foN foj foh fof foz foc foZ for zod zom zon zov zoS zoC zol sob sod sok som son sov soS soC sol cod com con cov coS coC col Zob Zod Zok Zom Zon Zov ZoS ZoC Zol Sop Sat SoG SoN Soj Soh Sof Soz Sos Soc SoZ Sor Cob Cod Com Con Cov CoS CoC Col lop lot lok loG loN loj loh lof loz loc loZ lor rob rod rom ron rov roS roC rol
90-99	bop bot boG boN boj boh bof boz bos boc boZ bor pop pot poG poN poj poh pof poz pos poc poZ por dop dot dog doG doN doj doh dof doz dos doc doZ dor tot tog toT toN toj toh tos toc toZ tor gop got goG goN goj goh gof goz gos goc goZ gor kog koT Gog GoT Tob Tod Tom Ton Tov ToS ToC Tol mog moT mos nob nop not nok noG noN noj noh nof noz noc noZ nor Nob Nop Nok NoG NoN Nov Nof Noz NoS Nor jog joT jos hob hop hot hok hoG hoN hoj hoh hof hoz hoc hoZ hor vop vot vok voG voN voj voh vof voz vos voc voZ vor fog foT fos zob zop zot zok zoG zoN zoj zoh zof zoz zoc zoZ zor sop sot soG soN soj soh sof soz sos soc soZ sor cob cop cot cok coG coN coj coh cof coz coc coZ cor Zop Zot ZoG ZoN Zoj Zoh Zof Zoz Zos Zoc ZoZ Zor Sog SoT Cop Cot Cok CoG CoN Coj Coh Cof Coz Cos Coc CoZ Cor log loT los rop rot rok roG roN roj roh rof roz roc roZ ror
100-109	bag boT pog poT doT gog goT Top Tot Tok ToG ToN Toj Toh Tof Toz Toc ToZ Tor nog noT nos Not Nog NoT Noj Noh Nos Noc NoZ hog hoT hos vog voT zog zoT zos sog soT cog coT cos Zog ZoT Cog CoT rog roT ros
110-119	Tog ToT Tos

u	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	82	94	83	89	94	80	106	107	100	82	100	102	86	93	91	101	81	90	86	86	86	84	85
p	82	94	83	89	94	80	106	107	100	82	100	102	86	93	91	101	81	90	86	86	86	84	85
d	72	84	73	79	84	71	96	98	90	72	90	93	76	83	81	92	71	81	76	76	76	75	75
t	69	81	71	76	81	68	94	95	87	69	88	90	73	81	78	89	69	78	74	74	74	72	72
g	82	94	83	89	94	80	106	107	100	82	100	102	86	93	91	101	81	90	86	86	86	84	85
k	76	88	77	83	88	74	100	101	94	76	94	96	80	87	85	96	75	84	80	80	80	78	79
G	72	84	73	79	84	70	96	98	90	72	90	93	76	83	81	92	71	80	76	76	76	74	75
T	83	95	85	90	95	82	108	109	101	83	102	104	87	95	92	103	83	92	88	88	88	86	86
m	71	83	72	78	83	69	95	97	89	71	89	92	75	82	80	91	70	79	75	75	75	73	74
n	87	99	88	94	99	85	111	113	105	87	105	108	91	98	96	107	86	95	91	91	91	89	90
N	78	90	79	85	90	77	102	104	96	78	97	99	82	90	87	98	77	87	82	83	82	81	81
j	85	97	86	92	97	83	109	111	103	85	103	106	89	96	94	105	84	93	89	89	89	88	88
h	80	92	82	87	92	79	105	106	98	80	99	101	84	92	89	100	80	89	84	85	84	83	83
v	81	93	82	88	93	79	105	107	99	81	99	102	85	92	90	101	80	89	85	85	85	83	84
f	76	88	77	83	88	74	100	102	94	76	94	97	80	87	85	96	75	84	80	80	80	78	79
z	81	93	82	88	93	79	105	107	99	81	99	102	85	92	90	101	80	89	85	85	85	83	84
s	78	90	79	85	89	76	102	103	96	77	96	98	82	89	86	97	77	86	82	82	82	80	81
c	78	89	79	84	89	76	102	103	95	77	96	98	81	89	86	97	77	86	82	82	82	80	81
Z	72	84	73	79	84	70	96	98	90	72	90	93	76	83	81	92	71	80	76	76	76	75	75
S	82	94	83	89	93	80	106	107	100	81	100	102	86	93	90	101	81	90	86	86	86	84	85
C	82	94	83	89	94	80	106	107	100	82	100	102	86	93	91	102	81	90	86	86	86	84	85
l	71	83	72	78	83	70	95	97	89	71	89	92	75	82	80	91	70	80	75	75	75	74	74

60-69 tub tuk tun tus muk luk

70-79 dub dud dut duk dun duh dus duZ duS duC dul dur tud tut tuh tuf tuc tuZ tuS tuC
tul tur kub kud kuk kun kuh kus kuZ kuC kul kur Gub Gud Gut Guk Gun Guh Gus GuZ GuS
GuC Gul Gur mub mud mut mun muh muf mus muc muZ muS muC mul mur Nub Nud Nuk Nun Nus
huk hus vuk fub fud fuk fun fuh fus ful fur zuk sub sud suk sun sus cub cud cuk cun
cus Zub Zud Zut Zuk Zun Zuh Zus ZuZ ZuS ZuC Zul Zur lub lud lut lun luh lus luc luZ
luS luC lul lur rub rud rut ruk run ruh rus ruZ ruS ruC rul rur

80-89 bub bud but buk bun buh bus buZ buS buC bul bur pub pud put puk pun puh pus puZ
puS puC pul pur dup dug dum duv duf duc tup tug tum tuN tuv tuz gub gud gut guk gun
guh gus guZ guS guC gul gur kup kut kug kuv kuf kuc kuS Gup Gug Gum Guv Guf Guc Tub
Tud Tuk Tun Tuh Tus TuZ TuS TuC Tul Tur mup mug mu muN muv nub nud nuk nun nus nul
m
nur Nut Nuh Nuv Nuf Nuc NuZ NuS NuC Nul Nur jub jud juk jun juh jus juZ juS juC jul
jur hub hud hut hun huh huf huc huZ huS huC hul hur vub vud vut vun vuh vuf vus vuc
vuZ vuS vuC vul vur fup fut fug fuv fuf fuc fuZ fuS fuC zub zud zut zun zuh zuf zus
zuc zuZ zuS zuC zul zur sup sut sug suh suv suf suc suZ suS suC sul sur cup cut cug
cuh cuv cuf cuc cuZ cuS cuC cul cur Zup Zug Zum Zuv Zuf Zuc Sub Sud Sut Suk Sun Suh
Sus SuZ SuS SuC Sul Sur Cub Cud Cut Cuk Cun Cuh Cus CuZ CuS CuC Cul Cur lup lug lum
luN luv luf rup rug ruv ruf ruc

90-99 bup bug bum buN buV buF buC pup pug pum puN puV puF puC duG duT duN duJ duZ tuG
tuT tuJ guP guG gum guN guV guF guC kuG kum kuN kuj kuz GuG GuT GuN GuJ GuZ Tup Tut
Tug Tuv Tuf Tuc muG muT muj muz nup nut nug nuh nuv nuf nuc nuZ nuS nuC Nup Nug Num
NuN NuJ NuZ juP juT juG juV juF juC hup hug hum huN huv vup vug vum vuN vuv fum fuN
fuJ fuZ zup zug zum zuN zuV sum suN suj suz cum cuN cuJ cuz ZuG ZuT ZuN ZuJ ZuZ Sup
Sug Sum SuN Suv Suf Suc Cup Cug Cum Cuv Cuf Cuc luG luT luJ luz ruG ruT rum ruN ruj
ruz

100-109 buG buT buJ buZ puG puT puJ puZ guG guT guJ guZ kuT TuG TuT Tum TuN TuJ Tuz num
nuN nuJ nuZ NuG NuT juG jum juN juJ juz huG huT huJ huz vuG vuT vuj vuz fuG fuT zuG
zuT zuJ zuZ suG suT cuG cuT SuG SuT Suj Suz CuG CuT CuN Cuj Cuz

110-119 nuG nuT juT

U	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	98	100	89	95	93	90	83	101	82	91	99	93	75	83	81	83	96	83	94	95	95	85	73
p	96	99	88	94	92	89	82	100	80	90	98	92	74	81	80	82	95	82	93	94	94	84	72
d	97	100	88	95	93	90	82	100	81	91	98	92	75	82	81	83	96	83	93	94	95	84	72
t	99	102	91	97	95	92	85	103	83	93	101	95	77	84	83	85	98	85	96	97	97	87	75
g	97	100	89	95	93	90	82	101	81	91	99	93	75	82	81	83	96	83	94	95	95	85	73
k	94	96	85	91	89	86	79	97	78	87	95	89	71	79	77	79	92	79	90	91	91	81	69
G	100	102	91	98	95	93	85	103	84	93	101	95	77	85	83	85	98	85	96	97	98	87	75
T	102	105	94	100	98	95	87	106	86	96	103	97	80	87	86	88	101	88	98	100	100	89	77
m	96	99	88	94	92	89	82	100	80	90	98	92	74	81	80	82	95	82	93	94	94	84	72
n	96	99	87	94	92	89	81	100	80	90	97	91	74	81	80	82	95	82	92	93	94	83	71
N	87	90	79	85	83	80	72	91	71	81	89	83	65	72	71	73	86	73	84	85	85	75	63
j	89	92	81	87	85	82	74	93	73	83	91	85	67	74	73	75	88	75	85	87	87	77	64
h	96	99	87	94	91	89	81	99	80	89	97	91	73	81	79	81	94	81	92	93	94	83	71
v	95	98	87	93	91	88	81	99	79	89	97	91	73	80	79	81	94	81	92	93	93	83	71
f	97	100	89	95	93	90	82	101	81	91	99	92	75	82	81	83	96	83	93	95	95	84	72
z	86	89	77	84	81	79	71	89	70	79	87	81	63	71	69	71	84	71	82	83	84	73	61
s	94	97	86	92	90	87	80	98	78	88	96	90	72	79	78	80	93	80	91	92	92	82	70
c	93	96	84	91	88	86	78	96	77	87	94	88	71	78	76	79	91	79	89	90	91	80	68
Z	99	102	91	97	95	92	85	103	83	93	101	95	77	84	83	85	98	85	96	97	97	87	75
S	88	90	79	85	83	81	73	91	72	81	89	83	65	73	71	73	86	73	84	85	86	75	63
C	87	90	78	85	83	80	72	91	71	81	88	82	65	72	71	73	86	73	83	84	85	74	62
l	88	91	79	86	83	81	73	91	72	82	89	83	66	73	71	74	86	74	84	85	86	75	63
r	95	97	86	92	90	87	80	98	79	88	96	90	72	80	78	80	93	80	91	92	92	82	70

60-69	kUr	NUh	NUr	lUh	lUr	zUm	zUh	zUf	zUr	sUr	cUr	SUh	SUr	CUh	CUr	lUh	lUr	rUr						
70-79	bUh	bUr	pUh	pUr	dUh	dUr	tUh	tUr	gUh	gUr	kUG	kUm	kUh	kUv	kUf	kUZ	kUc	GUh	GUr	TUh				
	TUr	mUh	mUr	nUm	nUh	nUf	nUr	NUd	NUG	NUm	NUv	NUf	NUz	NUc	NUI	lUG	lUm	lUv	lUf	lUz	lUc			
	lUl	hUm	hUh	hUf	hUr	vUm	vUh	vUf	vUr	fUh	fUr	zUd	zUk	zUG	zUn	zUv	zUZ	zUc	zUl	sUG	sUm			
	sUh	sUv	sUf	cUG	cUm	cUh	cUv	cUf	cUZ	cUc	ZUh	ZUr	SUd	SUG	SUm	SUv	SUf	SUZ	SUc	SUl	CUd			
	CUk	CUG	CUm	CUv	CUf	CUz	CUc	CUI	lUd	lUG	lUm	lUv	lUf	lUZ	lUc	lUl	rUG	rUm	rUh	rUv	rUf			
80-89	bUd	bUG	bUm	bUv	bUf	bUZ	bUc	bUl	pUd	pUk	pUG	pUm	pUv	pUf	pUZ	pUc	pUl	dUd	dUk	dUG				
	dUm	dUv	dUf	dUZ	dUc	dUl	tUG	tUm	tUv	tUf	tUZ	tUc	tUl	gUd	gUG	gUm	gUv	gUf	gUZ	gUc	gUl			
	kUd	kUg	kUk	kUn	kUj	kUZ	kUl	GUg	GUm	GUv	GUf	GUz	GUc	GUl	TUG	TUm	TUv	TUf	TUZ	TUc	TUl			
	mUd	mUk	mUG	mUm	mUv	mUf	mUZ	mUc	mUl	nUd	nUk	nUG	nUn	nUv	nUZ	nUc	nUl	NUb	NUt	NUg	NUk			
	NUn	NUN	NUj	NUs	NUz	NUS	NUc	lUb	lUd	lUt	lUg	lUk	lUn	lUj	lUs	lUZ	lUs	lUC	hUd	hUk	hUG			
	hUn	hUv	hUZ	hUc	hUl	vUd	vUk	vUG	vUn	vUv	vUZ	vUc	vUl	fUd	fUk	fUG	fUm	fUv	fUf	fUZ	fUc			
	fUl	zUb	zUp	zUt	zUg	zUT	zUN	zUj	zUs	zUZ	zUS	zUC	sUd	sUk	sUn	sUj	sUZ	sUc	sUl	cUd	cUg			
	cUk	cUn	cUj	cUZ	cUl	ZUG	ZUm	ZUv	ZUf	ZUZ	ZUc	ZUl	SUb	SUt	SUG	SUk	SUn	SUN	SUj	SUs	SUZ			
	SUS	SUC	CUb	CUp	CUt	CUg	CUn	CUN	CUj	CUs	CUZ	CUS	CUC	lUb	lUt	lUg	lUk	lUn	lUN	lUj	lUs			
	lUZ	lUS	lUC	rUd	rUk	rUn	rUj	rUZ	rUc	rUl														
90-99	bUb	bUt	bUg	bUk	bUn	bUN	bUj	bUs	bUZ	bUS	bUc	pUb	pUp	pUt	pUg	pUT	pUn	pUN	pUj	pUs				
	pUZ	pUS	pUC	dUb	dUp	dUt	dUg	dUn	dUN	dUj	dUs	dUZ	dUS	dUC	tUb	tUd	tUt	tUg	tUk	tUn	tUj			
	tUs	tUZ	tUS	tUC	gUb	gUt	gUg	gUk	gUn	gUN	gUj	gUs	gUZ	gUS	gUC	kUb	kUp	kUt	kUT	kUN	kUs			
	kUS	kUC	GUb	GUd	GUt	GUg	GUk	GUn	GUj	GUs	GUZ	GUS	GUC	TUd	TUt	TUg	TUk	TUn	TUj	TUZ	TUS			
	TUC	mUb	mUp	mUt	mUg	mUT	mUn	mUN	mUj	mUs	mUZ	mUS	mUC	nUb	nUp	nUt	nUg	nUT	nUN	nUj	nUs			
	nUZ	nUS	nUC	NUp	NUT	lUp	lUt	lUN	hUb	hUp	hUt	hUg	hUT	hUN	hUj	hUs	hUZ	hUS	hUC	vUb	vUp			
	vUt	vUg	vUT	vUn	vUj	vUs	vUZ	vUS	vUC	fUb	fUp	fUt	fUg	fUn	fUj	fUs	fUZ	fUS	fUC	sUb				
	sUp	sUt	sUg	sUT	sUN	sUs	sUZ	sUS	sUC	cUb	cUp	cUt	cUT	cUN	cUs	cUS	cUC	ZUb	ZUd	ZUt	ZUG			
	ZUk	ZUn	ZUj	ZUs	ZUZ	ZUS	ZUC	Sup	SUT	CUT	lUp	lUt	rUb	rUp	rUt	rUg	rUT	rUN	rUs	rUZ	rUS			
	rUC																							
100-109	bUp	bUT	dUt	tUp	tUt	tUN	gUp	gUT	GUp	GUT	GUN	TUb	TUp	TUT	TUN	TUs	fUt	ZUp	ZUT	ZUN				

i	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	79	91	79	84	91	83	89	89	94	91	79	82	93	82	79	82	83	89	93	81	84	82	89
p	71	84	71	76	83	76	82	82	87	83	72	74	86	74	71	75	76	81	86	74	76	74	81
d	81	94	81	86	93	86	92	92	97	93	82	84	96	84	81	85	86	92	96	84	87	84	92
t	71	83	71	76	83	75	81	81	86	83	71	74	85	74	71	74	75	81	85	73	76	73	81
g	82	95	82	87	94	87	93	93	98	94	83	85	97	85	82	86	87	92	97	85	87	85	92
k	68	80	67	73	80	72	78	78	83	79	68	70	82	71	68	71	72	78	82	70	73	70	78
G	73	86	73	78	85	78	84	84	89	85	74	76	88	76	73	77	78	84	88	76	79	76	84
T	72	84	72	77	84	76	82	82	87	84	72	75	86	75	72	75	76	82	86	74	77	75	82
m	69	81	69	74	81	73	79	79	84	81	69	72	83	72	69	72	73	79	83	71	74	71	79
n	71	83	71	76	83	75	81	81	86	83	71	74	85	74	71	74	75	81	85	73	76	73	81
N	70	83	70	75	82	75	81	81	86	82	71	73	85	73	70	74	75	80	85	73	75	73	80
j	72	85	72	77	84	77	83	83	88	84	72	75	87	75	72	75	76	82	86	75	77	75	82
h	72	84	71	77	84	76	82	82	87	83	72	74	86	75	72	75	76	82	86	74	77	74	82
v	71	84	71	77	84	76	82	82	87	83	72	74	86	74	72	75	76	82	86	74	77	74	82
f	73	86	73	78	85	78	84	84	89	85	73	76	88	76	73	76	77	83	87	76	78	76	83
z	78	91	78	83	90	83	89	89	94	90	78	81	93	81	78	81	82	88	92	81	83	81	88
s	78	91	78	83	90	83	89	89	94	90	78	81	93	81	78	81	82	88	92	81	83	81	88
c	67	80	67	72	79	72	78	78	83	79	68	70	82	70	67	71	72	77	82	70	73	70	77
Z	81	94	81	86	93	86	92	92	97	93	81	84	96	84	81	84	86	91	95	84	86	84	91
S	83	96	83	88	95	88	94	94	99	95	83	86	98	86	83	86	87	93	97	86	88	86	93
C	80	92	80	85	92	84	90	90	95	92	80	83	94	83	80	83	84	90	94	82	85	83	90
l	71	84	71	76	83	76	82	82	87	83	72	74	86	74	71	75	76	81	86	74	76	74	81
r	71	84	71	76	83	76	82	82	87	83	71	74	86	74	71	74	75	81	85	74	76	74	81

60- 69 pil til kib kid kiN kif kil Gil Til mib mid miN mif mil nil Nil jil hil vil fil

cib cid ciN cif ciS cil lil ril

70- 79 bib bid biN bif bil pib pid pit pik piN pij piv pif piz pis piS piC dil tib tid

tit tik tiN tij tiv tif tiz tis tiS tiC gil kit kig kik kiG kiT kin kij kiv kiz kis

kic kiS kiC kir Gib Gid Git Gik GiN Gij Giv Gif Giz Gis GiS GiC Tib Tid Tit Tik TiN

Tij Tiv Tif Tiz Tis TiS TiC mit mik miG miT mij miv miz mis mic miS miC mir nib nid

nit nik niN nij niv nif niz nis niS niC Nib Nid Nit Nik NiN Nij Niv Nif Niz Nis NiS

NiC jib jid jit jik jiN jij jiv jif jiz jis jis jic hib hid hit hik hiN hij hiv hif

hiz his hiS hiC vib vid vit vik viN vij viv vif viz vis viS viC fib fid fit fik fiN

fij fiv fif fiz fis fiS fiC zib zid ziN zif zil sib sid siN sif sil cip cit cig cik

ciG ciT cin cij civ ciz cis cic ciC cir Zil Sil Cib Cid Cif Cil lib lid lit lik liN

lij liv lif liz lis liS liC rib rid rit rik riN rij riv rif riz ris riS riC

80- 89 bit bik biG biT bij biv biz bis bic biS biC bir pip pig piG piT pim pin pih pic

piZ pir dib did dit dik diN dij div dif diz dis diS diC tip tig tiG tiT tim tin tih

tic tiZ tir gib gid git gik giN gjj giv gif giz gis giS giC kip kim kih kiZ Gip Gig

GiG GiT Gim Gin Gih Gic GiZ Gir Tip Tig TiG TiT Tim Tin Tih Tic TiZ Tir mip mig mim

min mih miZ nip nig niG niT nim nin nih nic niZ nir Nip Nig NiG NiT Nim Nin Nih Nic

NiZ Nir jip jig jiG jiT jim jin jih jic jiz jir hip hig hiG hiT him hin hih hic hiZ

hir vip vig viG viT vim vin vih vic viZ vir fip fig fiG fiT fim fin fih fic fiZ fir

zit zig zik ziG ziT zin zij ziv ziz zis zic ziS ziC zir sit sig sik siG siT sin sij

siv siz sis sic siS siC sir cim cih ciZ Zib Zid Zit Zik ZiN Zij Ziv Zif Ziz Zis ZiS

ZiC Sib Sid Sit Sik SiN Sij Siv Sif Siz Sis SiS SiC Cit Cik CiN Cij Civ Ciz Cis Cic

CiS CiC Cir lip lig liG liT lim lin lih lic liZ lir rip rig riG riT rim rin rih ric

riZ rir

90- 99 bip big bim bin bih biZ dip dig diG diT dim din dih dic diZ dir gip gig giG giT

gim gin gih gic giZ gir zip zim zih ziZ sip sim sih siZ Zip Zig Zig ZIT Zim Zin Zih

Zic ZiZ Zir Sip Sig SiG SiT Sim Sin Sih Sic SiZ Sir Cip Cig CiG CiT Cim Cin Cih CiZ

U	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
B	98	100	89	95	93	90	83	101	82	91	99	93	75	83	81	83	96	83	94	95	95	85	73
P	96	99	88	94	92	89	82	100	80	90	98	92	74	81	80	82	95	82	93	94	94	84	72
D	97	100	88	95	93	90	82	100	81	91	98	92	75	82	81	83	96	83	93	94	95	84	72
T	99	102	91	97	95	92	85	103	83	93	101	95	77	84	83	85	98	85	96	97	97	87	75
G	97	100	89	95	93	90	82	101	81	91	99	93	75	82	81	83	96	83	94	95	95	85	73
K	94	96	85	91	89	86	79	97	78	87	95	89	71	79	77	79	92	79	90	91	91	81	69
G	100	102	91	98	95	93	85	103	84	93	101	95	77	85	83	85	98	85	96	97	98	87	75
T	102	105	94	100	98	95	87	106	86	96	103	97	80	87	86	88	101	88	98	100	100	89	77
M	96	99	88	94	92	89	82	100	80	90	98	92	74	81	80	82	95	82	93	94	94	84	72
N	96	99	87	94	92	89	81	100	80	90	97	91	74	81	80	82	95	82	92	93	94	83	71
N	87	90	79	85	83	80	72	91	71	81	89	83	65	72	71	73	86	73	84	85	85	75	63
J	89	92	81	87	85	82	74	93	73	83	91	85	67	74	73	75	88	75	85	87	87	77	64
H	96	99	87	94	91	89	81	99	80	89	97	91	73	81	79	81	94	81	92	93	94	83	71
V	95	98	87	93	91	88	81	99	79	89	97	91	73	80	79	81	94	81	92	93	93	83	71
F	97	100	89	95	93	90	82	101	81	91	99	92	75	82	81	83	96	83	93	95	95	84	72
Z	86	89	77	84	81	79	71	89	70	79	87	81	63	71	69	71	84	71	82	83	84	73	61
S	94	97	86	92	90	87	80	98	78	88	96	90	72	79	78	80	93	80	91	92	92	82	70
C	93	96	84	91	88	86	78	96	77	87	94	88	71	78	76	79	91	79	89	90	91	80	68
Z	99	102	91	97	95	92	85	103	83	93	101	95	77	84	83	85	98	85	96	97	97	87	75
S	88	90	79	85	83	81	73	91	72	81	89	83	65	73	71	73	86	73	84	85	86	75	63
C	87	90	78	85	83	80	72	91	71	81	88	82	65	72	71	73	86	73	83	84	85	74	62
L	88	91	79	86	83	81	73	91	72	82	89	83	66	73	71	74	86	74	84	85	86	75	63
R	95	97	86	92	90	87	80	98	79	88	96	90	72	80	78	80	93	80	91	92	92	82	70

- 60-69 kUr NUh NUr jUh jUr zUm zUh zUf zUr sUr cUr SUh SUr CUh CUR IUh IUr rUr
- 70-79 bUh bUr pUh pUr dUh dUr tUh tUr gUh gUr kUG kUm kUh kUv kUf kUz kUc GUh GUr TUh
 TUR mUh mUr nUm nUh nUf nUr NUd NUG NUm NUv NUf NUz NUc NUI jUG jUm jUv jUf jUz jUc
 jUI hUm hUh hUf hUr vUm vUh vUf vUr fUh fUr zUd zUk zUG zUn zUv zUz zUc zUI sUG sUm
 sUh sUv sUf cUG cUm cUh cUv cUf cUz cUc ZUh Zur SUd SUG SUM sUv sUf sUz SUc SUI CUd
 CUk CUG CUm CUv CUf CUz CUc CUI IUd IUG IUm IUv IUf IUz IUc IUI rUG rUm rUh rUv rUf
- 80-89 bUd bUG bUm bUv bUf bUz bUc bUI pUd pUk pUG pUm pUv pUf pUz pUc pUI dUd dUk dUG
 dUm dUv dUf dUz dUc dUI tUG tUm tUv tUf tUz tUc tUI gUd gUG gUm gUv gUf gUz gUc gUI
 kUd kUg kUk kUn kUj kUZ kUI GUg GUm GUv GUf GUz GUc GUI TUG TUm TUv TUf TUz TUc TUI
 mUd mUk mUG mUm mUv mUf mUz mUc mUI nUd nUk nUG nUn nUv nUz nUc nUI NUb NUt NUg NUK
 NUn NUN NUj NUz NUZ NUS NUC jUb jUd jUt jUg jUk jUn jUj jUs jUZ jUS jUC hUd hUk hUG
 hUn hUv hUz hUc hUI vUd vUk vUG vUn vUv vUz vUc vUI fUd fUk fUG fUm fUv fUf fUz fUc
 fUI zUb zUp zUt zUg zUT zUN zUj zUs zUZ zUS zUC sUd sUk sUn sUj sUz sUc sUI cUd cUg
 cUk cUn cUj cUZ cUI ZUG ZUm ZUv ZUf ZUZ ZUc ZUI Sub sUt sUG sUk sUn SUN sUj sUs sUZ
 SUS SUC CUb CUp CUt CUg CUn CUN CUj cUs CUZ CUS CUC IUb IUt IUg IUk IUn IUN IUj IUs
 IUZ IUS IUC rUd rUk rUn rUj rUz rUc rUI
- 90-99 bUb bUt bUg bUk bUn bUN bUj bUs bUZ bUS bUC pUb pUp pUt pUg pUT pUn pUN pUj pUs
 pUZ pUS pUC dUb dUp dUt dUg dUn dUN dUj dUs dUZ dUS dUC tUb tUd tUt tUg tUk tUn tUj
 tUs tUZ tUS tUC gUb gUt gUg gUk gUn gUN gUj gUs gUZ gUS gUC kUb kUp kUt kUT kUN kUs
 kUS kUC GUb GUd GUt GUg GUK GUj GUs GUZ GUS GUC TUd TUt TUg TUK TUn TUj TUZ TUS
 TUC mUb mUp mUt mUg mUT mUn mUN mUj mUs mUZ mUS mUC nUb nUp nUt nUg nUT nUN nUj nUs
 nUZ nUS nUC NUp NUT jUp jUt jUN hUb hUp hUt hUg hUT hUN hUj hUs hUZ hUS hUC vUb vUp
 vUt vUg vUT vUn vUj vUs vUZ vUS vUC fUb fUp fUt fUg fUn fUN fuJ fUs fUZ fUS fUC sUb
 sUp sUt sUg sUT sUN sUs sUZ sUS sUC cUb cUp cUt cUT cUN cUs cUS cUC ZUb ZUd ZUt ZUG
 ZUk ZUn ZUj ZUs ZUZ ZUS ZUC Sup SUT CUT IUp IUT rUb rUp rUt rUg rUT rUN rUs rUZ rUS
 rUC
- 100-109 bUp bUT dUT tUp tUT tUN gUp gUT GUp GUT GUN TUb Tup TUT TUN TUs fUT ZUp ZUT ZUN

e	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
B	93	90	95	94	93	103	94	104	87	84	100	85	95	103	93	93	104	92	102	97	96	75	85
P	91	88	93	92	92	101	92	103	85	82	99	83	93	101	92	92	103	91	100	95	94	73	83
D	91	89	93	92	92	102	92	103	86	82	99	84	94	101	92	92	103	91	101	96	94	73	83
T	90	87	92	91	91	100	91	102	84	81	98	82	92	100	91	91	102	90	100	94	93	72	82
g	92	89	94	93	92	102	93	103	86	83	100	84	94	102	92	92	103	91	101	96	95	74	84
k	91	88	93	92	91	101	92	102	85	82	99	83	93	101	91	91	102	90	100	95	94	73	83
G	94	91	96	95	95	104	95	106	88	85	102	86	96	104	95	95	106	94	103	98	97	76	86
T	99	96	100	100	99	109	100	110	93	90	106	91	101	109	99	99	110	98	108	103	102	81	91
m	84	81	86	85	85	94	85	96	78	75	92	76	86	94	85	85	96	84	94	88	87	66	76
n	92	89	94	93	92	102	93	103	86	83	100	84	94	102	93	92	103	91	101	96	95	74	84
N	103	100	105	104	103	113	104	115	97	94	111	95	105	113	104	104	115	103	112	107	106	85	95
j	92	89	94	93	92	102	93	104	86	83	100	84	94	102	93	93	103	92	101	96	95	74	84
h	84	81	86	85	84	94	85	96	78	75	92	76	86	94	85	84	95	83	93	88	87	66	76
v	91	89	93	92	92	101	92	103	86	82	99	84	94	101	92	92	103	91	101	95	94	73	83
f	88	86	90	89	89	99	90	100	83	79	96	81	91	99	89	89	100	88	98	93	91	71	80
z	92	90	94	93	93	103	94	104	87	83	100	85	95	103	93	93	104	92	102	97	95	75	84
s	82	80	84	83	83	93	83	94	77	73	90	75	85	93	83	83	94	82	92	87	85	64	74
c	90	88	92	91	91	101	91	102	85	81	98	83	93	100	91	91	102	90	100	95	93	72	82
Z	91	89	93	92	92	101	92	103	86	82	99	84	94	101	92	92	103	91	101	95	94	73	83
S	96	93	98	97	96	106	97	108	90	87	104	88	98	106	97	97	108	96	105	100	99	78	88
C	83	81	85	84	84	94	84	95	78	74	91	76	86	93	84	84	95	83	93	87	86	65	75
l	84	82	86	85	85	95	85	96	79	75	92	77	87	95	85	85	96	84	94	89	87	66	76
r	82	79	84	83	82	92	83	93	76	73	90	74	84	92	82	82	93	81	91	86	85	64	74

60-69 mel hel sel Cel lel rel

70-79 bel pel del tel gel kel Gel mem men mej mer nel jel hem hen hej her vel fen fel
zel sep sem sen sej ser cel Zel Sel Cem Cen Cej Cer lem len lej ler rep rem ren rej
rer

80-89 bep bem ben bej ber pep pem pen pej per dep dem den dej der tep tem ten tej tec
ter gep gem gen gej ger kep kem ken kej ker Gem Gen Gej Ger Ten Tel meb mep med met
meg meG meh mef mez mec meS meC nep nem nen nej ner Nel jep jem jen jej jer heb hep
hed het heg heG heh hef hez hec heS heC vep vem ven vej ver feb fep fet feg feG fem
fej fef fez fec fer zep zem zen zej zer seb sed set seg seG seh sef sez sec seS seC
cep cem cen cej cec cer Zep Zem Zen Zej Zer Sen Sej Ser Ceb Cep Ced Cet Ceg CeG Ceh
Cef Cez Cec CeS CeC leb lep led let leg leG leh lef lez lec leS leC reb red ret reg
reG reN reh ref rez rec reS reC

90-99 beb bed bet beg beG beh bef bez bec beS beC peb ped pet peg peG peN peh pef pez
pec peS peC deb ded det deg deG deN deh def dez dec deS deC teb ted tet teg teG teN
teh tef tez teZ teS teC geb ged get geg geG geN geh gef gez gec geS geC keb ked ket
keg keG keN keh kef kez kec keS keC Geb Gep Ged Get Geg GeG Geh Gef Gez Gec GeS GeC
Teb Tep Tet Teg TeG Tem Tej Tef Tez Tec Ter mek meT meN mev mes meZ neb ned net neg
neG neN neh nef nez nec neS neC Nem Nen Nej Ner jeb jed jet jeg jeG jeN jeh jef jez
jec jeS jeC hek heT heN hev hes heZ veb ved vet veg veG veN veh vef vez vec veS veC
fed fek feN feh fev fes feZ feS feC zeb zed zet zeg zeG zeh zef zez zec zeS zeC sek
seT seN sev ses seZ ceb ced cet ceg ceG ceN ceh cef cez ceZ ceS ceC Zeb Zed Zet Zeg
ZeG ZeN Zeh Zef Zez Zec ZeS ZeC Seb Sep Sed Set Seg SeG Sem Seh Sef Sez Sec SeC Cek
CeT CeN Cev Ces CeZ lek leT leN lev les leZ rek reT rev res reZ

100-109 bek beT beN bev bes beZ pek peT pev pes peZ dek deT dev des deZ tek teT tev tes
gek geT gev ges geZ kek keT kev kes keZ Gek GeT GeN Gev Ges GeZ Ted Tek TeN Teh Tev
TeZ TeS TeC nek neT nev nes neZ Neb Nep Ned Net Neg NeG Neh Nef Nez Nec NeS NeC jek
jeT jev jes jeZ vek veT vev ves veZ feT zek zeT zeN zev zes zeZ cek ceT cev ces Zek
ZeT Zev Zes ZeZ Sek SeT SeN Sev Ses SeZ SeS

110-119 TeT Tes Nek NeT NeN Nev Nes NeZ

E	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
b	140	145	140	140	149	139	145	148	139	138	136	131	132	130	139	142	147	139	131	153	133	129	129
p	157	162	156	156	165	156	162	165	156	155	153	148	149	147	156	159	164	156	148	170	149	146	145
d	149	154	148	148	157	147	154	156	147	147	145	139	141	139	147	151	156	148	140	162	141	138	137
t	162	167	161	161	170	160	167	169	160	160	158	152	154	152	160	164	169	161	153	174	154	151	150
g	149	154	149	149	158	148	154	157	148	147	145	140	141	140	148	151	156	148	140	162	142	139	138
k	154	159	154	154	163	153	159	162	153	152	150	145	146	144	153	156	161	153	145	167	147	143	143
G	145	149	144	144	153	143	149	152	143	143	141	135	136	135	143	146	151	143	136	157	137	134	133
T	146	151	145	145	154	144	150	153	144	144	142	136	138	136	144	147	152	144	137	158	138	135	134
m	149	154	148	148	157	147	154	156	147	147	145	139	141	139	147	151	156	148	140	162	141	138	137
n	159	164	159	159	168	158	164	167	158	157	155	150	151	149	158	161	166	158	150	172	152	148	148
N	162	167	162	162	171	161	167	170	161	160	158	153	154	152	161	164	169	161	153	175	154	151	150
j	152	157	151	151	160	151	157	160	151	150	148	142	144	142	150	154	159	151	143	165	144	141	140
h	148	153	147	147	156	147	153	156	147	146	144	139	140	138	147	150	155	147	139	161	140	137	136
v	149	154	149	149	158	148	154	157	148	147	145	140	141	140	148	151	156	148	140	162	142	139	138
f	141	146	140	140	149	140	146	149	140	139	137	132	133	131	140	143	148	140	132	154	133	130	129
z	145	150	145	145	154	144	150	153	144	143	141	136	137	135	144	147	152	144	136	158	138	134	134
s	140	144	139	139	148	138	144	147	138	138	136	130	131	130	138	141	146	138	130	152	132	129	128
c	137	142	137	137	146	136	142	145	136	135	133	128	129	127	136	139	144	136	128	150	130	126	126
Z	154	159	153	153	162	152	159	161	152	152	150	144	146	144	152	156	161	153	145	166	146	143	142
S	153	157	152	152	161	151	157	160	151	151	149	143	144	143	151	154	159	151	143	165	145	142	141
C	134	138	133	133	142	132	138	141	132	132	130	124	125	124	132	135	140	132	124	146	126	123	122
l	135	139	134	134	143	133	139	142	133	133	131	125	126	125	133	136	141	133	125	147	127	124	123
r	140	145	140	140	149	139	145	148	139	138	136	131	132	130	139	142	147	139	131	153	133	129	129

120-129 bEl bEr fEr sEj sEv sEl sEr cEj cEh cEv cEZ cEC cEl cEr CEN CEj CEh CEv CEZ CEC
CEl CEr lEj lEh lEv lEZ lEC lEl lEr rEl rEr

130-139 bEd bEt bEk bEm bEn bEN bEj bEh bEv bEf bEc bEZ bEC dEj dEv dEZ dEl dEr gEj gEv
gEl gEr GEj GEh GEv GEZ GEC GEI GER TEj TEh TEv TEZ TEC TEI TEr mEj mEv mEZ mEl mEr
hEj hEh hEv hEZ hEl hEr vEj vEv vEl vEr fEk fEm fEn fEN fEj fEh fEv fEf fEc fEZ fEC
fEl zEj zEh zEv zEZ zEC zEl zEr sEb sEd sEt sEk sEm sEn sEN sEh sEf sEc sEZ sEC cEb
cEd cEt cEk cEm cEn cEN cEf cEz cEc CEb CEp CEd CEt CEk CEG CEm CEn CEf CEz CEc lEb
lEp lEd lEt lEk lEG lEm lEn lEN lEf lEz lEc rEd rEt rEk rEm rEn rEN rEj rEh rEv rEf
rEc rEZ rEC

140-149 bEb bEp bEg bEG bET bEz bEs pEj pEh pEv pEZ pEC pEl pEr dEb dEd dEt dEk dEm dEn
dEN dEh dEf dEc dEC gEb gEd gEt gEk gEm gEn gEN gEh gEf gEc gEZ gEC kEj kEh kEv kEZ
kEC kEl kEr GEb GEp GEd GEt GEk GEG GEm GEN GEN GEf GEz GEc TEb TEd TEt TEk TEM TEN
TEN TEf TEz TEc mEb mEd mEt mEk mEm mEn mEN mEh mEf mEc mEC nEj nEv nEl nEr jEN jEj
jEh jEv jEZ jEC jEl jEr hEb hEd hEt hEk hEm hEn hEN hEf hEz hEc hEC vEb vEd vEt vEk
vEm vEn vEN vEh vEf vEc vEZ vEC fEb fEp fEd fEt fEg fEG fET fEz fEs zEb zEd zEt zEk
zEm zEn zEN zEf zEZ zEc sEp sEg sEG sET sEz sEs cEp cEg cEG cET cEs ZEN ZEj ZEH ZEv
ZEZ ZEC ZEI ZEr SEN SEj SEh SEv SEZ SEC SEI SEr cEg cET cEs CES lEg lEt lEs lES rEb
rEp rEg rEG rET rEz rEs

150-159 bES pEb pEd pEt pEk pEm pEn pEN pEf pEz pEc dEp dEg dEG dET dEz dEs tEn tEn tEj
tEh tEv tEZ tEc tEl tEr gEp gEg GEG gET gEz gEs kEb kEp kEd kEt kEk KEG kEm kEn kEN
KEf KEz KEc GEG GET GES TEP TEG TEG TET TES mEp mEg mEG mET mEz mEs nEb nEd
nEt nEk nEm nEn nEN nEh nEf nEc nEZ nEC NEN NEj NEh NEv NEZ NEC NEI NEr jEb jEp jEd
jEt jEk jEG jET jEm jEn jEf jEz jEs jEc hEp hEg hEG hET hEs vEp vEg vEG vET vEz vEs
fES zEp zEg zEG zET zEs zES sES cES ZEb ZEp ZEd ZEt ZEk ZEG ZEm ZEn ZEf ZEz ZEc SEb
SEp SEd SEt SEk SEG SEm SEn SEf SEz SEs SEc rES

160-169 pEp pEg pEG pET pEs pES dES tEb tEp tEd tEt tEk tEG tEt tEm tEf tEz tEs tEc gES
KEg kET kEs kES mES nEp nEg nEG nET nEz nEs NEb NEp NEd NEt NEk NEG NET NEm NEn NEf
NEz NEs NEc jEg jES hES vES ZEG ZET ZEs ZES SEg SET SES

170-179 tEg tES nES NEg NES

A	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	I	r
b	141	150	152	159	155	138	154	161	131	151	161	143	134	153	130	163	152	133	155	150	135	134	148
p	139	148	149	157	153	136	152	159	129	149	159	141	132	151	128	161	150	131	153	147	133	132	146
d	151	161	162	170	165	149	165	171	141	161	172	154	145	164	141	173	163	143	166	160	145	144	159
t	162	171	173	180	176	159	176	182	152	172	182	164	155	174	151	184	174	154	176	171	156	155	169
g	151	161	162	170	165	149	165	171	142	161	172	154	145	164	141	173	163	144	166	160	145	144	159
k	167	176	178	185	181	164	180	187	157	177	187	169	160	179	156	189	178	159	181	176	161	160	174
G	172	181	182	190	186	169	185	191	162	182	192	174	165	184	161	193	183	164	186	180	166	165	179
T	176	185	186	194	190	173	189	195	166	186	196	178	169	188	165	197	187	168	190	184	170	169	183
m	162	172	173	181	177	160	176	182	153	173	183	165	156	175	152	184	174	155	177	171	156	156	170
n	162	172	173	180	176	160	176	182	152	172	182	165	155	175	151	184	174	154	176	171	156	155	169
N	171	181	182	190	185	169	185	191	162	181	192	174	165	184	161	193	183	164	186	180	165	164	179
j	160	170	171	179	174	158	174	180	151	170	181	163	154	173	150	182	172	153	175	169	154	153	168
h	154	163	165	172	168	151	167	174	144	164	174	156	147	166	143	176	165	146	168	162	148	147	161
v	164	174	175	183	178	162	178	184	154	174	184	167	158	177	154	186	176	156	179	173	158	157	172
f	155	165	166	174	169	153	169	175	145	165	175	158	149	168	144	177	167	147	169	164	149	148	163
z	166	176	177	184	180	164	180	186	156	176	186	169	159	178	155	188	178	158	180	175	160	159	173
s	162	172	173	180	176	160	176	182	152	172	182	165	155	174	151	184	174	154	176	171	156	155	169
c	145	155	156	164	159	143	159	165	135	155	165	148	139	158	135	167	157	137	159	154	139	138	153
Z	163	173	174	182	177	161	177	183	153	173	183	166	157	176	153	185	175	155	178	172	157	156	171
S	157	166	168	175	171	154	170	177	147	167	177	159	150	169	146	179	168	149	171	166	151	150	164
C	160	169	171	178	174	157	173	180	150	170	180	162	153	172	149	182	171	152	174	168	154	153	167
I	146	156	157	165	160	144	160	166	137	156	167	149	140	159	136	168	158	139	161	155	140	140	154
r	153	162	164	171	167	150	167	173	143	163	173	155	146	165	142	175	165	145	167	162	147	146	160

- 120-129** pAm pAf
- 130-139** bAk bAm bAh bAf bAc bAC bAl pAb pAk pAh pAc pAC pAl cAm cAh cAf cAc cAC cAl lAm
IAh IAf IAc lAl
- 140-149** bAb bAj bAS bAr pAp pAd pAn pAj pAS pAr dAk dAm dAh dAf dAc dAC dAl gAk gAm gAh
gAf gAc gAC gAl jAf hAm hAh hAf hAc hAC hAl fAm fAh fAf fAc fAC fAl cAb cAk cAj sAm
SAf SAc SAl CAm CAf lAb lAk lAj lAC rAm rAh rAf rAc rAC rAl
- 150-159** bAp bAd bAt bAg bAG bAn bAv bAs bAZ pAt pAg pAG pAT pAN pAv pAs pAZ dAb dAj dAr
tAk tAm tAh tAf tAc tAC tAl gAb gAj gAr kAm kAf kAc kAl mAm mAh mAf mAc mAC mAl nAk
nAm nAh nAf nAc nAC nAl jAk jAm jAh jAc jAC jAl hAb hAk hAj vAm vAh vAf vAc vAC vAl
fAb fAk fAj zAm zAh zAf zAc zAl sAk sAm sAh sAf sAc sAC sAl cAp cAd cAg cAG cAn cAv
cAs cAZ cAS cAr ZAm ZAh ZAf ZAc ZAC ZAl SAB SAK SAJ SAH SAC CAb CAk CAh CAc CAC CAI
lAp lAd lAn lAv lAs lAS lAr rAb rAk rAj
- 160-169** bAT bAN bAz pAz dAp dAd dAt dAg dAG dAn dAv dAs dAZ dAS tAb tAj tAr gAp gAd gAt
gAg gAG gAn gAv gAs gAZ gAS kAb kAk kAj kAh kAC GAK GAM GAh GAF GAc GAC GAl TAm TAh
TAf TAc TAC TAl mAb mAk mAj mAr nAb nAj nAr NAK NAM NAh NAF NAc NAC NAi jAb jAp jAj
jAS jAr hAp hAd hAg hAG hAn hAv hAs hAZ hAS hAr vAb vAk vAj fAp fAd fAg fAG fAn fAv
fAs fAZ fAS fAr zAb zAk zAj zAC sAb sAj sAr cAt cAT cAN cAz ZAb ZAK ZAJ SAp SAd SAn
SAv SAs SAS SAR cAp cAn CAj CAS CAR lAt lAg lAG lAT lAN lAz lAZ rAp rAd rAg rAG rAn
rAv rAs rAZ rAS rAr
- 170-179** dAT dAN dAz tAp tAd tAg tAG tAn tAv tAs tAZ tAS gAT gAN gAz kAp kAd kAn kAv kAs
kAS kAr GAb GAj GAR TAb TAK TAJ mAp mAd MAG MAG mAn mAv mAs mAZ mAS nAp nAd nAg nAG
nAn nAv nAs nAZ nAS NAb NAj NAr jAd jAt jAg jAG jAn jAv jAs jAZ hAt hAT hAN hAz vAp
vAd vAg vAG vAn vAv vAs vAZ vAS vAr fAt fAT fAN fAz zAp zAd zAG zAn zAv zAs zAS zAr
sAp sAd sAg sAG sAn sAv sAs sAZ sAS ZAp ZAd ZAg ZAG ZAn ZAv ZAs ZAZ ZAS ZAr SAT SAg
SAG SAT SAN SAz SAZ cAd cAt cAg CAG CAT CAN CAv cAs CAZ rAt rAT rAN rAz
- 180-189** tAt tAT tAN tAz kAt kAg kAG kAT kAN kAz kAZ GAp GAd GAt GAg GAG GAN GAV GAS GAZ
GAS TAp TAd TAg TAG TAn TAV tAs TAZ TAS TAr mAt mAT mAN mAZ nAt nAT nAN nAz nAp nAd
NAt NAg NAG NAn nAv nAs NAz NAS jAT JAN jAz vAt vAT vAN vAz zAt zAg zAT zAN zAz zAZ
sAt sAT sAN sAz ZAt ZAT ZAN ZAZ CAZ
- 190-199** GAT GAN GAz TAt TAT TAN TAZ NAT NAN NAz

A vizsgált mássalhangzók specifikus időtartamai ms-ban, VCV kapcsolatokban

b	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	61	63	63	56	66	68	66	57	61
a	62	64	64	57	67	70	67	58	62
o	67	69	69	62	72	75	72	63	67
u	70	72	72	65	75	78	75	66	70
U	61	63	63	56	66	69	66	57	61
i	67	69	69	62	72	75	72	63	67
E	60	62	62	55	65	68	65	56	60
O	60	62	62	55	66	68	65	56	60
e	69	71	71	64	74	76	74	65	69

p	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	83	85	75	71	70	67	66	61	81
a	87	88	78	75	73	70	70	64	84
o	93	95	85	81	80	77	76	71	91
u	83	85	75	71	70	67	66	61	81
U	91	92	83	79	78	74	74	69	88
i	83	85	75	71	70	67	66	61	81
E	90	92	82	78	77	74	73	68	88
O	87	88	78	75	73	70	70	64	84
e	92	94	84	80	79	76	75	70	90

d	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	81	71	68	79	80	66	79	72	81
a	68	57	55	66	67	53	66	59	68
o	75	65	62	73	74	60	74	66	75
u	77	66	64	74	76	62	75	68	77
U	74	64	61	72	73	59	73	65	74
i	74	64	61	72	73	59	72	65	74
E	79	68	66	76	78	64	77	70	79
O	78	67	65	76	77	63	76	69	78
e	77	67	65	75	77	63	76	69	78

t	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	71	60	63	63	69	67	60	70	72
a	81	71	73	73	80	78	70	80	83
o	94	84	86	86	93	90	83	93	96
u	72	62	64	64	71	69	61	71	74
U	90	80	82	83	89	87	79	89	92
i	82	71	74	74	80	78	71	81	83
E	69	59	61	61	68	65	58	68	71
O	80	70	72	73	79	77	69	79	82
e	89	78	81	81	87	85	78	88	90

g	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	62	50	61	49	61	50	59	69	59
a	67	56	66	55	66	55	64	75	65
o	69	58	68	57	68	57	66	77	66
u	70	59	69	58	69	58	67	78	68
U	60	48	58	47	59	48	56	67	57
i	59	48	58	47	58	47	56	67	56
E	70	59	69	58	69	59	67	78	68
O	67	56	66	55	66	55	64	75	64
e	69	58	68	57	68	58	66	77	67

k	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	85	92	88	87	90	88	79	85	88
a	75	82	78	77	80	78	69	75	78
o	64	71	67	66	69	67	59	64	67
u	67	74	70	69	71	70	61	67	70
U	68	75	71	71	73	71	63	68	72
i	75	81	78	77	79	77	69	75	78
E	76	82	79	78	80	78	70	76	79
O	74	81	77	77	79	77	69	74	78
e	65	72	68	67	70	68	60	65	68

G	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	68	71	66	65	74	66	58	77	67
a	66	69	64	63	73	65	56	75	65
o	78	81	76	75	84	76	68	87	77
u	67	70	65	64	74	66	57	76	66
U	66	69	64	63	72	64	56	75	65
i	67	71	65	64	74	66	57	76	67
E	70	73	68	67	76	68	60	79	69
O	69	72	67	66	75	67	59	78	68
e	63	67	61	61	70	62	53	73	63

T	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	83	82	74	83	74	82	65	82	64
a	86	85	77	85	77	85	67	85	66
o	76	75	67	75	67	75	57	75	57
u	88	87	79	88	79	87	69	87	69
U	66	65	57	65	57	65	47	65	46
i	76	75	67	75	67	75	57	75	57
E	76	75	67	75	67	74	57	75	56
O	86	85	77	85	77	85	67	85	66
e	86	85	77	85	77	85	67	85	66

m	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	62	60	61	68	70	58	60	69	70
a	65	63	64	71	73	61	63	72	73
o	64	63	64	70	72	60	63	72	73
u	55	53	55	61	63	51	53	62	63
U	73	72	73	79	81	69	72	81	82
i	60	59	60	66	68	56	58	68	69
E	67	66	67	73	75	63	66	75	76
O	64	63	64	70	72	60	63	72	73
e	65	64	65	71	73	61	63	73	74

n	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	47	37	37	45	45	44	54	53	45
a	46	37	36	44	45	44	54	52	45
o	47	37	37	45	45	44	54	53	46
u	46	37	36	44	44	44	53	52	45
U	56	46	46	53	54	53	63	61	54
i	56	47	46	54	55	54	64	62	55
E	48	38	38	46	46	45	55	54	47
O	46	37	36	44	44	44	53	52	45
e	56	46	46	54	54	53	63	62	54

N	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	74	65	71	63	83	80	64	73	73
a	56	47	53	45	65	62	46	55	55
o	64	55	61	53	73	70	54	63	63
u	82	73	79	71	90	88	72	81	81
U	82	72	78	71	90	87	71	80	80
i	64	54	60	53	72	69	54	63	63
E	65	56	62	54	73	71	55	64	64
O	74	64	70	62	82	79	63	72	72
e	74	65	71	63	82	80	64	73	73

j	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	47	38	55	36	65	47	58	47	38
a	64	55	72	53	83	64	75	64	56
o	46	37	55	36	65	46	57	46	38
u	83	74	91	72	102	83	94	83	75
U	74	65	82	63	93	74	85	74	66
i	56	47	64	45	74	56	66	56	47
E	55	46	63	44	74	55	66	55	47
O	54	46	63	44	73	54	65	55	46
e	46	37	55	36	65	46	57	46	38

h	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	63	64	54	60	61	61	69	72	63
a	54	54	45	51	52	52	60	63	54
o	64	65	55	62	62	62	70	73	64
u	65	65	56	62	63	63	71	74	64
U	59	59	50	56	57	57	65	68	59
i	62	62	53	59	60	60	68	71	62
E	73	73	64	70	71	71	79	82	72
O	67	67	58	64	65	65	73	76	66
e	51	52	42	49	50	49	58	60	51

v	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	51	68	65	69	67	67	59	75	48
a	52	69	65	69	67	67	59	76	48
o	51	68	65	69	67	67	59	75	47
u	50	67	64	68	66	66	58	74	47
U	50	68	64	68	66	66	58	75	47
i	48	65	62	66	64	64	56	72	44
E	51	69	65	69	67	67	59	76	48
O	40	57	54	58	56	56	47	64	36
e	41	58	55	59	57	57	49	65	37

f	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	90	87	79	81	86	73	86	87	89
a	85	82	74	77	81	69	82	82	85
o	89	86	78	80	85	72	85	86	89
u	96	93	85	87	92	79	92	93	95
U	96	93	85	87	92	80	93	93	96
i	86	83	75	77	82	69	82	83	85
E	94	91	83	85	90	77	90	91	93
O	95	92	84	86	91	78	91	92	94
e	88	85	77	79	84	72	85	85	88

z	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	69	69	70	69	75	73	69	76	67
a	68	68	69	68	74	72	67	75	66
o	60	59	61	59	66	64	59	66	57
u	69	69	70	69	75	73	69	76	67
U	66	66	67	66	72	70	66	73	64
i	70	69	70	69	76	74	69	76	67
E	67	66	68	66	73	71	66	73	64
O	61	61	62	61	67	65	61	68	59
e	69	68	70	68	75	73	68	76	66

S	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	78	77	86	89	77	87	76	78	80
a	77	76	85	87	76	86	75	77	79
o	86	85	93	96	84	95	84	85	87
u	79	78	86	89	78	88	77	78	80
U	82	81	89	92	81	91	80	81	83
i	77	76	85	87	76	86	75	76	79
E	80	79	87	90	78	89	78	79	81
O	90	89	97	100	88	99	88	89	91
e	79	78	86	89	78	88	77	78	80

Z	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	60	50	46	53	82	66	64	63	54
a	60	51	47	54	82	66	64	64	55
o	74	65	61	68	96	80	78	78	69
u	62	53	49	56	84	68	66	66	57
U	72	62	59	66	94	78	76	76	67
i	62	52	48	55	84	68	66	65	56
E	72	62	58	65	94	78	76	75	66
O	62	52	48	55	84	68	66	65	56
e	72	62	58	65	94	78	75	75	66

s	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	103	82	82	88	88	90	98	100	89
a	93	72	72	78	78	79	88	90	79
o	102	81	81	87	87	88	97	99	88
u	97	76	75	82	82	83	92	94	83
U	83	62	62	68	68	70	78	80	69
i	93	72	72	78	78	80	88	90	79
E	93	72	72	78	78	80	88	90	79
O	83	62	62	68	68	70	78	80	69
e	100	80	79	85	86	87	96	98	86

c	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	94	87	94	99	82	97	101	84	92
a	94	87	94	99	82	97	101	84	92
o	95	88	95	100	83	98	102	85	93
u	89	82	89	94	77	92	96	79	87
U	99	92	99	104	87	102	106	89	97
i	94	87	94	99	82	97	101	84	92
E	94	87	94	99	82	97	101	84	92
O	92	85	92	97	80	95	99	82	90
e	94	87	94	99	82	97	101	84	92

C	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	98	94	102	107	105	101	101	107	106
a	83	78	86	92	90	86	85	91	91
o	95	90	98	104	102	98	97	103	103
u	87	82	90	96	94	90	89	95	95
U	96	92	100	105	103	100	99	105	104
i	91	87	95	100	98	94	94	100	99
E	103	99	106	112	110	106	105	112	111
O	81	77	85	90	88	84	84	90	89
e	91	87	95	100	98	94	94	100	99

l	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	60	48	47	47	56	47	58	47	57
a	51	39	38	38	47	38	49	38	48
o	69	58	57	56	66	57	67	56	67
u	60	48	47	47	56	47	58	47	58
U	68	57	56	55	65	56	66	55	66
i	59	48	47	46	56	47	57	47	57
E	60	49	48	47	57	48	58	47	58
O	50	39	38	37	47	38	48	37	48
e	59	48	47	47	56	47	58	47	57

r	A	a	o	u	U	i	E	O	e
A	37	26	40	24	35	35	36	43	37
a	39	28	42	26	37	37	38	45	39
o	39	28	42	26	37	37	38	45	39
u	37	26	40	24	35	35	36	43	37
U	40	29	43	27	38	38	39	46	40
i	39	29	42	27	37	38	39	45	39
E	39	29	42	27	37	38	38	45	39
O	40	30	43	28	38	39	40	46	40
e	30	20	33	18	28	29	30	36	30

A vizsgált mássalhangzók specifikus időtartamainak 10ms-os eloszlási sávjai a bennük szereplő VCV kapcsolat szerint

50- 59	Abu AbO abu abO Ubu UbO Ebu EbO Obu ObO
60- 69	AbA Aba Abo AbU Abi AbE Abe abA aba abo abU abi abE abe obA oba obo obu obO obe ubA ubu ubO ube UbA Uba Ubo UbU Ubi UbE Ube ibA iba ibo ibu ibO ibe EbA Eba Ebo EbU Ebi EbE Ebe ObA Oba Obo ObU Obi ObE Obe ebA ebu ebO ebe
70- 79	obU obi obE uba ubo ubU ubi ubE ibU ibi ibE eba ebo ebU ebi ebE
60- 69	Api ApE ApO apE apO upi upE upO UpO ipi ipE ipO EpO OpE OpO
70- 79	Apo Apu ApU apo apu apU api opi opE opO upo upu upU Upu UpU Upi UpE ipo ipu ipU Epu EpU Epi EpE Opo Opu OpU Opi epU epi epE epO
80- 89	ApA Apa Ape apA apa ape opo opu opU upA upa upe Upo Upe ipA ipa ipe Epo Epe OpA Opa Ope epo epu epe
90- 99	opA opa ope UpA Upa EpA Epa epA epa
50- 59	ada ado adi adO Udi idi
60- 69	Ado Adi adA adu adU adE ade oda odo odi odO uda udo udi udO Uda Udo UdO ida ido idO Eda Edo Edi EdO Oda Odo Odi OdO eda edo edi edO
70- 79	Ada Adu AdE AdO odA odu odU odE ode udA udu udU udE ude UdA Udu UdU UdE Ude idA idu idU idE ide EdA Edu EdU EdE Ede OdA Odu OdU OdE Ode edA edu edU edE ede
80- 89	AdA AdU Ade
50- 59	Eta EtE
60- 69	uta uto utu uti utE EtA Eto Etu Eti EtO OtE
70- 79	Ata AtE ata ato atu ati atE utA utO ute UTE ita ito itu iti itE Ete Ota Oto Otu Oti OtO eta etE
80- 89	AtA Ato Atu Ati AtO Ate atA atO ate ota oto otu otE utU Uta Uto Utu Uti UtO itA itO ite EtU OtA Ote etA eto etu eti etO
90- 99	atU otA oti otO ote UtA Ute itU OtU ete
100-109	AtU UtU etU
110-119	otU
40- 49	Agi aga agi Uga Ugi iga igi
50- 59	Aga AgE Age agA ago agU agE age oga ogi uga ugi UgA Ugo UgU UgE Uge igA igo igU igE ige Ega Egi Oga Ogi ega egi
60- 69	AgA Ago Agu AgU AgO agu agO ogA ogo ogU ogE oge ugo ugU ugE uge Ugu UgO igu igO Ego EgU EgE Ege OgA Ogo OgU OgE Oge egA ego egU egE ege
70- 79	ogu ogO ugA ugu ugO EgA Egu EgO Ogu OgO egu egO
50- 59	okE ekE
60- 69	akE okA oko oku oki okO oke ukA uko uku uki ukE ukO UkA Uke UkO ikE OkE ekA eko eku eki ekO eke
70- 79	AkE akA ako aku aki akO ake oka okU uke Uko Uku Uki Uke ikA iko iku iki ikO ike OkA Oko Oku Oki OkO Oke eka
80- 89	AkA Ako Aku Aki AkO Ake aka uka ukU Uka UkU ika EkA Eko Eku Eki EkE EkO Eke Oka OkU ekU
90- 99	Aka akU ikU
100-109	AkU Eka EKU

- 50-59** AGE aGE uGE UGE iGE OGE eGE
60-69 AGA AGo AGi AGe aGA aGa aGo aGi aGe oGE uGA uGo uGi uGe UGA UGa UGo UGi UGe iGA
 iGo iGi iGe EGE OGA OGo OGi OGe eGA eGa eGo eGi eGe
70-79 AGa AGU AGO aGU aGO oGA oGo oGi oGe uGa uGU uGO UGU UGO iGa iGU iGO EGA EGo EGi
 EGe OGa OGU OGO eGU eGO
80-89 AGu aGu oGa oGU oGO uGu UGu iGu EGa EGU EGO OGu eGu
90-99 oGu EGU
- 40-49** UTU UTE UTO UTe
50-59 oTU oTE oTO oTe UTU UTu iTU iTE iTO iTe ETU ETE ETO ETe
60-69 aTU aTE aTO aTe oTo oTu UTA UTa iTa iTu ETo ETu
70-79 ATU ATE ATO ATe aTo aTu oTA oTa uTE uTO uTe UTi iTa iTa ETA ETa OTU OTE OTO OTe
80-89 ATa ATo ATu aTA aTa oTi uTo uTu uTU iTi ETi OTa OTu eTU eTe eTO eTe
90-99 ATA aTi uTA uTa OTa OTa eTo eTu
100-109 ATi uTi OTi eTA eTa
110-119 eTi
- 40-49** Ami
50-59 AmA Ama Amo Amu AmE uMA uma umo umi umE ima imo imi imE
60-69 AmO Ame amA ama amo ami amE omi umu umO ume Umi imA imu imO ime EmA Ema Emo Emi
 EmE OmA Oma Omo Omi OmE emA ema emo emi emE
70-79 AmU amu amO ame omA oma omo omu omE umU UmA Uma Umo Umu UmE imU Emu EmO Eme Omu
 OmO Ome emu emO eme
80-89 amU omO ome UmO Ume EmU OmU emU
90-99 omU UmU
- 20-29** Ana ana ona una Ena Ona
30-39 Ano ano ono uno Una ina Eno Ono
40-49 ANa Anu AnU Ani Ane anA anu anU ani ane onA onu onU oni one unA unu unU uni une
 Uno ino EnA Enu EnU Eni Ene OnA Onu OnU Oni One ena
50-59 AnE AnO anE anO onE onO unE unO UnA Unu UnU Uni Une inA inu inU ini ine EnE EnO
 OnE OnO eno
60-69 UnE UnO inE inO enA enu enU eni ene
70-79 enE enO
- 30-39** aNa
40-49 ANa aNu aNE oNa iNa ENa
50-59 ANu ANE aNA aNo aNO aNe oNu oNE iNu iNE ENu ENE ONa eNa
60-69 ANA ANo ANO ANe aNU aNi oNA oNo oNO oNe uNa UNa iNA iNo iNi iNO iNe ENA ENo ENO
 ENe ONu ONE eNu eNE
70-79 ANU ANi oNU oNi uNo uNu uNE UNo UNu UNE iNu ENu ENi ONA ONo ONi ONO ONe eNA eNo
 eNi eNO eNe
80-89 uNA uNi uNO uNe UNA UNU UNi UNO UNe ONU eNU
90-99 uNU

20- 29 Aja oja eja
30- 39 Aju Aje oju oje ija Eja Oja eju eje
40- 49 AjA Aji AjO aja ojA oji ojO iju ije Eju Eje Oju Oje ejA eji ejO
50- 59 Ajo AjE aju aje ojo ojE Uja ijA iji ijO EjA Eji EjO OjA Oji OjO ejo ejE
60- 69 ajA aji ajO uja Uju Uje ijo ijE Ejo EjE Ojo OjE
70- 79 ajo ajE uju uje UjA Uji UjO
80- 89 ujA uji ujO Ujo UjE
90- 99 AjU ojU ujo ujE ejU
100-109 ajU ijU EjU OjU
110-119 UjU
120-129 ujU

40- 49 aho Uho eho ehU ehi
50- 59 Aho ahA aha ahU ahi ahe oho uho UhA Uha Uhu UhU Uhi Uhe iho ihu ihi Oho ehA
 eha ehE ehe
60- 69 AhA Aha Ahu AhU Ahi AhE Ahe ahE ahO ohA oha ohu ohU ohI ohe uhA uha uhu uhU uhi
 uhe UhE UhO ihA iha ihU ihE ihe Eho OhA Oha Ohu OhU OhI Ohe ehO
70- 79 AhO ohE ohO uhE uhO ihO EhA Eha Ehu EhU Ehi EhE Ehe OhE OhO
80- 89 EhO

20- 29 OvA Ove eve
30- 39 ave ove uvA uve UvA Uve ivA ive Eve evA
40- 49 Ave avA ovA EvA OvE evE
50- 59 AvA avE ovE uvE UvE ivE EvE Ova Ovo Ovi eva evo evi
60- 69 AvE ava avo avi ova ovo ovi uva uvo uvi Uva Uvo Uvi iva ivo ivi Eva Evo Evi Ovu
 OvO evu evO
70- 79 Ava Avo Avi avu avO ovu ovO uvu uvO Uvu UvO ivu ivO Evu EvO OvU evU
80- 89 Avu AvO avU ovU uvU UvU ivU EvU
90- 99 AvU

60- 69 afi ofi ifi
70- 79 Afo Afi afo afu ofa ofo ofu ofU ofE ofO ufi Ufi ifo ifu Efi Ofi efo efu efi
80- 89 AfA Afa Afu AfU AfE AfO Afe afA afa afU afE afO afe ofA ofe ufo ufu Ufo Ufu ifA
 ifa ifU ifE ifO ife Efo Efu EfU Ofo Ofu efA efa efU efE efO efe
90- 99 ufA ufa ufU ufE ufO ufe UfA Ufa UfU UfE UfO Ufe EfA Efa EfE EfO Efe OfA Ofa OfU
 OfE OfO OfE

30- 39 Azu ozu
40- 49 azu Uzu izu Ezu Ozu ezU
50- 59 AzA Aza Aze ozA oza oze uzu Oze
60- 69 AzU AzO azA aza aze ozU ozO UzA Uza Uze izA iza ize EzA Eza Eze OzA Oza OzU OzO
 ezA eza eze
70- 79 Azo Azi AzE azo azU azi azO ozo ozi ozE uzA uza uze Uzo UzU Uzi UzO izU izO Ezo
 EzU Ezi EzO Ozo Ozi OzE ezo ezU ezO
80- 89 azE uzU uzO UzE izo izi izE EzE ezi ezE
90- 99 uzo uzi uzE

60- 69	asu Usa Uso Usu UsU Usi Use Osa Oso Osu OsU Osi Ose
70- 79	asa aso asU asi ase osa oso osu osU osi ose UsE isa iso isu isU isi ise Esa Eso Esu EsU Esi Ese OsE esa eso esu
80- 89	Asa Aso Asu AsU Asi Ase asE osE usa uso usu UsO isE EsE OsO esU esi ese
90- 99	AsE asO osO usU usi use UsA isO EsO OsA esE esO
100-109	AsO asA osA usE usO isA EsA
110-119	AsA usA esA
70- 79	ucU ucO
80- 89	aca acU acO oca ocU ocO ucA uca uco ucu uce UcU UcO ica icU icO Oca Ocu OcU OcO Oce eca ecU ecO
90- 99	Aca AcU AcO acA acO acu aci ace ocA oco ocu oci oce uci ucE Uca Uca Uco Ucu Uce icA ico icu ici ice Eca EcU EcO OcA Oco Oci OcE ecA eco ecu eci ece
100-109	AcA Aco Acu Aci Ace acE ocE Uci UcE icE EcA Eco Ecu Eci Ece ecE
110-119	AcE EcE
40- 49	AZo aZo uZo iZo OZo
50- 59	AZA AZa AZu AZe aZa aZu aZe uZa uZu uZe UZo iZa iZu iZe EZo OZa OZu OZe eZo
60- 69	AZi AZO aZA aZi aZO uZA uZi uZO UZa UZu UZe iZA iZi iZO EZa EZu EZe OZA OZi OZO eZa eZu eZe
70- 79	oZa oZo oZu oZe UZA UZi UZO EZA EZi EZO eZA eZi eZO
80- 89	AZU AZE aZU aZe oZA oZO uZU uZE iZU iZE OZU OZE
90- 99	oZi UZU UZE EZU EZE eZU eZE
100-109	oZU oZE
70- 79	ASa ASE ASO ASe aSa aSE aSO aSe iSa iSE iSO iSe ESa ESE ESO eSa eSE eSO
80- 89	ASA ASo ASu ASU ASi aSA aSo aSu aSU aSi oSa oSE oSO oSe uSE USa USo USE USO USE iSA iSo iSu iSU iSi ESo ESi ESE OSa OSE OSO eSA eSo eSu eSU eSi eSe
90- 99	oSA oSo oSu oSU oSi uSa uSo uSO uSe USA USu USU USi ESA ESu ESU OSo OSi OSe
100-109	uSA uSu uSU uSi OSA OSu OSU
60- 69	aCa OCa
70- 79	uCa iCa eCa
80- 89	ACa aCA aCo acU aCi oCa uCA uCo uCi UCa ECa OCA OCo OCU OCi
90- 99	ACA aCu aCE oCA oCo oCi uCu uCU uCE UCA UCo UCi iCA iCo iCU iCi OCu OCE OCO eCA eCo eCU eCi
100-109	ACo ACu ACU ACi aCO aCe oCu oCU oCE uCO UCu UCU UCE iCu iCE iCO ECA ECo ECi OCe eCu eCE eCO
110-119	ACE ACO oCO oCe uCe UCO iCe ECu ECU ECE eCe
120-129	ACe UCe ECO ECe
30- 39	ala alo alu ali alO Ola Olo Olu Oli OIO
40- 49	alU alE ale ula ulu uli ulO ila ilo ilu ili iIO Ela Elo Elu Eli EIO OIU OIE Ole ela elo elu eli elO
50- 59	alA ola olo olu oli olO ulA ulU ulE ule Ula Ulo Ulu Uli UIO ilA ilU ilE ile EIA EIU EIE Ele OIA elA elU elE ele
60- 69	olA olU olE ole UIA UIU UIE Ule
70- 79	Ala Alo Alu Ali AIO
80- 89	AIA AIU AIE Ale

10- 19 era eru
20- 29 Ara Aru ara aru ora oru Ura Uru ira iru Era Eru Ora Oru eri
30- 39 ArA Ari Are arA ari are orA ori ore ura uru UrA Uri irA iri ire ErA Eri Ere Ori
 erA ero erU erE erO ere
40- 49 Aro ArU ArE ArO aro arU arE arO oro orU orE orO urA uro uri ure Uro UrU UrE UrO
 Ure iro irU irE irO Ero ErU ErE ErO OrA Oro OrU OrE OrO Ore
50- 59 urU urE urO

A vizsgált mássalhangzók specifikus időtartamai ms-ban CCV kapcsolatokban

b	A	a	o	u	U	i	E	O	e	p	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	80	82	82	75	86	88	85	76	80	b	83	85	75	71	70	67	66	61	81
p	76	77	77	71	81	83	81	72	76	p	86	87	77	74	72	69	69	63	83
d	55	57	57	50	60	63	60	51	55	d	73	75	65	61	60	57	56	51	71
t	52	54	54	47	57	60	57	48	52	t	81	83	73	69	68	65	64	59	79
g	73	75	75	68	79	81	79	70	73	g	73	75	65	61	60	57	56	51	71
k	52	54	54	47	57	59	57	48	52	k	82	84	74	70	69	66	65	60	79
G	72	74	74	67	78	80	77	68	72	G	83	85	75	71	70	67	66	61	81
T	83	85	85	78	89	91	88	79	83	T	83	85	75	71	70	67	66	61	81
m	42	44	44	37	47	49	47	38	42	m	90	92	82	78	77	74	73	68	88
n	62	63	63	57	67	69	67	58	62	n	90	92	82	78	77	74	73	68	88
N	60	62	62	55	66	68	65	57	60	N	83	85	75	71	70	67	66	61	81
j	49	51	51	44	55	57	54	45	49	j	63	65	55	51	50	47	46	41	61
h	77	79	79	72	82	85	82	73	77	h	83	85	75	71	70	67	66	61	81
v	72	74	74	67	77	80	77	68	72	v	92	93	83	80	78	75	74	69	89
f	66	67	67	61	71	73	71	62	66	f	73	75	65	61	60	57	56	51	71
z	71	73	73	66	77	79	76	68	71	z	96	98	88	84	83	80	79	74	94
s	61	63	63	56	66	69	66	57	61	s	83	85	75	71	70	67	66	61	81
c	73	75	75	68	79	81	78	70	73	c	83	85	75	71	70	67	66	61	81
Z	75	77	77	70	80	83	80	71	75	Z	93	95	85	81	80	77	76	71	91
S	76	77	77	71	81	83	81	72	76	S	83	85	75	71	70	67	66	61	81
C	62	64	64	58	68	70	68	59	62	C	65	66	56	53	51	48	48	42	62
l	60	62	62	55	65	68	65	56	60	l	89	91	81	77	76	73	72	67	87
r	87	89	89	82	93	95	92	83	87	r	66	68	58	54	53	50	49	44	64

d	A	a	o	u	U	i	E	O	e	t	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	91	80	78	89	90	76	89	82	91	b	60	50	53	53	59	57	50	59	62
p	81	71	68	79	80	66	80	72	81	p	92	82	84	84	91	89	81	91	94
d	73	62	60	71	72	58	71	64	73	d	92	82	84	84	91	89	81	91	94
t	81	71	68	79	80	66	79	72	81	t	72	62	64	64	71	69	61	71	74
g	80	69	67	78	79	65	78	71	80	g	92	82	84	84	91	89	81	91	94
k	79	69	66	77	78	64	78	70	79	k	90	80	82	82	89	86	79	89	92
G	100	90	87	98	99	85	98	91	100	G	82	72	74	74	81	79	71	81	84
T	78	68	65	76	77	63	77	69	78	T	92	82	84	84	91	89	81	91	94
m	77	67	65	75	77	63	76	69	77	m	82	72	74	74	81	79	71	81	84
n	72	62	59	70	71	57	70	63	72	n	70	60	62	63	69	67	60	69	72
N	73	63	60	71	72	58	71	64	73	N	79	69	72	72	78	76	69	78	81
j	69	59	57	67	69	55	68	61	70	j	92	82	84	84	91	89	81	91	94
h	89	79	77	87	89	75	88	81	89	h	92	82	84	84	91	89	81	91	94
v	78	68	65	76	77	63	76	69	78	v	87	77	79	79	86	84	76	86	89
f	89	78	76	87	88	74	87	80	89	f	78	68	70	71	77	75	68	77	80
z	79	69	67	77	79	65	78	71	79	z	80	69	72	72	78	76	69	79	81
s	75	65	62	73	74	60	73	66	75	s	62	52	54	55	61	59	51	61	64
c	88	77	75	85	87	73	86	79	88	c	92	82	84	84	91	89	81	91	94
Z	69	59	56	67	68	54	67	60	69	Z	82	72	74	74	81	79	71	81	84
S	81	71	69	79	81	67	80	73	82	S	82	72	74	74	81	79	71	81	84
C	88	78	75	86	87	73	87	79	88	C	80	69	72	72	78	76	69	79	81
l	79	68	66	77	78	64	77	70	79	l	92	81	84	84	90	88	81	91	93
r	88	78	75	86	87	73	86	79	88	r	80	70	72	73	79	77	69	79	82

g	A	a	o	u	U	i	E	O	e	k	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	90	79	89	78	89	78	87	98	88	b	55	62	58	57	60	58	50	55	58
p	86	74	85	73	85	74	83	93	83	p	85	92	88	87	90	88	79	85	88
d	68	57	67	56	67	56	65	76	66	d	73	79	76	75	77	75	67	73	76
t	68	57	67	56	67	57	65	76	66	t	70	77	73	73	75	73	65	70	74
g	79	68	78	67	78	67	76	87	77	g	95	92	98	97	90	98	90	95	98
k	61	50	60	49	60	49	58	69	58	k	94	100	97	96	98	96	88	94	97
G	79	68	78	67	78	67	76	87	77	G	84	91	87	87	89	87	79	84	88
T	69	58	68	57	68	57	66	77	67	T	64	71	67	67	69	67	59	64	68
m	80	68	79	67	79	68	77	87	77	m	75	82	78	77	80	78	69	75	78
n	71	60	70	59	70	59	68	79	68	n	65	72	68	67	70	68	60	65	68
N	82	71	81	70	81	70	79	90	80	N	65	72	68	67	70	68	60	65	68
j	67	56	66	55	66	55	64	75	64	j	65	72	68	67	70	68	60	65	68
h	74	62	73	61	73	62	71	82	71	h	75	82	78	77	80	78	69	75	78
v	90	78	89	77	89	78	87	97	87	v	85	92	88	87	90	88	79	85	88
f	66	55	65	54	65	54	63	74	63	f	63	70	66	65	68	66	58	63	66
z	70	59	69	58	69	58	67	78	68	z	85	92	88	87	90	88	79	85	88
s	87	76	86	75	86	75	84	95	85	s	85	92	88	87	90	88	79	85	88
c	85	74	84	73	84	73	82	93	83	c	75	82	78	77	80	78	69	75	78
Z	86	75	85	74	85	74	83	94	84	Z	65	72	68	67	70	68	60	65	68
S	91	79	89	78	90	79	87	98	88	S	75	82	78	77	80	78	69	75	78
C	66	55	65	54	65	54	63	74	64	C	64	71	67	66	69	67	59	64	67
l	88	76	87	75	87	76	85	95	85	l	65	72	68	67	70	68	60	65	68
r	87	76	86	75	86	75	84	95	85	r	74	81	77	77	79	77	69	74	78

G	A	a	o	u	U	i	E	O	e	T	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	94	97	92	91	101	93	84	103	94	b	84	83	75	83	75	83	65	83	64
p	51	54	49	48	57	49	41	60	50	p	85	84	76	85	76	84	66	84	66
d	69	73	67	66	76	68	59	78	69	d	96	95	87	95	87	95	77	95	76
t	61	64	59	58	67	59	51	70	60	t	76	75	67	75	67	75	57	75	57
g	68	71	66	65	74	66	58	77	67	g	86	85	77	85	77	85	67	85	66
k	59	62	57	56	66	57	49	68	58	k	86	85	77	85	77	85	67	85	66
G	80	83	78	77	86	78	70	89	79	G	86	85	77	85	77	85	67	85	66
T	69	72	67	66	76	68	59	78	69	T	86	85	77	85	77	85	67	85	66
m	58	61	56	55	64	56	47	67	57	m	94	93	85	94	85	93	75	93	75
n	58	61	56	55	65	57	48	67	58	n	76	75	67	75	67	75	57	75	57
N	79	82	77	76	85	77	69	88	78	N	86	85	77	85	77	85	67	85	66
j	68	71	66	65	75	67	58	77	68	j	86	85	77	85	77	85	67	85	66
h	70	74	68	67	77	69	60	79	70	h	86	85	77	85	77	85	67	85	66
v	57	60	55	54	63	55	47	66	56	v	86	85	77	85	77	85	67	85	66
f	69	73	67	67	76	68	59	79	69	f	86	85	77	85	77	85	67	85	66
z	60	63	58	57	66	58	49	69	59	z	76	75	67	75	67	75	57	75	57
s	80	83	78	77	87	79	70	89	80	s	76	75	67	75	67	75	57	75	57
c	73	76	71	70	80	71	63	82	72	c	86	85	77	85	77	85	67	85	66
Z	88	91	86	85	94	86	78	97	87	Z	86	85	77	85	77	85	67	85	66
S	68	72	66	66	75	67	58	78	68	S	86	85	77	85	77	85	67	85	66
C	60	63	58	57	66	58	49	69	59	C	86	85	77	85	77	85	67	85	66
l	76	79	74	73	82	74	66	85	75	l	86	85	77	85	77	85	67	85	66
r	71	74	69	68	77	69	61	80	70	r	76	75	67	75	67	75	57	75	57

m	A	a	o	u	U	i	E	O	e	n	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	77	76	77	83	85	73	76	85	86	b	94	85	84	92	92	92	101	100	93
p	55	53	55	61	63	51	53	62	63	p	63	54	53	61	61	61	70	69	62
d	67	65	67	73	75	63	65	74	75	d	78	69	68	76	77	76	86	84	77
t	63	61	62	69	70	59	61	70	71	t	64	54	54	62	62	61	71	70	62
g	73	72	73	79	81	69	72	81	82	g	75	65	65	73	73	72	82	81	73
k	55	53	55	61	63	51	53	62	63	k	66	56	56	64	64	63	73	72	64
G	76	74	76	82	84	72	74	83	84	G	65	56	56	63	64	63	73	71	64
T	73	72	73	79	81	69	72	81	82	T	75	65	65	72	73	72	82	80	73
m	67	66	67	73	75	63	65	75	76	m	76	66	66	74	74	73	83	81	74
n	85	83	85	91	93	81	83	92	93	n	57	47	47	54	55	54	64	62	55
N	55	53	54	60	62	51	53	62	63	N	75	66	65	73	73	73	82	81	74
j	71	70	71	77	79	67	69	78	80	j	64	55	54	62	62	62	71	70	63
h	89	88	89	95	97	85	88	97	98	h	76	67	66	74	74	74	83	82	75
v	74	72	73	80	81	70	72	81	82	v	85	76	75	83	83	83	92	91	84
f	70	68	70	76	78	66	68	77	78	f	65	56	55	63	63	62	72	71	64
z	57	56	57	63	65	53	55	64	65	z	65	56	56	63	64	63	73	71	64
s	73	71	72	79	81	69	71	80	81	s	64	54	54	62	62	61	71	69	62
c	63	62	63	69	71	59	62	71	72	c	72	63	62	70	71	70	80	78	71
Z	72	70	71	78	80	68	70	79	80	Z	80	71	70	78	78	78	87	86	79
S	62	61	62	68	70	58	60	69	71	S	54	44	44	52	52	51	61	60	53
C	75	73	75	81	83	71	73	82	83	C	83	74	73	81	81	81	90	89	82
l	74	73	74	80	82	70	73	82	83	l	64	55	55	62	63	62	72	70	63
r	64	63	64	70	72	60	63	72	73	r	83	74	73	81	81	81	90	89	82

N	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	75	66	72	64	84	81	65	74	74
p	89	80	86	78	98	95	79	88	88
d	88	79	85	77	96	94	78	87	87
t	89	80	86	78	98	95	79	88	88
g	81	71	77	70	89	86	70	79	79
k	74	65	71	63	83	80	64	73	73
G	85	75	81	73	93	90	74	83	83
T	87	78	84	76	95	93	77	86	86
m	74	65	71	63	83	80	64	73	73
n	84	75	81	73	92	89	74	83	83
N	83	74	80	72	92	89	73	82	82
j	64	55	61	53	73	70	54	63	63
h	83	74	80	72	92	89	73	82	82
v	92	83	89	81	101	98	82	91	91
f	80	71	77	69	88	86	70	79	79
z	72	62	68	61	80	77	62	71	71
s	83	74	80	72	91	89	73	82	82
c	87	78	84	76	96	93	77	86	86
Z	74	65	71	63	82	80	64	73	73
S	75	65	71	63	83	80	64	73	73
C	85	76	82	74	94	91	75	84	84
l	84	75	81	73	93	90	74	83	83
r	65	56	62	54	73	70	55	64	64

j	A	a	o	u	U	i	E	O	e	h	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	66	57	74	55	85	66	77	66	57	b	74	74	65	71	72	72	80	83	73
p	70	61	78	59	89	70	81	70	62	p	64	64	55	61	62	62	70	73	63
d	57	48	65	46	76	57	68	57	48	d	74	74	65	71	72	72	80	83	73
t	63	55	72	53	82	63	74	64	55	t	74	74	65	71	72	72	80	83	73
g	74	65	82	63	93	74	85	74	66	g	84	84	75	81	82	82	90	93	83
k	45	37	54	35	64	45	56	46	37	k	72	73	63	70	71	70	78	81	72
G	65	56	73	54	83	65	75	65	56	G	84	84	75	81	82	82	90	93	83
T	71	62	79	60	90	71	82	71	62	T	74	74	65	71	72	72	80	83	73
m	66	57	74	55	85	66	77	66	58	m	74	74	65	71	72	72	80	83	73
n	66	57	74	55	85	66	77	66	58	n	82	82	72	79	80	79	88	91	81
N	72	63	81	62	91	72	83	72	64	N	63	64	54	61	61	61	69	72	63
j	56	47	64	45	74	56	66	56	47	j	64	64	55	61	62	62	70	73	63
h	71	62	79	60	90	71	82	71	62	h	82	82	73	79	80	80	88	91	82
v	54	46	63	44	73	54	65	55	46	v	81	82	72	79	80	79	88	90	81
f	64	55	72	53	83	64	75	64	55	f	63	63	54	60	61	61	69	72	63
z	73	64	81	62	92	73	84	73	65	z	64	64	55	61	62	62	70	73	63
s	63	54	71	52	82	63	74	63	55	s	77	77	68	74	75	75	83	86	76
c	62	53	70	51	81	62	73	62	54	c	60	60	50	57	58	57	66	69	59
Z	63	54	72	53	82	63	74	63	55	Z	74	74	65	71	72	72	80	83	73
S	53	44	61	42	71	53	63	53	44	S	64	64	55	61	62	62	70	73	63
C	81	72	89	70	100	81	92	81	73	C	64	64	54	61	62	61	70	73	63
l	57	48	65	46	75	57	67	57	48	l	74	74	65	71	72	72	80	83	73
r	55	46	63	45	74	55	66	55	47	r	67	67	58	64	65	65	73	76	66

v	A	a	o	u	U	i	E	O	e	f	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	59	76	73	77	75	75	67	83	55	b	88	85	77	79	84	71	84	85	87
p	46	63	60	63	61	62	53	70	42	p	97	94	86	88	93	80	93	94	97
d	41	58	55	59	57	57	49	65	37	d	96	93	85	87	92	80	93	93	96
t	48	65	62	66	64	64	56	72	45	t	92	89	81	83	87	75	88	88	91
g	56	73	70	74	72	72	64	80	52	g	84	81	73	75	79	67	80	80	83
k	66	83	80	84	82	82	74	90	63	k	86	83	75	77	82	70	83	83	86
G	59	76	73	77	75	75	66	83	55	G	96	93	85	87	92	80	93	93	96
T	45	62	59	63	61	61	53	69	41	T	76	73	65	67	72	60	73	73	76
m	50	67	64	68	66	66	58	74	46	m	95	92	84	86	91	78	91	92	94
n	58	75	72	76	74	74	66	82	55	n	93	90	82	84	89	77	90	90	93
N	67	84	81	85	83	83	75	91	63	N	86	83	75	77	82	70	83	83	86
j	41	58	55	59	57	57	49	65	37	j	95	92	84	86	91	78	91	92	94
h	68	85	82	85	83	84	75	92	64	h	96	93	85	87	92	80	93	93	96
v	60	78	74	78	76	76	68	85	57	v	86	83	75	77	82	70	83	83	86
f	59	76	72	76	74	74	66	83	55	f	86	83	75	77	82	69	82	83	85
z	49	66	63	67	65	65	57	73	46	z	96	93	85	87	92	79	92	93	95
s	50	68	64	68	66	66	58	75	47	s	68	65	57	60	64	52	65	65	68
c	57	74	71	75	73	73	65	81	53	c	76	73	65	67	72	60	73	73	76
Z	57	74	70	74	72	72	64	81	53	Z	86	83	75	77	82	70	83	83	86
S	49	66	63	66	64	65	56	73	45	S	74	71	63	65	69	57	70	70	73
C	56	73	69	73	71	71	63	80	52	C	74	71	63	65	70	57	70	71	73
l	50	67	64	68	66	66	58	74	47	l	86	83	75	77	82	70	83	83	86
r	40	57	54	58	56	56	47	64	36	r	86	83	75	77	82	70	83	83	86

z	A	a	o	u	U	i	E	O	e	s	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	81	81	82	81	87	85	81	88	79	b	99	99	97	100	98	99	98	99	91
p	80	79	81	79	86	84	79	86	77	p	89	88	97	100	88	99	88	89	91
d	73	72	74	72	79	77	72	79	70	d	80	79	87	90	78	89	78	79	81
t	72	71	73	71	78	76	71	78	69	t	90	89	97	100	88	99	88	89	91
g	70	69	71	69	76	74	69	76	67	g	88	87	96	99	87	98	87	88	90
k	88	88	89	88	94	92	87	95	86	k	90	89	97	100	88	99	88	89	91
G	78	77	79	77	84	82	77	84	75	G	90	89	97	100	88	99	88	89	91
T	75	74	76	74	81	79	74	82	72	T	98	97	106	100	97	107	96	98	100
m	91	91	92	91	97	95	91	98	89	m	88	87	96	98	87	97	86	87	90
n	71	71	72	71	77	75	70	78	69	n	90	89	97	100	88	99	88	89	91
N	70	69	70	69	76	74	69	76	67	N	90	89	97	100	88	99	88	89	91
j	60	59	61	59	66	64	59	66	57	j	90	89	97	100	88	99	88	89	91
h	84	84	85	84	90	88	84	91	82	h	89	88	96	99	88	98	87	88	90
v	58	57	59	57	64	62	57	64	55	v	90	89	97	100	88	99	88	89	91
f	78	77	79	77	84	82	77	84	75	f	89	88	96	99	87	98	87	88	90
z	49	48	50	48	55	53	48	56	46	z	80	79	88	91	79	89	78	80	82
s	96	96	97	96	102	100	95	103	94	s	90	89	97	100	88	99	88	89	91
c	60	59	61	59	66	64	59	66	57	c	99	98	106	102	98	108	97	98	100
Z	67	67	68	67	73	71	67	74	65	Z	90	89	97	100	88	99	88	89	91
S	89	88	90	88	95	93	88	95	86	S	79	78	86	89	78	88	77	78	80
C	89	89	90	89	95	93	89	96	87	C	90	89	97	100	88	99	88	89	91
l	68	68	69	68	74	72	68	75	66	l	78	77	86	89	77	88	77	78	80
r	82	82	83	82	88	86	81	89	80	r	80	79	87	90	78	89	78	79	81

Z	A	a	o	u	U	i	E	O	e	S	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	91	81	77	84	93	97	95	94	85	b	93	92	92	98	98	99	98	99	99
p	82	72	68	75	94	88	86	85	76	p	93	92	92	98	98	99	98	98	99
d	52	43	39	46	74	58	56	56	47	d	93	92	92	98	98	98	98	98	99
t	82	72	68	75	94	88	86	85	76	t	93	82	82	88	88	90	98	95	89
g	89	80	76	83	91	95	93	93	84	g	93	102	102	108	108	100	98	97	109
k	92	82	78	85	94	98	96	95	86	k	90	90	89	95	96	97	96	98	96
G	92	82	78	85	94	98	96	95	86	G	92	81	80	87	87	88	97	99	88
T	87	78	74	81	89	93	91	91	82	T	93	92	102	102	88	101	98	92	89
m	89	79	75	83	91	95	93	93	84	m	93	82	82	88	88	90	98	99	89
n	82	72	68	75	94	88	86	85	76	n	93	92	92	98	98	99	98	98	99
N	92	82	78	85	93	98	95	95	86	N	93	92	92	98	98	100	98	96	99
j	90	81	77	84	92	96	94	94	85	j	93	82	82	98	88	90	98	99	89
h	90	81	77	84	92	96	94	94	85	h	93	92	92	98	98	100	98	99	99
v	86	77	73	80	98	92	90	90	81	v	93	82	82	98	88	90	98	95	89
f	84	74	70	77	95	90	87	87	78	f	93	72	72	78	78	80	88	90	79
z	82	72	68	75	94	88	86	85	76	z	93	82	82	88	88	90	98	98	89
s	78	68	64	71	89	84	82	81	72	s	93	72	72	78	78	80	88	90	79
c	92	82	78	85	94	98	96	95	86	c	93	82	82	88	88	90	98	99	89
Z	82	72	68	75	94	88	86	85	76	Z	93	82	82	98	98	90	98	99	89
S	99	89	85	92	99	100	102	102	93	S	93	92	92	98	98	100	100	98	99
C	89	79	75	82	91	95	93	92	83	C	95	74	73	79	80	81	90	92	80
l	92	82	78	85	94	98	96	95	86	l	90	80	79	85	86	87	96	98	86
r	72	62	58	65	94	78	76	75	66	r	95	74	74	80	80	82	90	92	81

c	A	a	o	u	U	i	E	O	e	C	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	84	77	84	89	72	87	91	74	82	b	83	78	86	92	90	86	85	91	91
p	94	87	94	99	82	97	101	84	92	p	91	87	95	100	98	94	94	98	99
d	94	87	94	99	82	97	101	84	92	d	81	76	84	90	88	84	83	89	89
t	64	57	64	69	52	67	71	54	62	t	81	77	84	90	88	84	83	90	89
g	82	76	82	88	71	86	89	73	81	g	91	87	95	100	98	94	94	99	99
k	94	87	94	99	82	97	101	84	92	k	81	76	84	90	88	84	83	89	89
G	73	66	73	78	61	76	80	63	71	G	91	87	95	100	98	94	94	98	99
T	94	87	94	99	82	97	101	84	92	T	81	77	85	90	88	84	84	90	89
m	94	87	94	99	82	97	101	84	92	m	81	77	85	90	88	84	84	90	89
n	92	86	92	98	80	95	99	83	90	n	91	87	95	100	98	94	94	100	99
N	93	86	93	98	81	96	100	83	91	N	81	77	85	90	88	84	84	90	89
j	91	85	91	97	79	95	98	82	89	j	91	87	95	100	98	94	94	96	99
h	101	95	101	107	90	105	109	92	100	h	81	77	85	90	88	84	84	90	89
v	81	75	81	87	70	85	89	72	80	v	81	77	85	90	88	84	84	90	89
f	81	75	81	87	70	85	89	72	80	f	71	67	75	80	78	74	74	80	79
z	84	77	84	89	72	87	91	74	82	z	81	77	85	90	88	84	84	90	89
s	94	87	94	99	82	97	101	84	92	s	91	87	95	100	98	94	94	98	99
c	104	97	104	109	92	107	111	94	102	c	79	75	83	88	86	82	82	88	87
Z	94	87	94	99	82	97	101	84	92	Z	81	77	85	90	88	84	84	90	89
S	94	87	94	99	82	97	101	84	92	S	91	87	95	100	98	94	94	98	99
C	93	87	93	99	82	97	100	84	92	C	97	93	100	106	104	100	100	106	98
l	94	87	94	99	82	97	101	84	92	l	91	87	95	100	98	94	94	97	99
r	94	87	94	99	82	97	101	84	92	r	91	87	95	100	98	94	94	96	99

l	A	a	o	u	U	i	E	O	e	r	A	a	o	u	U	i	E	O	e
b	77	66	65	64	74	65	75	64	75	b	59	49	62	47	57	58	59	65	59
p	85	74	73	72	82	73	83	72	83	p	47	36	50	34	45	45	46	53	47
d	88	76	75	75	85	75	86	75	86	d	53	43	57	41	52	52	53	59	54
t	56	45	44	44	53	44	55	44	54	t	53	43	57	41	52	52	53	59	54
g	67	55	54	54	63	54	65	54	64	g	46	35	49	33	44	44	45	52	46
k	71	60	59	58	68	59	69	59	69	k	55	45	58	43	53	54	54	61	55
G	75	63	62	62	71	62	73	62	73	G	40	30	43	28	38	39	40	46	40
T	55	44	43	43	52	43	54	43	53	T	62	51	65	49	60	60	61	68	62
m	69	58	57	57	66	57	67	57	67	m	77	66	80	64	75	75	76	83	77
n	66	55	54	53	63	54	64	53	64	n	58	48	61	46	56	57	58	64	58
N	76	65	64	64	73	64	75	64	74	N	74	64	78	62	73	73	74	80	75
j	79	68	67	67	76	67	78	67	77	j	46	35	49	33	44	44	45	52	46
h	74	62	61	61	70	61	72	61	71	h	45	35	48	33	43	44	45	51	45
v	74	62	61	61	70	61	72	61	71	v	57	46	60	44	55	55	56	63	57
f	71	60	59	59	68	59	70	59	69	f	50	40	53	38	48	49	49	56	50
z	80	68	67	67	76	67	78	67	78	z	48	37	51	35	46	46	47	54	48
s	62	51	50	50	59	50	61	50	60	s	49	39	53	37	47	48	49	55	50
c	79	68	67	66	76	67	77	66	77	c	62	52	66	50	60	61	62	68	63
Z	71	60	59	58	68	59	69	58	69	Z	57	46	60	44	55	55	56	63	57
S	60	48	47	47	56	47	58	47	57	S	66	55	69	53	64	64	65	72	66
C	59	48	47	46	56	47	57	46	57	C	53	42	56	40	51	51	52	59	53
l	69	58	57	57	66	57	68	57	67	l	66	56	70	54	64	65	66	72	67
r	69	57	56	56	65	56	67	56	66	r	58	48	61	46	56	57	58	64	58

A vizsgált mássalhangzók specifikus időtartamainak 10ms-os eloszlási sávjai a bennük szereplő CCV kapcsolat szerint

30-39	mbu mbO
40-49	dbu tbu tbO kbu kbO mbA mba mbo mbU mbi mbE mbe jBA jbu jBO jbe
50-59	dbA dba dbO dbO dbe tBA tba tbo tBU tbi tBE tbe kbA kba kbo kbU kbi kbE kbe nbu nbO Nbu NbO jba jbo jBU jbi jBE sbu sbO Cbu CbO lbu lbO
60-69	dbU dbi dbE gbu gbO Gbu GbO nbA nba nbo nbU nbi nbE nbe NbA Nba Nbo NbU Nbi NbE Nbe vbu vbO fBA fba fbo fbu fbO fbe zbu zBO sbA sba sbo sbU sbi sbE sbe cbu cbO CbA Cba Cbo CbU CbE Cbe lBA lba lbo lbU lbi lBE lbe
70-79	bbu bbO pBA pba pbo pbu pbO pbe gBA gba gbo gbU gbE gbe GbA Gba Gbo GbU GbE Gbe Tbu TbO hBA hba hbo hbu hbO hbe vBA vba vbo vbU vbi vBE vbe fbU fbi fbE zbA zba zbo zbU zbi zbE zbe cbA cba cbo cbU cbE cbe ZbA Zba Zbo Zbu ZbO Zbe SbA Sba Sbo Sbu SbO Sbe Cbi
80-89	bbA bba bbo bbU bbi bbE bbe pbU pbi pbE gbi Gbi TBA Tba Tbo TBU TBE Tbe hbU hbi hbE cbi ZbU Zbi ZbE SbU Sbi SbE rBA rba rbo rbu rBO rbe
90-99	Tbi rbU rbi rbE
40-49	jpi jpE jpO Cpi CpE CpO rpi rpE rpO
50-59	dpi dpE dpO tpO kpO jpo jpu jpU fpi fpE fpO Cpo Cpu CpU rpo rpu rpU
60-69	bpi bpE bpO ppi ppE ppO dpo dpu dpU tpu tpU tpi tpE kpu kpU kpi kpE GpU Gpi GpE GpO Tpi TpE TpO mpO npO Npi NpE NpO jPA jpa jpe hpi hpE hpO vpO fpo fpu fpU spi spE spO cpi cpE cpO Spi SpE SpO CpA Cpa Cpe lpO rPA rpa rpe
70-79	bpo bpu bpU ppo ppu ppU dpA dpa dpe tpo tpe kpo kpe Gpo Gpu Tpo Tpu TpU mpu mpU mpi mpE npu npU npi npE Npo Npu NpU hpo hpu hpU vpu vpU vpi vpE fPA fpa fpe zpE zpO spo spu spU cpo cpu cpU Zpi ZpE ZpO SpO Spu SpU lpu lpU lpi lpE
80-89	bpA bpa bpe ppA ppa ppe tpA tpa kpA kpa GpA Gpa Gpe TpA Tpa Tpe mpo mpe npo npe NpA Npa Npe hpA hpa hpe vpo vpe zpo zpu zpU zpi spA spa spe cpA cpa cpe Zpo Zpu ZpU SpA Spa Spe lpA lpo lpe
90-99	mpA mpa npA npa vpA vpa zPA zpa zpe ZpA Zpa Zpe lpa
150-159	gpU gpi gpE gpO
160-169	gpo gpu
170-179	gpA gpa gpe
50-59	ddo ddi ndo ndi Ndi jda jdo jdi Zda Zdo Zdi
60-69	pdo pdi dda ddO tdo tdi gda gdo gdi kda kdo kdi Tda Tdo Tdi TdO mda mdo mdi mdO nda ndu ndO Nda Ndo NdO jda jdu jdU jDE jDO jde vda vdo vdi vdO zda zdo zdi sda sdo sdi sdO Zda Zdu ZdU ZDE ZDO Zde Sdo Sdi lda ldo ldi ldO
70-79	bdo bdi pda pdu pdE pdO dda ddu ddU ddE dde tda tdu tdE tdO gdA gdu gdU gdE gdO gde kdA kdu kdU kdE kdO kde TdA Tdu TdU TdE Tde mdA mdu mdU mdE mde ndA ndU ndE nde NdA Ndu NdU NdE Nde hda hdo hdi vda vdu vdU vdE vde fda fdo fdi fdO zdA zdu zdU zdE zdO zde sdA sdu sdU sdE sde cda cdo cdi cdO Sda Sdu SdE SdO Cda Cdo Cdi CdO lda ldu ldU lde lde rda rdo rdi rdO
80-89	bda bdu bdU bdE bdO pdA pdU pde tda tdU tde Gda Gdo Gdi hda hdu hdU hdE hdO hde fdA fdu fdU fdE fde cdA cdu cdU cdE cde SdA SdU Sde CdA Cdu CdU CdE Cde rdA rdu rdU rdE rde
90-99	bdA bde GdA Gdu GdU GdE GdO Gde

40- 49 btE
50- 59 bta bto btu btU bti btO ntE sta sto stu sti stE
60- 69 btA bte tta tto ttu tti ttE nta nto ntu ntU nti ntO Nta NtE fta ftE zta ztE stA
 stU stO ste Cta CtE rtE
70- 79 ttA ttU ttO tte kta ktE Gta Gto Gtu Gti GtE mta mto mtu mti mtE ntA nte NtA Nto
 Ntu NtU Nti NtO vta vto vtU vtE ftA fto ftU ftU fti ftO ztA zto ztu ztU zti ztO Zta
 Zto Ztu Zti ZtE Sta Sto Stu Sti StE CtA Cto Ctu CtU Cti CtO rta rto rtu rtU rti rtO
80- 89 pta pto ptu pti ptE dta dto dtu dti dtE gta gto gtu gti gtE ktA kto ktu ktU kti
 ktO GtA GtU GtO Gte Tta Tto Ttu Tti TtE mtA mtU mtO mte Nte jta jto jtu jti jtE hta
 hto htU hti htE vtA vtU vti vtO vte fte zte cta cto ctu cti ctE ZtA ZtU ZtO Zte StA
 StU StO Ste Cte lta lto ltu lti ltE rtA rte
90- 99 ptA ptU ptO pte dtA dtU dtO dte gtA gtU gtO gte kte TtA TtU TtO Tte jtA jtU jtO
 jte htA htU htO hte ctA ctU ctO cte ltA ltU ltO lte

40- 49 kga kgu kgj
50- 59 dga dgu dgi tga tgu tgi kgo kgU kgE kge Tga Tgu Tgi nga ngu ngi jga jgu jgi fga
 fgu fgi zga zgu zgi Cga Cgu Cgi
60- 69 dgA dgo dgU dgE dge tgA tgo tgU tgE tge gga ggu ggi kgA kgO Gga Ggu Ggi TgA Tgo
 TgU TgE Tge mga mgU mgi ngo ngU ngE nge Ngu jgA jgo jgU jgE jge hga hgu hgi fgA fgo
 fgU fgE fge zgo zgU zgE zge CgA Cgo CgU CgE Cge
70- 79 bga bgu bgj pga pgU pgi dgO tgO ggA ggo ggU ggE gge GgA Ggo GgU GgE Gge TgO mgA
 mgo mgU mgE mge ngA ngO Nga Ngi NgE Nge jgO hgA hgo hgU hgE hge vga vgu vgi fgO zga
 zgO sga sgu sgi cga cgu cgi Zga Zgu Zgi Sga Sgu Sgi CgO lga lgu lgi rga rgu rgi
80- 89 bgo bgU bgE bge pgA pgo pgU pgE pge ggO GgO mgO NgA Ngo NgU NgO hgO vgA vgo vgU
 vgE vge sgA sgo sgU sgE sge cgA cgo cgU cgE cge ZgA Zgo ZgU ZgE Zge Sgo SgU SgE Sge
 lgA lgo lgU lgE lge rgA rgo rgU rgE rge
90- 99 bgA bgO pgO vgO sgO cgO ZgO SgA SgO lgO rgO

40- 49 bkE
50- 59 bkA bko bku bkU bki bkO bke Tke nke Nke jke fke Zke Cke lke
60- 69 bka dkE tkE TkA Tko Tku TkU Tki TkO Tke mkE nkA nko nku nkU nki nkO nke NkA Nko
 Nku NkU Nki NkO Nke jkA jko jku jkU jki jkO jke hke fka fka fko fku fkU fki fkO fke
 ckE ZkA Zko Zku ZkU Zki ZkO Zke SkE CkA Cko Cku CkU Cki CkO Cke lka lko lku lkU lki
 lko lke rke
70- 79 pkE dka dka dko dku dkU dki dkO dke tka tka tko tku tkU tki tkO tke GkE Tka mkA
 mko mku mkU mki mkO mke nka Nka jka hka hko hku hkU hki hkO hke vke zke ske ckA cko
 cku ckU cki ckO cke Zka Ska Sko Sku SkU Ski SkO Ske Cka lka rka rko rku rkU rki rkO
 rke
80- 89 pkA pko pku pkU pki pkO pke kke GkA Gko Gku GkU Gki GkO Gke mka hka vka vko vku
 vkU vki vkO vke zka zko zku zki zkO zke skA sko sku skU ski skO ske cka Ska rka
90- 99 pka gke kka kko kku kku kki kko kke Gka vka zka ska
100-109 gkA gko gku gkU gki gko gke kka
110-119 gka

40-49 pGo pGu pGi pGE kGE mGE nGE vGE zGE CGE
50-59 pGA pGa pGU pGO pGe dGE tGo tGu tGi tGE tGe gGE kGA kGo kGu kGi kGe TGE mGA mGo
 mGu mGi mGe nGA nGo nGu nGi nGe jGE vGA vGa vGo vGu vGi vGe fGE zGA zGo zGu zGi zGe
 SGE CGA CGo CGu CGi CGe
60-69 dGA dGo dGu dGi dGe tGA tGa tGU tGO gGA gGo gGu gGi gGe kGA kGU kGO GGE TGA TGo
 TGu TGi TGe mGa mGU mGO nGA nGU nGO NGE jGA jGo jGu jGi jGe hGo hGu hGi hGE hGe vGU
 vGO fGA fGo fGu fGi fGe zGa zGU zGO cGE SGA SGo SGU SGI SGe CGa CGU CGO IGE rGo rGu
 rGi rGE
70-79 dGa dGU dGO gGa gGU gGO GGA GGo GGu GGI GGe TGA TGU TGO NGA NGo NGU NGi NGe jGa
 jGU jGO hGA hGa hGU hGO fGa fGU fGO sGo sGu sGi sGE sGe cGA cGa cGo cGu cGU cGi cGe
 ZGE SGa SGU SGO IGA IGA IGo IGU lGi lGe rGA rGa rGU rGO rGe
80-89 bGE GGa GGU GGO NGa NGU NGO sGA sGa sGU sGO cGO ZGA ZGo ZGu ZGi ZGe IGU IGO
90-99 bGA bGa bGo bGu bGi bGe ZGa ZGU ZGO
100-109 bGU bGO

50-59 tTE tTe nTE nTe zTE zTe sTE sTe rTE rTe
60-69 bTE bTe pTE pTe tTo tTU gTE gTe kTE kTe GTE GTe TTE TTe nTo nTU NTE NTe jTE jTe
 hTE hTe vTE vTe fTE fTe zTo zTU sTo sTU cTE cTe ZTE ZTe STE STe CTE CTe ITE ITe rTo
 rTU
70-79 bTo bTU pTo pTU dTE dTe tTA tTa tTu tTi tTO gTo gTU kTo kTU GTo GTU TTo TTU mTE
 mTe nTA nTa nTu nTi nTO NTO NTU jTo jTU hTo hTU vTo vTU fTo fTU zTA zTa zTu zTi zTO
 sTA sTa sTu sTi sTO cTo cTU ZTo ZTU STo STU CTo CTU lTo lTU rTA rTa rTu rTi rTO
80-89 bTA bTa bTu bTi bTO pTA pTa pTu pTi pTO dTo dTU gTA gTa gTu gTi gTO kTA kTa kTu
 kTi kTO GTA GTa GTu GTi GTO TTA TTa TTu TTi TTO mTo mTU NTA NTa NTu NTi NTO jTA jTa
 jTu jTi jTO hTA hTa hTu hTi hTO vTA vTa vTu vTi vTO fTA fTa fTu fTi fTO cTA cTa cTu
 cTi cTO ZTA ZTa ZTu ZTi ZTO STA STa STu STi STO CTA CTa CTu CTi CTO ITA ITa ITu ITi
 ITO
90-99 dTA dTa dTu dTi dTO mTA mTa mTu mTi mT
 O

50-59 pmA pma pmo pmi pmE tmi kmA kma kmo kmi kmE Nm Nma Nmo Nmi Nm zmA zma zmo zmi
 A E
 zmE cmi Smi
60-69 pmu pmU pmO pme dma dma dmo dmi dmE tma tma tmo tmu tmE gmi kmU kmO kme Tmi
 mm mm mm mmi mm Nmu Nm Nm Nme jma jmi jmE vmi fmA fma fmo fmi fmE zmu zmU zmO
 A a o E U O
 zme smi cmA cma cmo cmu cmE Zmi SmA Sma Smo Smu Sm U SmE Sm O rma rma rmo rmi rme
70-79 bmA bma bmo bmi bmE dmu dmU dmO dme tmU tmO tme gmA gma gmo gmu gmE Gm Gma Gmo
 A
 Gmi Gm TmA Tma Tmo Tmu TmE mm mm mm mm jmA jmo jmu jmU jmO jme vmA vma vmo vmu
 E u U O e
 vmE fmu fmU fmO fme smA sma smo smu smE cmU cmO cme ZmA Zma Zmo Zmu ZmU ZmE Zm SmE
 O
 Cm Cma Cmo Cmi Cm lma lma lmo lmi lmE rmu rmU rmO rme
 A E
80-89 bmu bmU bmO bme gmU gmO gme Gmu Gm Gm Gme TmU Tm Tme nmA nma nmo nmi nmE hmA
 U O
 hma hmo hmi hmE vmU vmO vme smU smO sme Zme Cmu Cm Cm Cme lmu lmu lmo lme
 U O
90-99 nmU nmO nme hmu hmU hmO hme

40- 49 nna nno Sna Sno
50- 59 pna pno tna tno kna kno Gna Gno nnA nnu nnU nni nne jna jno fna fno zna zno sna
sno SnA SnU SnU Sni SnO Sne lna lno
60- 69 pnA pnu pnU pni pnO pne dna dno tnA tnu tnU tni tnO tne gna gno knA knu knU kni
kne GnA Gnu GnU Gni Gne Tna Tno mna mno nnE nnO Nna Nno jnA jnu jnU jni jne hna hno
fnA fnu fnU fni fne znA znu znU zni zne snA snu snU sni snO sne cna cno cni SnE lNA
lnu lnU lni lne
70- 79 pnE dnA dnu dnU dni dne tnE gnA gnu gnU gni gne knE knO GnE GnO TnA Tnu TnU Tni
Tne mnA mnu mnU mni mne NnA Nnu NnU Nni Nne jnE jnO hnA hnu hnU hni hne vna vno fnE
fnO znE znO snE cnA cnu cnU cnE cnO cne Zna Zno Znu ZnU Zni Zne Cna Cno lnE lnO ma
mo
80- 89 bna bno dnE dnO gnE gnO TnE TnO mnE mnO NnE NnO hnE hnO vnA vnu vnU vni vne ZnA
ZnE ZnO CnA Cnu CnU Cni CnO Cne mA rnu rnU rni rno rne
90- 99 bnA bnu bnU bni bne vnE vnO CnE rE
100-109 bnE bnO

50- 59 jNa jNu jNE rNa rNu rNE
60- 69 bNa bNu bNE gNu kNa kNu kNE mNa mNu mN jNA jNo jNi jNO jNe fNu fNE zNa zNo zNu
zNE ZNa ZNu ZNE SNa SNu SNE rNA rNo rNO rNe
70- 79 bNA bNo bNO bNe pNu pNE dNa dNu dNE tNu tNE gNa gNo gNE gNO gNe kNA kNo kNO kNe
GNa GNu GNE TNa Tnu TNE mN mNo mNi mN mNe nNa nNu nNE NNa Nnu NNE jNU hNa hNo hNu
hNE fNa fNo fNO fNe zNA zNi zNO zNe sNa sNo sNu sNE cNa cNu cNE ZNA ZNo ZNi ZNO ZNe
SNA SNo SNO SNe CNa Cnu CNE INa lNu lNE rNU rNi
80- 89 bNU bNi pNA pNa pNo pNO pNe dNA dNo dNO dNe tNA tNa tNo tNO tNe gNA gNU gNi kNU
kNi GNA GNo GN GNe TNA TNo TNO TNe mN nNA nNo nNi nNO nNe NNA NNo Nni NN NNe hNA
hNi hNO hNe vNa vNo vNu vNE fNA fNu fNi zNU sNA sNi sNO sNe cNA cNo cNO cNe ZNU SNU
SNi CNA CNo CN CNe INA lNo lNi lNO lNe
90- 99 pNU pNi dNU dNi tNU tNi GN GNi TNU Tni nNU NNU hNU vNA vNi vNO vNe sNU cNU cNi
CNU Cni lNU
100-109 vNU

30- 39 kja kju kje
40- 49 dja dju dje kJA kji kJO jja jju jje vja vju vje Sja Sju Sje lja lju lje rja rju
rje
50- 59 bja bju bje pju djA dji djO tja tju tje kjo kjE Gja Gju Gje mja mju mje nja nju
nje jJA jji jJO hju vJA vji vJO fja fju fje sja sju sje cja cju cje Zja Zju Zje SJA
Sji SJO lJA lji lJO rJA rji rJO
60- 69 bjA bji bjO pja pje djo djE tjA tji tjO gja gju gje kjU GjA Gji GjO Tja Tju Tje
mjA mji mjO njA nji njO Nja Nju Nje jjo jJE hja hje vjo vJE fjA fji fjO zja zju zje
sjA sji sjO cJA cji cJO ZJA Zji ZJO Sjo SjE ljo lJE rjo rJE
70- 79 bjo bjE pJA pjo pji pjO djU tjo tJE gjA gji gjO Gjo GJE TJA Tjo Tji TJO mjo mjE
njo nJE NJA Nji NJO jJU hJA hjo hji hJO vJU fjo fJE zJA zji zJO sjo sjE cjo cJE Zjo
ZJE SJU Cja Cju Cje lJU rJU
80- 89 bjU pjU pjE tJU gjo gJE GJU TJU TJE mjU nJU Njo NJE hJU hJE fjU zjo zJE sjU cJU
ZJU CJA Cjo Cji CJO
90- 99 gjU NjU zJU CJU CJE

50- 59 pho Nho jho fho zho chA cho chu chU chi che Sho Cho rho
60- 69 bho phA pha phu phU phi phe dho tho kho khu Tho mho NhA Nha Nhu NhU Nhi NhE Nhe
 jhA jha jhu jhU jhi jhe fhA fha fhu fhU fhi fhE fhe zhA zha zhu zhU zhi zhe sho cha
 chE chO Zho ShA Sha Shu ShU Shi She ChA Cha Chu ChU Chi ChE Che lho rhA rha rhu rhU
 rhi rhe
70- 79 bhA bha bhu bhU bhi bhe phE phO dhA dha dhu dhU dhi dhe thA tha thu thU thi the
 gho khA kha khU khi khE khe Gho ThA Tha Thu ThU Thi The mhA mha mhu mhU mhi mhe rho
 nhu nhU nhi NhO jhE jhO hho hhu hhi vho vhu vhU vhi fhO zhE zhO shA sha shu shU shi
 she ZhA Zha Zhu ZhU Zhi Zhe ShE ShO ChO lha lha lhu lhU lhi lhe rhE rhO
80- 89 bhE bhO dhE dhO thE thO ghA gha ghu ghU ghi ghE ghe khO GhA Gha Ghu GhU Ghi GhE
 Ghe ThE ThO mhE mhO nhA nha nhE nhe hhA hha hhU hhE hhe vhA vha vhe vhe shE shO ZhE
 ZhO lhE lhO
90- 99 ghO GhO nhO hhO vhO

30- 39 dve jve rvA rve
40- 49 pvA pve dvA dvE tvA tve TvA Tve mve jvA jvE zvA zve sve SvA Sve lve rvE
50- 59 bvA bve pvo pvE dva dvo dvu dvU dvi tvE gvA gve GvA Gve Tvo TvE mvA mvE nvA nve
 jva jvo jvu jvU jvi vve fvA fve zve svA svE cvA cve ZvA Zve SvE CvA Cve lvA lve rva
 rvo rvu rvU rvi
60- 69 bvE pva pvu pvU pvi pvO dvO tva tvo tvu tvU tvi gvo gvE kvA kve GvE Tva Tvu TvU
 Tvi TvO mva mvo mvu mvU mvi nvE NvA Nve jvO hvA hve vvA vvE fvE zva zvo zvU zvU zvi
 sva svo svu svU svi cvE ZvE Sva Svo SvU SvU Svi Cvo CvE lva lvo lvu lvU lvi rvO
70- 79 bva bvo bvU bvU bvi tvO gva gvu gvU gvi kvE Gva Gvo Gvu GvU Gvi mvO nva nvo nvu
 nvU nvi NvE hvE vva vvo vvu vvU vvi fva fvo fvu fvU fvi zvO svO cva cvo cvu cvU cvi
 Zva Zvo Zvu ZvU Zvi SvO Cva Cvu CvU Cvi CvO lvO
80- 89 bvO gvO kva kvo kvu kvU kvi GvO nvO Nva Nvo Nvu NvU Nvi hva hvo hvu hvU hvi vO
 fvO cvO ZvO
90- 99 kvO NvO hvO

50- 59 Tfi sfo sfu sfi cfi Sfi Cfi
60- 69 gfi kfi Tfo Tfu Nfi vfi ffi sfA sfa sfU sfE sfO sfe cfo cfu Zfi Sfo Sfu SfU Cfo
 Cfu CfU lfi rfi
70- 79 bfo bfu bfi dfi tfi gfo gfu gfU kfo kfu Gfi Tfa Tfa TfU Tfe TfO Tfe mfi nfi Nfo
 Nfu jfi hfi vfo vfu ffo ffu zfi cfa cfa cfU cfE cfO cfe Zfo Zfu Sfa Sfa Sfe SfO Sfe
 CfA Cfa Cfe CfO Cfe lfo lfu rfo rfu
80- 89 bfA bfa bfU bfE bfO bfe pfo pfu pfi dfo dfu tfa tfo tfu tfU tfe tfO gfA gfa gfE
 gfO gfe kfA kfa kfU kfE kfO kfe Gfo Gfu mfo mfu nfo nfu nfU nfe Nfa Nfa Nfu Nfe Nfo
 Nfe jfo jfu hfo hfu vfa vfa vfU vfe vfO vfe ffa ffa ffU ffe ffo ffe zfo zfu Zfa Zfa
 ZfU Zfe Zfo Zfe lfa lfa lfU lfe lfO lfe rfa rfa rfU rfe rfO rfe
90- 99 pfA pfa pfU pfE pfO pfe dfA dfa dfU dfE dfO dfe tfa tfe Gfa Gfa Gfu Gfe Gfo Gfe
 mfA mfa mfU mfe mfO mfe nfa nfa nfO nfe jfa jfa jfu jfe jfo jfe hfa hfa hfU hfe hfO
 hfe zfa zfa zfU zfe zfO zfe

40-49 zzA zza zzo zzu zzE zze
50-59 jzA jza jzu jzE jze vzA vza vzo vzu vzE vze zzU zzi zzO czA cza czu czE cze
60-69 tze gZA gza gzu gzE gze nze NzA Nza Nzu NZE Nze jzo jzU jzi jzO vzU vzi vzO czo
 czU czi czO ZzA Zza Zzo Zzu ZzE Zze lZA lza lzo lzu lZE lze
70-79 bze pZA pza pzu pZE pze dZA dza dzo dzu dzU dzi dZE dzO dze tZA tza tzo tzu tzU
 tzi tZE tZO gzo gzU gzi gzO GZA Gza Gzo Gzu GzE Gze TZA Tza Tzo Tzu Tzi TZE Tze nzA
 nza nzo nzu nzU nzi nZE nZO Nzo NzU Nzi NzO fZA fza fzo fzu fZE fze ZzU Zzi Zzo lzu
 lzi lzO rze
80-89 bzA bza bzo bzu bzU bzi bzE bzO pzo pzU pzi pzO kZA kza kzo kzu kZE kze GzU Gzi
 GzO TzU Tzo mze hZA hza hzo hzu hzi hZE hze fzU fzi fzO SzA Sza Szo Szu SzE Sze CzA
 Cza Czu CzE Cze rZA rza rzo rzu rzU rzi rZE rzO
90-99 kzU kzi kzO mZA mza mzo mzu mzU mzi mZE mZO hZU hZO sZA sza szo szu szE sze SzU
 Szi SzO Czo CzU Czi CzO
100-109 szU szi szO

70-79 fsa fso fsu fsU fsi fse ssa sso ssu ssU ssi sse Csa Cso Csu CsU lsa lso rsa rso
 rsu
80-89 tsa tso tsu tsU tsi tse ksa kso Gsa Gso Gsu GsU Gsi Gse Tsa Tso Tsu TsU Tsi Tse
 msa msO msu msU msi mse jsa jso jsu jsU jsi jse vsa vso vsu vsU vsi vse fsE zsa zso
 zsu zsU zsi zse ssE csa cso csu csU csi cse Zsa Zso Zsu ZsU Zsi Zse Csi CsE Cse lsu
 lsU lsi lse rsU rsi rse
90-99 bsa bso bsu bsU bsi bse psa psO psu psU psi pse dsa dso dsu dsU dsi dse tsE ksu
 ksU ksi kse GsE GsO TsE msE nsa nso nsu nsU nsi nse Nsa Nso Nsu nsU Nsi Nse jsE hsa
 hso hsu hsU hsi hse vsE fsA fsO zsE ssA ssO csE ZsE Ssa Sso Ssu SsU Ssi Sse CsA CsO
 lsE lsO rSA rSE rsO
100-109 bsE psE dsE tsA tsO gsa gso gsu gsU gsi gse ksE ksO GsA TsA TsO msA msO nsE NsE
 jsA jsO hsE vsA vsO zsA zsO csA csO ZsA ZsO SsE lsA gsA gsO
 bsA bsO psA psO dsA dsO gsE ksA nsA nsO NsA NsO hsA hsO SsA SsO

30-39 dZo
40-49 dZA dZu dZe
50-59 dZA dZi dZE dZO rZo
60-69 pZo tZo nZo fZo zZo sZA sZo ZZo rZA rZu rZe
70-79 bZo pZA pZu pZE dZU tZA tZu tZE gZA gZo kZO GZO TZA TZO mZA mZO nZA nZu nZE NZo
 jZo hZo vZA vZO vZu fZA fZu fZE zZA zZu zZE sZA sZu sZE cZO ZZA ZZU ZZE CZA CZo lZo
 rZA rZi rZE rZO
80-89 bZA bZu bZE pZA pZi pZE pZO tZA tZi tZE tZO gZA gZu gZE kZA kZu kZE GZA GZu GZE
 TZA TZu TZE mZA mZu mZE nZA nZi nZE nZO NZa NZu NZe jZA jZu jZE hZA hZu hZE vZA vZE
 vZO vZE fZA fZi fZE fZO zZA zZi zZE zZO sZi sZE sZO cZA cZu cZE ZZA ZZi ZZE ZZO SZa
 SZo CZA CZu CZe lZA lZu lZe
90-99 bZA bZi bZE bZO gZi gZE gZO kZA kZi kZE kZO GZA GZi GZE GZO TZi TZE TZO mZi mZE
 mZO NZA NZi NZE NZO jZA jZi jZE jZO hZA hZi hZE hZO vZi sZU cZA cZi cZE cZO SZa SZu
 SZe CZi CZE CZO lZA lZi lZE lZO rZU
100-109 pZU tZU TZU nZU vZU fZU zZU ZZU SZi SZE SZO hZU cZU CZU lZU
 bZU gZU kZU GZU mZU NZU jZU SZU

70-79 dSA dSa dSU dSE dSO zSa zSU zSE zSO SSA SSa SSU SSE SSO ISA ISa ISU ISE ISO ISe
 rSA rSa rSU rSE rSO sSu
80-89 pSA pSa pSU pSE pSO dSo dSi dSe tSA tSa tSU tSE tSO gSA gSa gSU gSE gSO gSe kSA
 kSa kSU kSE kSO GSA GSa GSU GSE GS O mSA mSa mS mSE mS mSe nSA nSa nSU nSE nSO NSA
 NSa NSU NSE NSO jSA jSa jSU jSE jSO hSA hSa hSU hSE hSO vSA vSa vSU vSE vSO fSA fSa
 fSU fSE fSO zSA zSo zSi zSe sSA sSa sSU sSE sSO ZSA ZSa ZSU ZSE ZSO SSo SSu SSi SSe
 CSA CSa CSU CSE CSO lSo lSu lSi rSo rSi rSe cSo cSu cSe
90-99 bSA bSa bSU bSE bSO pSo pSu pSi pSe dSu tSo tSi tSe gSo gSu gSi kSo kSi kSe GSo
 GSu GSi GSe TSA TSa TSU TSE TSO TSe mSo mSu mSi nSo nSi nSe NSo NSi NSe jSo jSi jSe
 hSo hSu hSi hSe vSo vSi vSe fSo fSu fSi fSe zSu sSo sSi sSe cSA cSa cSU cSE cSO ZSo
 ZSi ZSe CSO cSi cSe rSu bSo bSi bSe kSu NSu jSu vSu cSi ZSu CSu bSu nSu
100-109 TSo TSu TSi

50-59 tca tcU tcO
60-69 tcA tco tcu tci tce Gca GcU GcO vcU fcU
70-79 bca bcU bcO tcE gca gcU gcO GcA Gco Gcu Gci GcE Gce jcU vca vcO vce fca fcO fce
 zca zcU zcO
80-89 bcA bco bcu bci bce pca pcU pcO dca dcU dcO gcA gco gcu gci gcE gce kca kcU kcO
 Tca TcU TcO mca mcU mcO nca ncU ncO Nca NcU NcO jca jcO jce hcU vcA vco vcu vci vcE
 fcA fco fcu fci fcE zcA zco zcu zci zce sca scU scO Zca ZcU ZcO Sca ScU ScO Cca CcU
 CcO lca lcU lcO rca rcU rcO
90-99 bcE pcA pco pcu pci pce dcA dco dcu dci dce kcA kco kcu kci kce TcA Tco Tcu Tci
 Tce mcA mco mcu mci mce nca nco ncu nci ncE nce NcA Nco Ncu Nci NcE Nce jcA jco jcu
 jci jcE hca hcO hce zcE sca sco scu sci sce cca ccU ccO ZcA Zco Zcu Zci Zce ScA Sco
 Scu Sci Sce CcA Cco Ccu Cci Cce lCA lco lcu lci lce rcA rco rcu rci rce
100-109 pcE dcE kcE TcE mcE hcA hco hcu hci hcE scE ccA cco ccu cci cce ZcE ScE CcE lcE rcE
110-119 ccE

60-69 fCa
70-79 bCa dCa tCa kCa TCa mCa NCa hCa vCa fCA fCo fCU fCi fCE fCO fCe zCa cCA cCa ZCa
80-89 bCA bCo bCU bCi bCE pCa dCA dCo dCu dCU dCi dCE dCO dCe tCA tCo tCu tCU tCi tCE
 tCO tCe gCa kCA kCo kCu kCU kCi kCE kCO kCe GCa TCA TCo TCU TCi TCE TCO TCe mCA mCo
 mCU mCi mCE mCO mCe nCa NCA NCo NCU NCi NCE NCO Nce jCa hCA hCo hCU hCi hCE hCO hCe
 vCA vCo vCU vCi vCE vCO vCe fCu zCA zCo zCU zCi zCE zCO zCe sCa cCo cCu cCU cCi cCE
 cCO cCe ZCA ZCo ZCU ZCi ZCE ZCO ZCe SCa lCa rCa
90-99 bCu bCO bCe pCA pCo pCU pCi pCE pCO pCe gCA gCo gCU gCi gCE gCO gCe GCA GCo GCU
 GCi GCE GCO GCE TCu mCu nCA nCo nCU nCi nCE nCO nCe NCu jCA jCo jCU jCi jCE jCO jCe
 hCu vCu zCu sCA sCo sCU sCi sCE sCO sCe ZCu SCA SCo SCU SCi SCE SCO SCo CCA CCA CCE
 ICA lCo lCU lCi lCE lCO lCe rCA rCo rCU rCi rCE rCO rCe
100-109 pCu gCu GCu nCu jCu sCu SCu CCo CCu CCU CCi CCo CCe lCu rCu

40- 49	tla	tlo	tlu	tli	tlO	Tla	Tlo	Tlu	Tli	TIO	slu	slo	Sla	Slo	Slu	Sli	SIO	Cla	Clo	Clu	Cli	CIO																																																			
50- 59	tlA	tlU	tlE	tle	glA	glo	glU	gli	glO	kla	klo	klU	kli	klO	TIA	TIU	TIE	Tle	mIA	mlo	mlU	mli	mIO	nIA	nlo	nlu	nli	nIO	flo	flu	fli	fIO	sla	slo	sIU	sli	ZIA	Zlo	Zlu	Zli	ZIO	SIA	SIU	SIE	Ste	CIA	CIU	CIE	Cle	lla	llo	llu	lli	lIO	rla	rlo	rlU	rli	rIO														
60- 69	blA	blo	blU	bli	blO	glA	glU	glE	gle	klU	klE	kle	Gla	Glo	Glu	Gli	GIO	mIA	mIU	mIE	mle	nIA	nIU	nIE	nle	NIA	NIO	Nlu	Nli	NIO	jlA	jlo	jlu	jli	jIO	hIA	hlo	hlu	hli	hIO	vIA	vlo	vlu	vli	vIO	flA	flU	flE	fle	zIA	zlo	zlu	zli	zIO	sIA	sIE	sle	clA	clo	clu	cli	clO	ZIU	ZIE	Zle	lIA	lIU	lIE	lle	rlA	rlU	rlE	rlE
70- 79	blA	blU	blE	ble	plA	plo	plU	pli	plO	dIA	dlo	dlu	dli	dIO	klA	glA	glU	glE	Gle	NIA	NIU	NIE	Nle	jlA	jlU	jlE	jle	hlA	hlU	hlE	hle	vlA	vlU	vlE	vle	flA	zIA	zIU	zIE	zle	clA	clU	clE	cle	ZIA																												
80- 89	plA	plU	plE	ple	dlA	dlU	dlE	dle																																																																	

20- 29	Gra	Gru																																																																						
30- 39	pra	pru	gra	gru	GrU	Gri	GrE	ja	ju	hra	hru	fra	fru	zra	zru	sra	sru																																																							
40- 49	bra	bru	prA	prU	pri	prE	pre	dra	dru	tra	tru	grA	gro	grU	gri	grE	gre	kra	kru	GrA	Gro	GrO	Gre	Tru	nra	nru	jrA	jro	jrU	jri	jrE	jre	hrA	hro	hrU	hri	hrE	hre	vra	vru	frA	frU	fri	frE	zrA	zrU	zri	zrE	zre	srA	srU	sri	srE	sre	cru	Zra	Zru	Cra	Cru	rra	rru											
50- 59	brA	brU	bri	brE	bre	pro	prO	drA	dro	drU	dri	drE	drO	dre	trA	tro	trU	tri	trE	trO	tre	grO	krA	kro	krU	kri	krE	kre	Tra	TrU	nrA	nrU	nri	nrE	nre	jrO	hrO	vrA	vro	vrU	vri	vrE	vre	fro	frO	fre	zro	zrO	sro	srO	cra	ZrA	ZrU	Zri	ZrE	Zre	Sra	Sru	CrA	Cro	CrU	Cri	CrE	CrO	Cre	lra	lru	rrA	rrU	rri	rrE	rre
60- 69	bro	brO	krO	TrA	Tro	Tri	TrE	TrO	Tre	mra	mru	nro	nrO	Nra	Nru	vrO	crA	cro	crU	cri	crE	crO	cre	Zro	ZrO	SrA	Sro	SrU	Sri	SrE	Sre	lrA	lro	lrU	lri	lrE	lre	rro	rrO																																	
70- 79	mrA	mrU	mri	mrE	mre	NrA	Nro	NrU	Nri	NrE	Nre	SrO	lrO																																																											
80- 89	mro	mrO	NrO																																																																					

b	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	I	r
A	87	79	71	78	78	76	80	69	59	71	89	69	79	68	69	68	76	89	76	79	73	67	79
a	88	80	72	80	79	77	81	70	60	72	90	70	80	69	70	77	90	77	80	74	68	80	
o	93	85	77	85	84	82	86	75	65	77	95	75	85	74	75	75	82	95	82	85	79	73	85
u	96	88	80	88	87	85	89	78	68	80	98	78	88	78	78	78	85	98	85	88	82	76	88
U	87	79	71	79	78	76	80	69	59	71	89	69	79	69	69	69	76	89	76	79	73	67	79
i	93	85	77	85	84	82	86	75	65	77	95	75	85	75	75	75	82	95	82	85	79	73	85
E	86	78	70	78	77	75	79	68	58	70	88	68	78	68	68	68	75	88	75	78	72	66	78
O	86	78	70	78	77	75	79	68	58	71	88	68	78	68	68	68	75	88	75	78	72	66	78
e	95	87	79	86	86	84	88	77	67	79	97	77	87	76	77	76	84	97	84	87	81	75	87

p	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	I	r
A	70	70	60	69	61	60	50	60	70	84	85	76	60	82	80	70	57	69	84	50	80	61	73
a	73	73	63	72	64	63	53	63	74	88	88	79	63	86	83	73	61	72	88	53	83	64	77
o	80	80	70	79	71	70	60	70	80	94	95	86	70	92	90	80	67	79	94	60	90	71	83
u	70	70	60	69	61	60	50	60	70	84	85	76	60	82	80	70	57	69	84	50	80	61	73
U	77	77	67	77	69	67	57	67	78	92	93	83	67	90	87	77	65	76	92	57	87	69	81
i	70	70	60	69	61	60	50	60	70	84	85	76	60	82	80	70	57	69	84	50	80	61	73
E	77	77	67	76	68	67	57	67	77	91	92	83	67	89	87	77	64	76	91	57	87	68	80
O	73	73	63	72	64	63	53	63	74	88	88	79	63	86	83	73	61	72	88	53	83	64	77
e	79	79	69	78	70	69	59	69	79	93	94	85	69	91	89	79	66	78	93	59	89	70	82

d	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	I	r
A	82	92	72	80	79	91	83	80	93	86	83	84	82	80	91	81	92	89	72	72	82	87	91
a	69	78	59	67	66	78	69	67	80	73	70	71	68	67	78	68	78	76	59	58	68	73	78
o	77	86	67	74	73	86	77	75	87	81	77	79	76	75	85	76	86	83	67	66	76	81	85
u	78	87	68	76	75	87	78	76	89	82	78	80	77	76	86	77	87	84	68	67	77	82	86
U	76	85	66	73	72	85	76	74	86	80	76	78	75	74	84	75	85	82	66	65	75	80	84
i	75	85	65	73	72	84	76	73	86	79	76	77	75	73	84	74	85	82	65	65	75	80	84
E	80	89	70	78	77	89	80	78	91	84	80	82	79	78	88	79	89	86	70	69	79	84	88
O	79	88	69	77	76	88	80	77	90	83	80	81	78	77	88	78	88	86	69	68	78	84	88
e	79	88	69	77	75	88	79	77	90	83	79	81	78	77	87	78	88	85	69	68	78	83	87

t	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	I	r
A	69	68	69	98	64	68	67	68	68	64	63	66	58	66	70	66	68	68	66	58	68	68	70
a	80	79	79	109	74	79	77	79	78	74	74	77	69	76	81	77	79	79	76	69	79	79	80
o	93	92	92	121	87	92	90	92	91	87	87	90	82	89	94	90	92	92	89	82	92	92	93
u	71	70	70	100	65	70	68	70	69	65	65	68	60	67	72	68	70	70	67	60	70	70	71
U	89	88	89	118	83	88	87	88	87	84	83	86	78	86	90	86	88	88	85	78	88	88	90
i	80	79	80	109	75	79	78	79	79	75	74	77	69	77	81	77	79	79	77	69	79	79	81
E	68	67	67	97	62	67	65	67	66	62	62	65	57	64	69	65	67	67	64	57	67	67	68
O	79	78	79	108	73	78	77	78	77	74	73	76	68	76	80	76	78	78	75	68	78	78	80
e	87	86	87	116	82	86	85	86	86	82	81	84	76	84	88	84	86	86	84	76	86	86	88

g	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	72	62	83	70	62	32	75	42	69	72	67	62	50	61	41	58	52	72	70	60	52	42	60
a	77	68	88	75	68	38	81	48	74	77	73	67	55	66	47	63	58	77	75	66	58	48	66
o	79	69	90	77	69	39	82	49	76	79	74	69	57	68	49	65	59	79	77	67	59	49	68
u	80	71	91	78	71	41	84	51	77	80	76	70	58	69	50	66	61	80	78	69	61	51	69
U	69	60	80	68	60	30	73	40	66	70	65	59	47	59	39	56	50	69	67	58	50	40	58
i	69	59	80	67	59	29	72	39	66	69	64	59	47	58	38	55	49	69	67	57	49	39	58
E	80	71	91	79	71	41	84	51	77	80	76	70	58	69	50	66	61	80	78	69	61	51	69
O	77	67	88	75	67	37	80	47	74	77	72	67	55	66	46	63	57	77	75	65	57	47	65
e	79	70	90	78	70	40	83	50	76	79	75	69	57	68	49	65	60	79	77	68	60	50	68

k	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	94	90	90	80	73	70	89	80	85	99	99	99	80	80	89	72	70	80	80	70	90	99	80
a	84	80	80	70	63	60	79	70	75	89	89	89	70	70	79	62	60	70	70	60	80	89	70
o	73	69	69	59	52	49	68	59	64	78	78	78	59	59	68	51	49	59	59	49	69	78	60
u	76	72	72	62	55	52	71	62	67	81	81	81	62	62	71	54	52	62	62	52	72	81	62
U	78	73	73	63	56	53	73	63	68	82	82	83	64	63	73	55	53	63	63	53	73	82	64
i	84	80	80	70	63	60	79	70	74	89	89	89	70	70	79	61	60	70	70	60	80	89	70
E	85	81	81	71	64	61	80	71	76	90	90	90	71	71	80	63	61	71	71	61	81	90	71
O	84	79	79	69	62	59	79	69	74	88	88	89	70	70	79	61	59	69	69	59	79	88	70
e	74	70	70	60	53	50	69	60	65	79	79	79	60	60	69	52	50	60	60	50	70	79	60

G	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	83	88	58	88	86	78	88	88	86	87	87	88	78	66	78	76	88	85	85	78	68	76	104
a	82	87	57	87	84	76	87	87	84	86	86	86	77	65	77	74	87	84	84	77	67	74	103
o	94	98	68	98	96	88	98	98	96	97	97	98	88	77	88	86	98	95	96	88	78	86	115
u	83	88	58	88	85	77	88	88	85	87	87	87	78	66	78	75	88	85	85	78	68	75	104
U	82	86	56	86	84	76	86	86	84	85	85	86	76	65	76	74	86	83	83	76	66	74	103
i	83	88	58	88	86	77	88	88	86	87	87	88	78	66	78	75	88	85	85	78	68	76	104
E	86	90	60	90	88	80	90	90	88	89	89	90	80	69	80	78	90	87	87	80	70	78	107
O	84	89	59	89	87	79	89	89	87	88	88	89	79	68	79	77	89	86	86	79	69	77	106
e	79	84	54	84	82	73	84	84	82	83	83	84	74	62	74	72	84	81	81	74	64	72	100

T	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	76	87	68	67	96	87	87	77	87	71	87	93	76	85	87	93	77	77	87	67	67	92	84
a	79	90	71	70	99	89	90	80	90	74	89	96	79	88	89	95	80	80	90	70	70	95	86
o	69	80	61	60	89	79	80	70	80	64	80	86	69	78	79	85	70	70	80	60	60	85	77
u	81	92	73	72	101	92	92	82	92	76	92	98	81	90	92	98	82	82	92	72	72	97	89
U	59	70	51	50	79	69	70	60	70	54	69	76	59	68	69	75	60	60	70	50	50	75	66
i	69	80	61	60	89	79	80	70	80	64	80	86	69	78	79	85	70	70	80	60	60	85	77
E	68	79	60	59	88	79	79	69	79	63	79	85	68	77	79	85	69	69	79	59	59	84	76
O	79	90	71	70	99	89	90	80	90	74	90	96	79	88	89	95	80	80	90	70	70	95	87
e	78	89	70	69	99	89	89	79	89	74	89	96	78	88	89	95	79	79	89	69	69	94	86

m	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	80	79	81	90	83	80	90	89	71	88	79	71	88	80	86	87	89	89	79	80	81	69	53
a	83	82	84	93	85	83	93	92	74	91	82	74	91	83	89	90	92	92	82	82	84	72	56
o	83	82	84	93	85	82	93	92	74	91	82	74	91	82	89	90	92	91	82	82	84	72	56
u	73	73	74	83	76	73	83	82	65	81	72	64	81	73	79	80	83	82	73	73	74	62	46
U	91	91	93	102	94	91	102	101	83	100	91	83	100	91	98	99	101	100	91	91	93	81	64
i	78	78	80	89	81	78	89	88	70	87	78	70	87	78	84	85	88	87	78	78	79	68	51
E	85	85	87	96	88	85	96	95	77	94	85	77	94	85	91	93	95	94	85	85	86	75	58
O	83	82	84	93	85	82	93	92	74	91	82	74	91	82	89	90	92	91	82	82	84	72	56
e	83	83	85	94	86	83	94	93	75	92	83	75	92	83	89	90	93	92	83	83	84	73	56

n	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	73	83	67	75	87	65	76	82	46	53	83	56	63	54	76	82	73	84	81	83	73	44	65
a	72	83	66	75	86	64	75	82	46	53	82	56	62	54	75	81	72	83	81	83	72	44	65
o	73	83	67	75	87	65	76	82	46	53	83	56	63	54	76	82	73	84	82	83	73	45	65
u	72	83	66	75	86	64	75	81	45	52	82	55	62	54	75	81	72	83	81	83	72	44	64
U	81	92	75	84	96	74	84	91	55	62	92	65	72	63	84	91	81	93	90	92	82	53	74
i	82	93	76	85	96	74	85	92	56	63	92	65	72	64	85	91	82	93	91	93	82	54	75
E	74	84	68	76	88	66	77	83	47	54	84	57	64	55	77	83	74	85	83	84	74	46	66
O	72	83	66	75	86	64	75	81	45	52	82	55	62	54	75	81	72	83	81	83	72	44	64
e	82	92	76	84	96	74	85	91	55	62	92	65	72	63	85	91	82	93	90	92	82	53	74

N	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	83	92	92	82	84	83	84	101	82	82	73	91	82	90	83	90	82	92	81	91	83	74	71
a	65	74	74	64	66	65	66	83	64	64	55	74	64	72	65	72	65	74	63	73	65	57	54
o	73	82	82	72	74	73	74	91	72	72	63	82	72	80	73	80	73	83	71	81	73	65	62
u	91	99	99	90	92	90	92	109	90	90	81	99	90	98	91	98	90	100	89	99	91	82	79
U	90	99	99	89	91	90	91	108	89	90	80	99	90	97	91	97	90	100	89	98	91	82	79
i	73	81	81	71	73	72	73	90	71	72	63	81	72	79	73	79	72	82	71	80	73	64	61
E	74	82	82	73	75	73	75	92	73	73	64	82	73	81	74	81	73	83	72	82	74	65	62
O	82	91	91	81	83	82	83	100	81	81	72	91	82	89	82	89	82	92	80	90	83	74	71
e	83	91	91	82	83	82	83	100	82	82	73	91	82	90	83	90	82	92	81	91	83	74	71

j	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	55	57	39	47	47	50	48	58	40	37	55	47	58	48	46	57	58	59	46	49	49	48	56
a	72	74	56	64	64	67	65	75	58	54	72	64	75	65	63	75	75	77	63	67	66	65	73
o	54	57	38	46	47	49	48	58	40	37	55	46	58	48	46	57	58	59	46	49	49	48	56
u	91	93	75	83	83	86	85	94	77	73	91	83	94	85	83	94	94	96	82	86	85	84	93
U	82	85	66	74	74	77	76	86	68	64	82	74	86	76	74	85	85	87	74	77	77	75	84
i	63	66	48	56	56	59	57	67	49	46	64	55	67	57	55	66	67	68	55	58	58	57	65
E	63	65	47	55	55	58	57	67	49	45	63	55	66	57	55	66	66	68	55	58	58	56	65
O	62	65	46	54	55	58	56	66	48	45	63	54	66	56	54	65	66	67	54	57	57	56	64
e	54	57	38	46	47	49	48	58	40	37	55	46	58	48	46	57	58	59	46	49	49	48	56

h	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	96	98	95	99	109	99	99	109	105	88	99	96	89	90	97	87	99	99	88	98	97	106	107
a	87	89	85	90	100	90	90	100	96	79	90	87	80	81	88	78	90	90	78	88	88	97	98
o	97	99	96	100	110	100	100	110	106	89	100	97	90	91	98	88	100	100	89	99	98	107	108
u	98	100	96	101	111	101	101	111	107	90	101	97	91	92	99	88	101	101	89	99	99	107	108
U	92	94	90	95	105	95	95	105	101	84	95	92	85	86	93	83	95	95	83	93	93	101	103
i	95	97	94	98	108	98	98	108	104	87	98	95	88	89	96	86	98	98	86	96	96	105	106
E	106	108	104	109	119	109	109	119	115	98	109	105	99	100	107	97	109	109	97	107	107	115	117
O	100	102	98	103	113	103	103	113	109	92	103	99	93	94	101	90	103	103	91	101	101	109	110
e	84	87	83	87	97	87	87	97	94	76	87	84	77	79	85	75	87	87	76	86	85	94	95

v	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	88	89	90	80	77	79	89	87	77	89	80	60	80	79	68	70	89	80	87	90	80	82	77
a	88	90	90	80	77	79	90	87	77	89	81	60	80	80	68	70	89	80	87	90	80	83	77
o	88	89	90	80	77	79	89	87	77	89	80	60	80	79	68	70	88	80	87	90	80	82	77
u	87	89	89	79	76	78	88	86	76	88	79	59	79	79	67	69	88	79	86	89	79	81	76
U	87	89	89	79	76	78	89	86	76	88	80	59	79	79	67	69	88	79	86	89	79	82	76
i	85	86	87	77	74	75	86	84	74	86	77	57	77	76	65	67	85	77	84	87	77	79	73
E	88	90	90	80	77	79	90	87	77	89	81	60	80	80	68	70	89	80	87	90	80	83	77
O	76	78	79	68	66	67	78	76	66	78	69	49	68	68	57	59	77	68	76	78	68	71	65
e	78	79	80	70	67	68	79	77	67	79	70	50	70	69	58	60	78	70	77	80	70	72	67

f	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	83	83	73	83	73	93	83	83	85	92	93	82	83	83	81	91	93	83	87	92	83	89	92
a	79	79	69	79	69	89	79	79	81	87	88	77	79	79	77	87	89	79	83	88	79	84	88
o	83	83	72	83	72	92	83	83	85	91	92	81	83	83	80	90	93	83	86	92	83	88	92
u	89	89	79	89	79	99	89	89	91	98	99	88	89	89	87	97	99	89	93	98	89	95	98
U	90	90	79	90	79	99	90	90	92	98	99	88	90	90	88	98	100	90	93	99	90	95	99
i	80	80	69	80	69	89	79	80	82	88	89	78	80	80	77	87	90	80	83	89	80	85	89
E	87	87	77	87	77	97	87	87	89	95	97	86	87	87	85	95	97	87	91	96	87	93	96
O	88	88	78	88	78	98	88	88	90	96	98	87	88	88	86	96	98	88	92	97	88	94	97
e	82	82	71	82	71	92	82	82	84	90	91	80	82	82	80	90	92	82	86	91	82	87	91

z	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	90	80	90	80	93	90	70	90	79	95	97	94	89	79	87	86	90	90	90	87	70	88	89
a	88	78	88	78	91	88	68	88	78	93	96	93	88	77	86	85	88	88	88	85	68	86	88
o	80	70	80	70	83	80	60	80	69	85	87	84	80	69	77	76	80	80	80	77	60	78	79
u	90	80	90	80	93	90	70	90	79	95	97	94	89	79	87	86	90	90	90	87	70	88	89
U	87	77	87	77	90	87	67	87	76	92	94	91	86	76	84	83	87	87	87	84	67	85	86
i	90	80	90	80	93	90	70	90	79	95	97	94	89	79	87	86	90	90	90	87	70	88	89
E	87	77	87	77	90	87	67	87	77	92	95	92	87	76	85	83	87	87	87	84	67	85	87
O	82	72	82	72	85	82	62	82	71	87	89	86	81	71	79	78	82	82	82	79	62	80	81
e	89	79	89	79	92	89	69	89	79	94	97	94	89	78	87	85	89	89	89	86	69	87	89

s	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	88	97	77	88	88	88	86	98	68	88	88	78	98	83	88	98	98	98	100	78	88	91	97
a	87	96	76	87	87	87	85	97	67	87	87	77	97	82	87	97	97	97	99	77	87	90	96
o	95	105	85	96	96	96	94	106	76	96	95	86	106	91	96	106	106	106	107	86	96	98	105
u	88	98	78	89	89	89	87	99	69	89	88	79	99	84	89	99	99	99	101	79	89	92	98
U	91	101	81	92	92	92	90	102	72	92	91	82	102	87	92	102	102	102	104	82	92	95	101
i	87	96	76	87	87	87	85	97	67	87	87	77	97	82	87	97	97	97	99	77	87	90	96
E	89	99	79	90	90	90	88	100	70	90	89	80	100	85	90	100	100	100	102	80	90	92	99
O	99	109	89	100	100	100	98	110	80	100	99	90	110	95	100	110	110	110	112	90	100	102	109
e	88	98	78	89	89	89	87	99	69	89	88	79	99	84	89	99	99	99	101	79	89	92	98

Z	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	68	77	56	68	80	78	78	78	65	78	68	56	78	47	86	68	68	78	55	78	88	65	74
a	68	77	56	68	80	78	78	78	66	79	69	56	78	47	86	68	68	78	55	78	88	65	74
o	82	91	70	82	94	92	92	92	80	93	83	70	92	61	100	82	82	92	69	92	102	79	88
u	70	79	59	70	82	80	80	80	68	81	71	58	80	50	88	70	70	80	57	80	90	68	76
U	80	89	68	80	92	90	90	90	78	91	81	68	90	59	98	80	80	90	67	90	100	77	86
i	70	79	58	70	82	80	80	80	67	80	70	58	80	49	88	70	70	80	57	80	90	67	76
E	80	89	68	80	92	90	90	90	77	90	80	68	90	59	98	80	80	90	67	90	100	77	86
O	70	79	58	70	82	80	80	80	67	80	70	58	80	49	88	70	70	80	57	80	90	67	76
e	80	88	68	80	91	90	90	90	77	90	80	68	90	59	98	80	80	90	67	90	100	77	85

S	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	90	110	110	117	99	109	90	110	109	129	99	97	110	110	99	106	90	90	101	100	90	100	106
a	80	100	100	107	89	99	80	100	99	118	89	87	100	100	89	96	80	80	91	90	80	89	96
o	89	109	109	116	98	108	89	109	108	127	98	96	109	109	98	105	89	89	100	99	89	98	105
u	83	103	103	111	92	102	83	103	103	122	93	91	103	103	92	100	83	83	95	93	83	93	99
U	70	90	90	97	79	89	70	90	90	109	79	77	90	90	79	86	70	70	81	80	70	80	86
i	80	100	100	107	89	99	80	100	100	119	89	87	100	100	89	96	80	80	91	90	80	90	96
E	80	100	100	107	89	99	80	100	100	119	89	87	100	100	89	96	80	80	91	90	80	90	96
O	70	90	90	97	79	89	70	90	90	109	79	77	90	90	79	86	70	70	81	80	70	80	86
e	87	107	107	114	96	106	87	107	107	126	97	94	107	107	96	103	87	87	99	97	87	97	103

c	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	113	110	110	110	102	100	100	118	110	112	100	100	100	106	110	107	100	70	99	100	108	105	100
a	113	110	110	110	102	100	100	118	110	112	100	100	100	106	110	107	100	70	99	100	108	105	100
o	114	111	111	111	103	101	101	119	111	113	101	101	101	107	111	108	101	71	100	101	109	106	101
u	108	105	105	105	97	95	95	113	105	107	95	95	95	101	105	102	95	65	94	95	103	100	95
U	118	115	115	115	106	105	105	123	115	117	105	105	105	111	115	112	105	75	103	105	113	110	105
i	113	110	110	110	102	100	100	118	110	112	100	100	100	106	110	107	100	70	99	100	108	105	100
E	113	110	110	110	102	100	100	118	110	112	100	100	100	106	110	107	100	70	99	100	108	105	100
O	111	108	108	108	100	98	98	117	108	110	98	98	98	105	108	105	98	68	97	98	106	103	98
e	113	110	110	110	102	100	100	118	110	112	100	100	100	106	110	107	100	70	99	100	108	105	100

C	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	107	117	117	117	97	107	114	117	116	122	117	107	114	106	115	87	116	115	114	107	118	120	117
a	91	101	102	101	81	91	99	101	101	107	101	91	99	90	100	71	100	100	99	91	102	104	102
o	103	113	114	113	93	103	111	113	113	119	113	103	111	102	112	83	112	111	110	103	114	116	114
u	95	105	106	105	85	95	103	105	105	111	105	95	103	94	104	75	104	103	102	95	106	108	106
U	105	115	115	115	95	105	112	115	115	120	115	105	112	104	114	85	114	113	112	105	116	118	116
i	100	110	110	110	90	100	107	110	109	115	110	100	107	99	108	80	109	108	107	100	111	113	110
E	112	122	122	122	102	112	119	122	121	127	122	112	119	111	120	92	121	120	119	112	123	125	122
O	90	100	100	100	80	90	97	100	99	105	100	90	97	89	98	70	99	98	97	90	101	103	100
e	100	110	110	110	90	100	107	110	109	115	110	100	107	99	108	80	109	108	107	100	111	113	110

l	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	85	64	68	61	70	76	57	86	65	75	76	77	77	67	68	78	75	79	74	79	79	57	56
a	76	55	59	52	61	67	48	77	56	66	67	68	68	58	59	69	66	69	65	70	70	48	47
o	95	74	77	71	80	86	66	96	75	84	86	86	86	77	77	87	85	88	84	88	88	66	66
u	86	64	68	62	70	77	57	86	66	75	76	77	67	68	78	76	79	75	79	79	57	57	
U	94	73	76	70	79	85	65	95	74	83	85	85	85	76	76	86	84	87	83	87	87	65	65
i	85	64	67	61	70	76	57	86	65	74	76	76	76	67	67	77	75	78	74	78	78	57	56
E	86	65	68	62	71	77	57	87	66	75	77	77	77	68	68	78	76	79	75	79	79	57	57
O	76	55	58	52	61	67	48	77	56	65	67	67	67	58	58	68	66	69	65	69	69	48	47
e	85	64	67	61	70	76	57	86	65	75	76	77	77	67	67	78	75	78	74	78	79	57	56

r	b	p	d	t	g	k	G	T	m	n	N	j	h	v	f	z	s	c	Z	S	C	l	r
A	43	43	34	43	35	43	40	63	43	46	55	42	43	43	67	60	43	58	68	43	60	38	57
a	45	45	36	45	37	45	42	65	45	48	57	44	45	45	69	62	45	60	70	45	63	40	59
o	45	45	36	45	36	45	42	65	45	48	56	44	45	45	69	62	45	60	70	45	62	40	59
u	43	43	34	43	34	43	40	63	43	46	54	42	43	43	67	60	43	58	68	43	60	38	57
U	46	46	37	46	38	46	43	66	46	49	58	45	46	46	70	63	46	61	71	46	64	41	60
i	45	45	36	45	37	45	42	65	45	48	57	44	45	45	69	62	45	60	70	45	63	40	60
E	45	45	36	45	37	45	42	65	45	48	57	44	45	45	69	62	45	60	70	45	63	40	59
O	46	46	37	46	38	46	43	66	46	49	58	45	46	46	70	63	46	61	71	46	64	41	60
e	36	36	27	36	28	36	33	56	36	39	48	35	36	36	60	54	36	51	61	36	54	31	51

A vizsgált mássalhangzók specifikus időtartamainak 10ms-os eloszlási sávjai a bennük szereplő VCC kapcsolat szerint

50- 59	Abm abm Ubm Ebm Obm
60- 69	AbT Abj Abv Abf Abz Abl abT abj abv abf abz abl obm ubm UbT Ubj Ubv Ubf Ubz Ubl ibm EbT Ebj Ebv Ebf Ebz Ebl ObT Obj Obv Obf Obz Obl ebm
70- 79	Abp Abd Abt Abg Abk AbG Abn Abh Abs AbZ AbS AbC Abr abp abd abt abg abk abn abh abs abZ abS abC abr obd obT obn obj obv obf obz obC obl ubd ubT ubj ubv ubf ubz ubl Ubp Ubd Ubt Ubg Ubk Ubn Ubh Ubs UbZ UbS UbC Ubr ibd ibT ibn ibj ibv ibf ibz ibC ibl Ebp Ebd Ebt Ebg Ebk EbG Ebn Ebh Ebs EbZ EbS EbC Ebr Obp Obd Obt Obg Obk ObG Obn Obh Obs ObZ Obs ObC Obr ebd ebT ebn ebj ebv ebf ebz ebl
80- 89	Abb AbN Abc abb abG abN abc obp obt obg obk obG obh obs obZ obS obr ubp ubt ubg ubk ubG ubn ubh ubS ubZ ubC ubr Ubb UbG UbN Ubc ibp ibt ibg ibk ibG ibh ibs ibZ ibSibr Ebb EbN Ebc Obb ObN Obc ebp ebt ebg ebk ebG ebh ebs ebZ ebS ebC ebr
90- 99	obb obN obc ubb ubN ubc ibb ibN ibc ebb ebN ebc
50- 59	Apd Apk Aph Aps upd upk uph ups ipd ipk iph ips
60- 69	Apb App Apt Apg ApG ApT Apz Apc ApS Apl apd apg apk aph aps apl opd opk oph ops upb upp upt upg upG upT upz upc upS upl Upd Upg Upk Uph Ups Upl ipb ipp ipt ipg ipG ipT ipz ipc ipS ipl Epd Epg Epk Eph Eps Epl Opd Opg Opk Oph Ops Opl epd epk eph eps
70- 79	Apm Apj Apf ApC Apr apb app apt apG apT apm apj apz apc apS apr opb opp opt opg opG opT opz opc opS opl upm upj upf upC upr Upb Upp Upt UpG UpT Upm Upz Upc UpS ipm ipj ipf ipC ipr Epb Epp Ept EpG EpT Epm Epz Epc EpS Opb Opp Opt OpG OpT Opm Opj Opz Opc OpS Opr epb epp ept epg epG epT epm epz epc epS epl
80- 89	Apn ApN Apv ApZ apn apN apv apf apZ apC opm opj opf opC opr upn upN upv upZ Upj Upv Upf UpC Upr ipn ipN ipv ipZ Epj Epv Epf EpC Epr Opn OpN Opv Opf OpZ OpC epj epf epC epr
90- 99	opn opN opv opZ Upn UpN UpZ Epn EpN EpZ epn epN epv epZ
50- 59	add adG adZ adS
60- 69	adb adt adg adT adN adh adv adz adC odd odG odZ odS udd udG udZ udS Udd UdG UdZ UdS idd idG idZ idS EdS Odd OdG OdZ OdS edd edG edZ edS
70- 79	Add Adg AdG AdZ AdS adp adk adm adn adj adf ads adc adl adr odb odt odg odT odN odj odh odv odz odC udb udt udg udT udN udh udv udz udC Udb Udt UdG UdT Udn UdN Udj Udh Udv UdZ UdC Udl idb idt idg idT idn idN idj idh idv idz idC idl Edd Edt Edg EdG EdT Edh Edv Edz EdZ EdC Odb Odt Odg OdT OdN Odh Odv Odz OdC edb edt edg edT edN edh edv edz edC
80- 89	Adb Adt AdT Adn AdN Adj Adh Adv Adz Adc AdC Adl odp odk odm odn odf ods odc odl odr udp udk udm udn udj udf uds udc udl udr Udp Udk Udm Udf Uds Udc Udr idp idk idm idf ids idc idr Edb Edp Edk Edn EdN Edj Edf Eds Edc Edl Edr Odp Odk Odm Odn Odj Odf Ods Odc OdI Odr edp edk edm edn edj edf eds edc edl edr
90- 99	Adp Adk Adm Adf Ads Adr Edm

50- 59 Ath AtS uth utS Eth EtS
60- 69 Atb Atp Atd Atg Atk AtG AtT Atm Atn AtN Atj Atv Atz Ats Atc AtZ AtC Atl ath atS
 utp utg utk utG utT utm utn utN utj utv utz uts utc utZ utC utl ith itS Etb Etp Etd
 Etg Etk EtG EtT Etm Etn EtN Etj Etv Etf Etz Ets Etc EtZ EtC Etl Etr Oth OtS
70- 79 Aft Atr atb atp atd atg atk atG atT atm atn atN atj atv atz ats atc atZ atC atl
 utb utd utf utr Uth UtS itp itd itg itk itG itT itm itn itN itj itv itz its itc itZ
 itC itl Otb Otp Otd Otg Otk OtG OtT Otm Otn OtN Otj Otv Otz Ots Otc OtZ OtC Otl Otr
 eth etS
80- 89 atf atr otg otn otN otj oth otv otz otZ otS Utb Utp Utd Utg Utk UtG UtT Utm Utn
 UtN Utj Utv Utf Utz Uts Utc UtZ UtC UtI Utr itb itf itr Ofb etb etp etd etg etk etG
 etT etm etn etN etj etv etf etz ets etc etZ etC etl etr
90- 99 Att otb otp otd otk otG otT otm ofb ofs otc otC otl otr utt Ett
100-109 att itt Ott
110-119 Utt ett ott

20- 29 Ugk igk
30- 39 Agk agk ogk Ugl igl Ogk egk
40- 49 Agl agl ogl ugk UgT Ugf Ugs UgC igT igf igs igC Egk Ogl egl
50- 59 AgT Agh Agf Agz Ags AgC agT agf ags agC ogT ogf ogs ogC ugf ugl Ugp Ugg Ugj Ugh
 UgV Ugz UgS Ugr igp igg igj igh igv igz igS igr Egf Egl OgT Ogf Ogs OgC egT egf egs
 egC
60- 69 Agp Agg Agm AgN Agj Agv AgZ AgS Agr agp agg agj agh agv agz agS agr ogp ogg ogj
 ogh ogv ogz ogS ogr ugT ugh ugV ugZ ugs ugS ugC ugr Ugb Ugt Ugm Ugn Ugn Ugc UgZ igb
 igt igm ign ign igr igZ EgT Egh Egv Egz Egs EgS EgC Egr Ogp Ogg Ogj Ogh Ogv OgZ OgS
 Ogr egp egg egj egh egv egz egS egr
70- 79 Agb Agt Agn Agc agb agt agm agn agN agc agZ ogb ogt ogm ogn ogN ogc ogZ ugp ugt
 ugg ugm ugn ugn ugj ugZ igd Egp Egt Egg Egm EgN Egj EgZ Ogb Ogt Ogm Ogn OgN Ogc OgZ egb
 egt egm egn egn egc egZ
80- 89 Agd agd ogd ugb ugn ugc Ugd Egb Egn Egc Ogd
90- 99 ugd Egd egd
100-109 UgG igG
110-119 AgG agG ogG ugG EgG OgG egG

40- 49 okk oks okS ekk eks ekS
50- 59 akk aks akS okd okt okg okT okh okv okz okc okZ okr ukG ukk ukz uks ukS Ukg Ukk
 Ukz Uks UkS ikk iks iks Okk Oks OkS ekd ect ekG ekT ekz ekc ekZ
60- 69 Akk Aks AkS akd akt akG akT akz akc akZ okp okG okm okf okC ukd ukt ukT ukm ukh
 ukv ukc ukZ ukr Ukd Ukt UKT Ukm Ukh Ukv Ukc UkZ Ukr ikd ikt ikG ikt ikv ikz ikc ikZ
 Ekg Ekk Ekz Eks EkS Okd Okt Okg OkT Okh Okv Okz Okc OkZ Okr ekp ekG ekm ekh ekv ekf
 ekC ekr
70- 79 Akd Akt Agk AkT Akz Akc AkZ akp akG akm akh akv akf akC akr okb okn okN okj okl
 ukb ukp ukG ukf ukC Ukb Ukp UkG Ukf UkC ikp ikG ikm ikh ikf ikC ikr Ekd Ekt EkT Ekm
 Ekh Ekv Ekc EkZ Ekr Okp OkG Okm Okf OkC ekb ekn ekN ekj ekl
80- 89 Akp AkG Akm Akh Akv Akf AkC AkR akb akn akN akj akI ukn ukN ukj ukl Ukn UkN Ukj
 Ukl ikb ikn ikN ikj ikI Ekb Ekp EkG Ekn EkN Ekf EkC EkI Okb Okn OkN Okj OkI
90- 99 Akb Akn AkN Akj AkI Ekj

50- 59 AGd aGd uGd UGd iGd OGd eGd
60- 69 AGv AGC aGv aGC oGd uGv uGC UGv UGC iGv iGC EGd EGv OGv OGC eGv eGC
70- 79 AGk AGh AGf AGz AGS AGI aGk aGh aGf aGz aGS aGI oGv oGC uGk uGh uGf uGz uGS uGI
 UGk UGh UGf UGz UGS UGI iGk iGh iGf iGz iGS iGI EGk EGz EGC EGI OGk OGh OGf OGz OGS
 OGI eGb eGk eGh eGf eGz eGS eGI
80- 89 AGb AGp AGt AGg AGG AGT AGm AGn AGN AGj AGs AGc AGZ aGb aGp aGt aGg aGG aGT aGm
 aGn aGN aGj aGs aGc aGZ oGk oGh oGf oGz oGS oGI uGb uGp uGt uGg uGG uGT uGm uGn uGN
 uGj uGs uGc uGZ UGb UGp UGt UGg UGG UGT UGm UGn UGN UGj UGs UGc UGZ iGb iGp iGt iGg
 iGG iGT iGm iGn iGN iGj iGs iGc iGZ EGb EGg EGm EGN EGN EGh EGf EGc EGZ EGS OGb OGp
 OGt OGg OGG OGT OGm OGn OGN OGj OGS OGc OGZ eGp eGt eGg eGG eGT eGm eGn eGN eGj eGs
 eGc eGZ
90- 99 oGb oGp oGt oGg oGG oGT oGm oGn oGN oGj oGs oGc oGZ EGp EGt EGG EGT EGj EGs
100-109 AGr aGr uGr UGr iGr EGr OGr eGr
110-119 oGr

40- 49 umr
50- 59 Amr amr omr imr Emr Omr emr
60- 69 Aml umm uml Umr imm iml
70- 79 Amb Amp Amk Amm AmN Amv AmZ AmS amm aml omm oml umb ump umd umg umk umN umj umv
 umf umZ umS umC imb imp imd imk imN imj imv imZ imS imC Emm Eml Omm Oml emm eml
80- 89 Amd Amg AmT Amn Amj Amh Amf Amz Ams Amc AmC amb amp amd amg amk amN amj amv amf
 amz amZ amS amC omb omp omd omg omk omN omj omv omf omz omZ omS omC umt umG umT umn
 umh umz ums umc Umm Uml imt img imG imT imn imh imf imz ims imc Emb Emp Emd Emg Emk
 EmN Emj Emv EmZ EmS EmC Omb Omp Omd Omg Omk OmN Omj Omv Omf Omz OmZ OmS OmC emb emp
 emd emg emk emN emj emv emf emZ emS emC
90- 99 Amt AmG amt amG amT amn amh ams amc omt omG omT omn omh oms omc Umb Ump Umd Umg
 Umk Umn UmN Umj Umh Umv Umf Umz UmZ Ums UmC Emt EmG EmT Emn Emh Emf Emz Ems Emc Omt
 OmG OmT Omn Omh Oms Omc emt emG emT emn emh emz ems emc
100-109 Umt UmG UmT Ums Umc

40- 49 Anm Anl anm anl onm onl unm unl Enm Enl Onm Onl
50- 59 Ann Anj Anv ann anj anv onn onj onv unn unj unv Unm Unl inm inl Enn Enj Env Onn
 Onj Onv enm enl
60- 69 And Ank Anh Anr and ank anh anr ond onk onh onr und unk unh unr Unn Unj Unv inn
 inj inv End Enk Enh Enr Ond Onk Onh Onr enn enj env
70- 79 Anb Ant AnG Anf Ans AnC anb ant anG anf ans anC onb ont onG onf ons onC unb unt
 unG unf uns unC Und Unk Unh Unr ind ink inh inr Enb Ent EnG Enf Ens EnC Onb Ont OnG
 Onf Ons OnC end enk enh enr
80- 89 Anp Ang AnT AnN Anz Anc AnZ AnS anp ang anT anN anz anc anZ anS onp ong onT onN
 onz onc onZ onS unp ung unT unN unz unc unZ unS Unb Unt UnG Unf Uns UnC inb int inG
 inf ins inC Enp Eng EnT EnN Enz Enc EnZ EnS Onp Ong OnT OnN Onz Onc OnZ OnS enb ent
 enG enf ens enC
90- 99 Unp Ung UnT UnN Unz Unc UnZ UnS inp ing inT inN inz inc inZ inS enp eng enT enN
 enz enc enZ enS

50- 59 aNN aNI aNr
60- 69 aNb aNt aNg aNk aNg aNm aNn aNh aNf aNs aNZ aNC oNN oNI oNr iNN iNI iNr ENN ENI ENr
70- 79 ANN ANI ANr aNp aNd aNj aNv aNz aNc aNS oNb oNt oNg oNk oNG oNm oNn oNh oNf oNs oNZ oNC uNr UNr iNb iNt iNg iNk iNG iNm iNn iNh iNv iNf iNz iNs iNZ iNC ENb ENT ENg ENk ENG ENm ENn ENh ENf ENs ENz ENC ONN ONI ONr eNN eNI eNr
80- 89 ANb ANt ANg ANk ANg ANm ANn ANh ANv ANf ANz ANs ANz ANC aNT oNp oNd oNj oNv oNz oNc oNS uNt uNm uNn uNN uNZ uNI UNT UNk UNm UNn UNN UNh UNs UNZ UNI iNp iNd iNj iNc iNS ENp ENd ENj ENv ENz ENc ENS ONb ONt ONg ONk ONG ONm ONn ONh ONv ONf ONz ONs ONZ ONc ONc eNb eNt eNg eNk eNg eNm eNn eNh eNv eNf eNz eNs eNZ eNC
90- 99 ANp ANd ANj ANc ANS oNT uNb uNp uNd uNg uNk uNG uNj uNh uNv uNf uNz uNs uNS uNC UNb UNp UNd UNg UNG UNj UNv UNf UNz UNC UNS UNC iNT ENT ONp ONd ONj ONc ONS eNp eNd eNj eNc eNS
100-109 ANT uNT uNc UNT ONT eNT

30- 39 Ajd Ajn ojd ojn ejd ejn
40- 49 Ajg Ajk AjG Ajm Ajj Ajv Ajf AjZ AjS AjC Ajl oJg oJk oJG oJm oJj oJv oJf oJZ oJS oJc oJl iJd iJm iJn Ejd Ejm Ejn Ojd Ojm Ojn eJg eJk eJG eJm eJj eJv eJf eJZ eJS eJC eJl
50- 59 Ajb Ajp AjT AjN Ajh Ajz Ajs Ajc Ajr ajd ajm ajn oJb oJp oJT oJN oJh oJz oJs oJc oJr iJg iJk iJG iJj iJv iJf iJZ iJS iJc iJl EJg Ejk EJG Ejj EJV EJf EJZ EJS EJC Ejl OJg OJk OJG OJj OJv OJf OJZ OJS OJc OJl eJb eJp eJT eJN eJh eJz eJs eJc eJr
60- 69 Ajt ajg ajk ajG ajj ajv ajf ajZ ajS ajC ajl oJt Ujd Ujm Ujn iJb iJp iJT iJN iJh iJz iJs iJc iJr Ejb Ejp EJT EJN Ejh Ejz Ejs Ejc Ejr Ojb Ojp OJT OJN OJh OJz Ojs Ojc Ojr eJt
70- 79 ajb ajp ajT ajN ajh ajz ajs ajc ajr ujd ujm ujn UJg UJk UJG UJj UJv UJf UJZ UJS UJc UJl iJt Ejt Ojt
80- 89 ajt uJg uJk uJG uJj uJv uJf uJZ uJS uJc uJl UJb UJp UJT UJN UJh UJz UJs UJc UJr
90- 99 uJb uJp uJT uJN uJh uJz uJs uJc uJr Ujt
100-109 ujt

70- 79 ahn ahh ahz ahZ ehn ehH ehv ehz ehZ
80- 89 Ahn AHH Ahz AhZ ahb ahp ahd aht ahk ahG ahN ahj ahv ahf ahs ahc ahS ahC ohn ohz ohZ uhn uhz uhZ Uhn Uhh Uhv UhZ ihn ihh ihv ihz ihZ ehb ehP ehd eht ehk ehG ehN ehj ehf ehs ehc ehS ehC
90- 99 Ahb Ahp Ahd Aht Ahk AhG AhN Ahj Ahv Ahf Ahs Ahc AhS AhC ahg ahT ahm ahl ahr ohb ohp ohd ohj ohh ohv ohf ohS ohC uhb uhp uhd uhj uhh uhv uhf uhS uhC UhB UhP Uhd Uht Uhk UhG UhN Uhj Uhf Uhs Uhc UhS UhC ihb ihp ihd iht ikh ihG ihN ihj ihf ihs ihc ihS ihC Ehn Ehh EhZ EhZ Ohb Ohd Ohn Ohj Ohh Ohv Ohz OhZ ehg ehT ehm ehl ehr
100-109 Ahg AhT Ahm Ahl Ahr oht ohk ohG ohm ohN ohs ohc ohl ohr uht uhk uhG uhm uhN uhs uhc uhl uhr UhG UhT Uhm Uhl Uhr ihg iht ihm ihl ihr Ehb Ehp Ehd Eht Ehk EhG EhN Ehj Ehv Ehf Ehs Ehc EhS EhC Ohp Oht Ohk OhG Ohm OhN Ohf Ohs Ohc OhS OhC Ohl
110-119 ohg ohT uhg uhT Ehg EhT Ehm Ehl Ehr Ohg OhT Ohr

40-49 AZv aZv uZv iZv OZv
50-59 AZd AZj AZZ aZd aZj aZZ uZd uZj uZZ UZv iZd iZj iZZ EZv OZd OZj OZZ eZv
60-69 AZb AZt AZm AZN AZz AZs AZl aZb aZt aZm aZN aZz aZs aZl oZv oZZ uZm uZl UZd UZj
 UZZ iZb iZt iZm iZz iZs iZl EZd EZj EZZ OZb OZt Ozm OZz OZs OZl eZd eZj eZZ
70-79 AZp AZg AZk AZG AZT AZn AZh AZc AZS AZr aZp aZk aZG aZT aZn aZh aZc aZS aZr oZd
 oZm oZj oZl uZb uZp uZt uZN uZz uZs uZr UZm UZl iZp iZk iZG iZT iZN iZh iZc iZs iZr
 EZb EZt EZm EZz EZs EZl OZp OZk OZG OZT OZN OZh OZc OZS OZr eZb eZt eZm eZz eZs eZl
80-89 AZf AZC aZg aZf aZC oZb oZt oZN oZz oZs oZr uZg uZk uZG uZT uZn uZh uZf uZc uZS
 UZb UZp UZt UZN UZz UZs UZr iZg iZn iZf iZC EZp EZk EZG EZT EZN EZh EZc EZS EZr OZg
 OZn OZf OZC eZp eZk eZG eZT eZN eZh eZc eZS eZr
90-99 oZp oZg oZk oZG oZT oZn oZh oZc oZS uZC UZg UZk UZG UZT UZn UZh UZf UZc UZS EZg
 EZn EZf EZC eZg eZn eZf eZC
100-109 oZf oZC UZC

60-69 ASm aSm uSm iSm ESm eSm
70-79 ASd ASj ASS aSd aSj aSS oSm uSd uSj uSS USm iSd iSj iSS ESd ESj ESS Osm eSd eSj
 eSS
80-89 ASb ASt ASg ASk ASG ASn ASN ASv ASf ASC aSb aSt aSg aSk aSG aSn aSN aSv aSf aSC
 aSl oSd oSj oSS uSb uSt uSg uSk uSG uSn uSN uSv uSf uSC USd USG USj USv USS iSb iSt
 iSg iSk iSG iSn iSN iSv iSf iSC iSl ESb Est ESg ESk ESG ESn ESN ESv ESf ESC OSd OSj
 OSS eSb eSt eSg eSk eSG eSn eSN eSv eSf eSC
90-99 ASp AST ASH ASz ASs ASc ASZ ASl ASr aSp aST aSh aSz aSs aSc aSZ aSr oSb oSt oSg
 oSk oSG oSn oSN oSv oSf oSc oSl uSp uST uSh uSz uSs uSc uSl uSr USb USt USg USk USn
 USN USf USC USl iSp iST iSh iSz iSs iSc iSZ iSr ESp EST ESh ESz ESs ESf ESr OSb
 OST OSg OSk OSG OSn OSn OSv OSf OSC eSp eST eSh eSz eSs eSc eSl eSr
100-109 oSp oST oSh oSz oSs oSc oSZ oSr uSZ USp UST USh USz USs USc USZ USr ESZ OSp OST
 OSh OSz OSs OSc OSl OSr eSZ
110-119 OSZ

60-69 Acc acc ucc icc Ecc Occ ecc
70-79 occ Ucc
80-89 Acd acd ucd icd Ecd Ocd ecd
90-99 Ack AcG AcN Acj Ach Acs AcS Acr ack acG acN acj ach acs acS acr ocd ucg uck ucG
 ucN ucj uch ucs ucS ucl ucr Ucd ick icG icN icj ich ics icS icr Eck EcG EcN Ecj Ech
 Ecs EcS Ecr Ocg Ock OcG OcN Ocj Och Ocs OcS Ocr eck ecG ecN ecj ech ecs ecS ecr
100-109 Acp Act Acg Acm Acv Acf Acz AcC Acl acp act acg acm acv acf acz acC acl ocg ock
 ocG ocN ocj och ocv ocz ocs ocS ocC ocl ocr ucb ucp uct ucm ucn ucv ucf ucZ ucC Ucg
 Uck UcG UcN Ucj Uch Ucs UcS Ucl Ucr icp ict icg icm icv icf icz icC icl Ecp Ect Ecg
 Ecm Ecv Ecf EcZ EcC Ecl Ocp Oct Ocm Ocv Ocf OcZ OcC Ocl ecp ect ecg ecm ecv ecf ecz
 ecC ecl
110-119 Acb AcT Acn AcZ acb acT acn acZ ocb ocp oct ocT ocm ocn ocf ocZ ucT ucZ Ucb Ucp
 Uct Ucm Ucn Ucv Ucf Ucz UcC icb icT icn icZ Ecb EcT Ecn EcZ Ocb Oct Ocn OcZ ecb ecT
 ecn ecZ
120-129 UcT UcZ

60-69 OCz
70-79 aCz aCC uCz uCC iCz OCg OCC eCz
80-89 ACz ACC aCg oCz oCC uCg UCz UCC iCg iCC Ocb Ock OCj OCv OCS eCg eCC
90-99 ACg aCb aCk aCG aCj aCh aCv aCf aCc aCZ aCS oCg uCb uCk uCj uCv uCS UCg iCb iCk
 iCj iCv iCS ECz ECC OCp OCT OCG OCT Ocm Ocn OCh OCf OCS OCC OCZ eCb eCk eCj eCv eCS
100-109 ACb ACK ACj ACv ACS aCp aCd aCt aCT aCm aCn aCN aCs aCl aCr oCb oCk oCj oCv oCS
 uCp uCd uCt uCG uCT uCm uCN uCh uCf uCs uCc uCZ uCl uCr UCb Uck UCj UCv UCS iCp iCt
 iCG iCT iCm iCN iCh iCf iCs iCc iCZ ECg OCd OCn OCl OCr eCp eCt eCg eCT eCm eCN eCh
 eCf eCs eCc eCZ
110-119 ACp ACd Act ACG ACT AcM ACN ACh ACf ACs ACc ACZ ACI ACr oCp oCd oCt oCG oCT oCm
 oCn oCN oCh oCf oCs oCc oCZ oCl oCr uCn UCp UCd Uct UCG UCT Ucm UCN UCh Ucf UCs UCc
 UCZ UCl UCr iCd iCn iCl iCr Ecb Eck ECG ECj Ech Ecv ECc ECZ ECS eCd eCn eCl eCr
120-129 ACn UCn Ecp ECd Ect Ect Ecm ECn ECN Ecf ECs Ecl Ecr

40-49 alG all alr OIG Oll Olr
50-59 AlG All Alr alp ald alt alm alf alC ulG ull ulr ilG ill ilr ElG Ell Elr Olp Old
 Olt Olm Olf OIC eIG ell elr
60-69 Alp Ald Alt Alm Alf AIC alg alk aln alN alj alh alz als alc alZ olG oll olr ulp
 uld ult ulm ulf ulC Ult UIG Ull Ulr ilp ild ilt ilg ilm if ilC Elp Eld EIt Elm Elf
 EIC Olg Olk Oln OIN Olj Olh Olz Ols Olc OIZ elp eld elt elm elf eIC
70-79 Alg Alk Aln AlN Alj Alh Alz Als Alc AlZ alb alT alv olp old olt olg olm olf olC
 ulg ulk uln ulN ulj ulh ulz uls ulc ulZ Ulp Uld Ulg Ulm Ulf UIC ilk iln ilN ilj ilh
 ilz ils ilc ilZ Elg Elk Eln EIN Elj Elh Elz Els Elc ElZ Olb OIT Olv elg elk eln elN
 elj elh elz els elc elZ
80-89 Alb AlT Alv alS olk oln oIN olj olh olz ols olc olZ ulb ulT ulv Ulk Uln UIN Ulj
 Ulh Ulz Uls Ulc UIZ ilb iT ilv Elb EIT Elv OIS elb eIT elv
90-99 AIS olb olT olv ulS Ulb UIT Ulv iIS EIS elS
100-109 olS UIS

20-29 erd erg
30-39 Ard Arg ArG Arl ard arg arl ord org orl urd urg urG url Urd Urg ird irg Erd Erg
 Ord Org erb erG ern erj erl
40-49 Arb Arn Arj arb arG arn arj orb orG orn orj urb urn urj Urb UrG Urn Urj Url irb
 irG irn irj irl Erb ErG Ern Erj Erl Orb OrG Orn Orj Orl erN ers
50-59 ArN Ars Arc ArC Arr arN ars arC arr orN ors orC orr urN urs urc urC urr UrN Urs
 irN irs irC irr ErN Ers ErC Err OrN Ors erT erh erv erz erc erS erC err
60-69 ArT Arh Arv Arf Arz ArZ ArS arT arh arv arf arz arc arS orT orh orv orf orz orc
 orZ orS urT urh urv urf urz urZ urS UrT Urh Urv Urf Urz Urc UrS UrC Urr irT irh irv
 irf irz irc irS ErT Erh Erv Erf Erz Erc ErS OrT Orh Orv Orz Orc OrS OrC Orr erp ert
 erk erm erf erZ
70-79 Arp Art Ark Arm arp art ark arm arZ orp ort ork orm urp urt urk urm Urp Urt Urk
 Urm Urz irp irt irk irm irZ Erp Ert Erk Erm ErZ Orp Ort Ork Orm Orf OrZ