

A ZAJ HATÁSA A BESZÉDRE

Gósy Mária

Bevezetés

Az emberek közötti verbális kommunikáció szinte mindig valamilyen zajos környezetben történik. A zajok forrása, erőssége, típusa, akusztikai jellemzői nagyon különbözők; a természeti jelenségek, a közlekedés, maguk az épületek, a gépek, szórakoztató hangkeltő eszközök és még sok más hangfőleség kíséri mindennapi életünket (Lazarus 1990). Az emberek közötti beszélgetés egy része mások beszédének egyidejű jelenlétében zajlik. A környezeti hangok jellemzőitől és erősségétől függően reagálunk beszélgetés közben az adott akusztikai háttérre; felfigyelünk rá, kellemetlenül érint, kifejezetten zavar, avagy alig vesszük észre, és így tovább. A zajos környezet egyértelműen befolyásolja az ember verbális kommunikációját, annak mindkét oldalát, a beszédprodukciónak és a beszédmegértést is. Számos tanulmány foglalkozik a beszéd érthetőségével zajos környezetben. Megállapításaik szerint a felnőttek jobban képesek észlelni és megfelelően feldolgozni a zajban elhangzó beszédet, mint a gyermekek (Hygge 2003; Kloefer et al. 2006). A gyermekek beszédmegértését már az alacsony intenzitású háttérzaj is negatívan befolyásolja. A zaj mérhetőségére a múlt század ötvenes éveiben tettek kísérletet, 1959-ben Kryter határozta meg azt a skálát, amelyet később a nemzetközi használat számára adaptáltak (Kryter eredeti mérései a repülőgép zajhatására irányultak). Az ún. észlelt zajszint (Perceived Noise Level) a frekvencia és az intenzitás függvényében adható meg, a zajos környezet mérési egysége az 1 noy (ez 900 Hz és 1100 Hz között 40 dB-es intenzitásértéket jelent).

A zajhatás azonban nemcsak a beszéd érthetőségét érinti, hanem a beszélő személy beszédprodukciónak is. A zajnak a beszélésre gyakorolt hatását Lombard-hatásnak nevezik. Etienne Lombard (1868–1920) francia orvos, fül-orr-gégész, audiológus volt az első, aki egy 1911-ben megjelent tanulmányában leírta azt a jelenséget, hogy a beszéd intenzitása szignifikánsan megnövekszik a háttérzaj hatására. Az intenzitás növekedését eredményező artikulációs módok feltehetően automatikusak, azaz a beszélőnek nincs konkrét tudomása arról, hogy hangosabban beszél. A beszéd hangerejének növekedése tehát a környezeti zaj következtében fellépő ösztönös változtatás. A Lombard-hatás a hallásnak a beszédmegértésben betöltött funkciójával kapcsolatosan tárgyalja Lane és Tranel tanulmánya (1971). További vizsgálatok foglalkoztak annak a leírásával, hogy milyen módon hat a zaj a beszéd artikulációs gesztusainak megváltozására, valamint a beszéd akusztikai fonetikai jellemzőire

(Junqua 1996; Castellanos et al. 1996; Winkworth–Davis 1997; Wassink et al. 2007). Az utóbbi évtizedben azt is megállapították, hogy a környezeti zaj nem csupán az ember verbális kommunikációjára, de egyes állatok kommunikációjára is hatással van. A majmoknál, a fülemüléknél, a macskáknál, a zebráknál és a delfineknél is igazolták a Lombard-hatást (vö. Rabin et al. 2003; Brumm 2004; Brumm–Slater 2006). A tamarinoknál (majomféle) nem csupán intenzitásváltozást, hanem a hangadási tempó ritmikus módosulását is tapasztalták (Egnor–Hauser 2006).

A Lombard-hatás egyértelműen magyarázható a belső hallási folyamatainkkal. E területen a Nobel-díjas Békésy György végzett kiemelkedő kutatásokat (1949). Tudjuk, hogy a saját beszédünket a légvezetési és a csontvezetési hallással egyaránt halljuk, és a kettőnek az intenzitása nagyjából azonos. A szájüregben a létrehozott beszéd intenzitása 40-45 dB-lel erősebb, mint amit a belsőfül érzékel. Ez magyarázza azt, hogy miközben a beszédünket a hallgató jól „hallja”, észleli, a beszélőnek mégsem okoz kellemetlen hangerejű hangzást. Békésy szerint ugyanis a középfül úgy működik, hogy a gégeben keletkezett hangot (ez a zöngé), valamint a szájüregben módosult hangot (beszédhangok sorozata) nem olyan hatásosan továbbítja, mint a külvilágból érkező hangokat.

Amikor a beszélő érzékeli a környezeti zaj növekedését, ösztönösen parancsot küld az artikulációs szerveknek, hogy úgy működjenek, hogy nagyobb legyen a hangerő. A mindenkori cél a beszéd jobb érthetősége, egyfelől a beszélő számára, másfelől a beszélgető partner számára. Más megfogalmazásban a Lombard-hatás a grice-i maximák érvényesítésének egy speciális formája. Az állatoknál tapasztalt hasonló kommunikációs viselkedést a magasabb kognitív tevékenységükkel hozzák kapcsolatba.

A zajnak a beszédre gyakorolt hatása az automatikus beszédfelismerés szempontjából fontos gyakorlati probléma (Hansen 1996; Skowronski–Harris 2006). A Lombard-hatást mint speciális technikát alkalmazták abból a célból, hogy tudatosan megnöveljék a beszéd intenzitását az özofáguszbeszéd esetén, valamint azoknál, akik mesterséges szájpadlással beszélnek (Zeine–Brandt 1988).

A folyamatos környezeti zaj befolyásolja az analóg spontán beszéd folyamatait, és ez láncreakciót indít el, hiszen a zajhatás következményeként megváltozott beszéd módosítja a beszédfeldolgozási stratégiákat is. Korábbi vizsgálatunkban a különböző zajok hatását vizsgáltuk a beszédre (Balázs–Gósy 1988). Eredményeink igazolták a beszélők hangerejének növekedését, valamint a zöngéképzés nemkívánatos változását, ami abból adódott, hogy a beszélők hol összepréselték a hangszalagjaikat, hol túlzottan levegősen, illetve zörejes hangképzéssel beszéltek. A kísérletben résztvevőknek hangosan kellett olvasniuk, és fülhallgatón keresztül hatféle közvetítettünk háromféle intenzitásértéken (65, 80 és 95 dB-en). A hangos olvasást legnagyobb mértékben a metróállomás zaja, legkevésbé a zene és az emberi beszélgetés zavarta.

Kérdés, hogy vajon a spontán beszéd tervezési és kivitelezési folyamatait mennyire befolyásolja a környezeti zaj, ezek közül is a beszédzaj. A spontán beszéd esetében mások a tervezési folyamatok, mint olvasáskor (Gósy 2005). A leírtak meghangosítása szükségtelessé teszi a grammatikai, fonológiai (stb.) átalakítási folyamatokat, ekkor a betűsorok meghangosítása zajlik. Spontán beszéd esetén olyan megnyilatkozásokat formálunk, amelyeket korábban ugyanúgy talán még sohasem mondtunk. Ez utóbbi tehát jóval nagyobb összpontosítást, figyelmet igényel, hiszen az artikulációs műveleteket a rejtett tervezési műveletekhez kell igazítanunk. Minden zavaró tényező többszörös problémát jelenthet, illetve nehezíti a spontán korrekciós folyamatok működését (Postma–Kolk 1993, Gósy 2008). Vizsgálatot igényel az a kérdés, hogy milyen mértékben hat a zajos környezet ezekre a beszédtervezési folyamatokra.

Mindennapi tapasztalatunk az, hogy zajban nehezebb az elhangzó beszédet megérteni. Feltételezhető, hogy nemegyszer a percepciós stratégia módosítására is szükség van ahhoz, hogy zajos környezetben megfelelően észleljük és megértsük a rövidebb-hosszabb közléseket. A beszédfeldolgozás sikere számos tényezőtől, így a mindenkori zaj intenzitásától, a frekvenciaeloszlástól, a zajtípustól, az elhangzó beszéd akusztikai jellemzőitől, valamint a hallgató percepciós és pszichés sajátosságaitól, életkorától (stb.) is függ. A zajban elhangzó beszéd vizsgálata több tudomány érdeklődési területére esik. E témával foglalkozik a fonetika (pl. az invariáns jegyek vizsgálatakor), a pszicholingvisztika (beszédészlelési, megértési folyamatok megismerése), a pszichológia (pl. a zaj hatása a kognitív működésekre), valamint az eredmények közvetlen gyakorlati felhasználásában érdekelt diszciplínák, mint a pedagógia (a zaj hatása a tanulásra és a tanításra), az audiológia (nagyothallók beszédhallása zajos környezetben), a környezetvédelem (a zajszennyezésnek az emberre, illetve a kognitív teljesítményre gyakorolt hatása), a gerontológia (a zajhatás vizsgálata az idősek beszédfeldolgozására), valamint a beszédtechnológia (a beszédfelismerés problémái zajos környezetben, vö. Castellanos et al. 1996). Az eddigi eredmények igazolták, hogy *a*) a vizuális csatorna segít a zajos szövegek megértésében (pl. Rosenblum et al. 1996); *b*) az osztálytermi beszédértést, illetőleg a szövegek értelmezését nagymértékben nehezíti a környezeti zaj (pl. Hativa 2000); valamint *c*) hogy az időskori beszédértési zavarok oka feltehetően nem a kognitív folyamatok gyengülése, hanem a hallási folyamatok nem kielégítő működése (pl. Schneider et al. 2005). Újabb kutatások kimutatták, hogy a zajhatás és a beszédészlelés szemantikai előrejelzése között kapcsolat van a neurális hálózatban, amely a zajban elhangzó szöveg feldolgozásakor aktiválódik (fMRI vizsgálatok: Ghazanfar et al. 2003). Kutatási kérdésünk e tekintetben az volt, hogy vajon a beszédzaj miként befolyásolja a szövegértést 16–18 éves korban. Valószínűsítettük, hogy ekkorra a beszédkommunikációs gyakorlottság olyan szintű, hogy a nem túlzottan intenzív zajjal elfedett szöveg megértése nem okoz nehézséget.

Kutatásunkban a fentiekben leírt problémákra igyekeztünk választ kapni a spontán beszéd és a beszédmegértés kísérletes vizsgálatával. A környezeti zaj valamennyi kísérletünkben társalgás, azaz beszédzaj volt. Fő kérdéseink a következők voltak. Az intenzitás az egyetlen tényező-e, amely megváltozik a zaj hatására, avagy más paraméterekben is tapasztalható változás? Kimondható-e, hogy a zaj az artikulációs gesztussorozat többszörös módosulását idézi elő? Megállapítható-e, hogy a zajhatás a beszédtervezés rejtett működéseire is hatást gyakorol? Igazolható-e, hogy középiskolás korban a relatíve kis intenzitású beszédzaj nem okoz feldolgozási gondot? Hipotéziseink szerint az intenzitás változása csak az egyik, bár kétségtelenül a legszembetűnőbb következménye a környezeti zajhatásnak. Feltételeztük, hogy más beszédjellemzők is módosul(hat)nak zajos körülmények között, valószínűsíthetően a beszéddallam, a tempóviszonyok, valamint a beszédtervezési folyamatok.

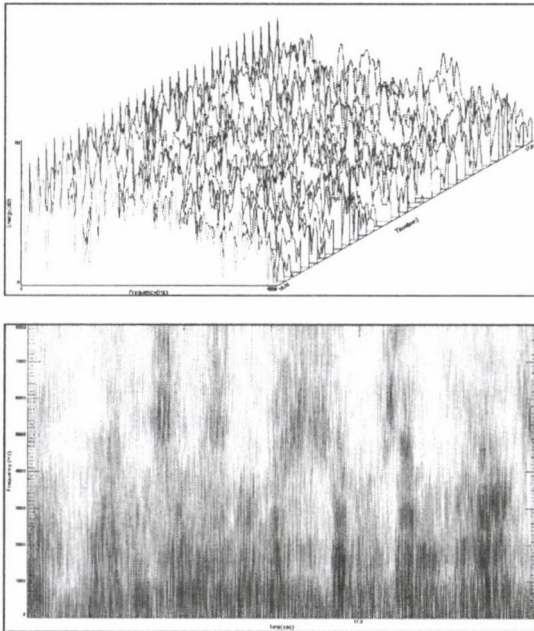
Kísérleti személyek, anyag, módszer

1. Beszédproduktions kísérlet

Kétperces spontán beszédet rögzítettünk kétféle környezetben: „zajos” és „csendes” helyzetben. A kísérleti személyeket arra kértük, hogy a munkájukról, illetve a szabadidős tevékenységükről beszéljenek folyamatosan. Az instrukció szerint, bármilyen történést is, a téma kifejtését folytatniuk kellett (de nem közöltük velük, hogy zajos környezetet fogunk teremteni). Egy perc elteltével beszédzajt közvetítettünk szabad hangtérben, ezzel a mindennapokban gyakran előforduló kommunikációs helyzetet szimuláltunk. A beszédzaj természetesnek tekinthető, hiszen a mindennapokban gyakori; nem meglepő, nem ismeretlen zaj, előfordul, hogy váratlanul ilyen helyzetbe kerül a beszélő, tehát a szituáció nem idegenszerű. A beszédzaj spektrális eloszlása pedig alkalmas a saját beszéd kvázi-elfedésére (1. ábra). A háttérzaj kifejezetten e kísérlet céljára rögzített öt résztvevős társalgás volt. Minden kísérleti személy pontosan ugyanazt a háttérzajt hallotta. A társalgás eredetileg 10 percig tartott, ebből választottunk ki azt az egyperces időtartamú részt, amelyben a résztvevők egyidejűleg beszélnek. További egy percben a kísérleti személyeknek ebben a háttérzajban kellett beszélniük. Az átlagos jel/zaj arány 15 dB volt (a beszéd átlagos intenzitása 15 dB-lel volt magasabb, mint a háttérzajé).

A kísérleti személyek spontán beszédét mind a „zajos”, mind a „csendes” helyzetben úgy rögzítettük, hogy az anyag további akusztikai fonetikai elemzésekre alkalmas legyen (a mikrofon távolságának és árnyékolásának kialakításával). Ezzel biztosítottuk, hogy a hangfelvétel a háttérzajt nem tartalmazta. A beszédet közvetlenül számítógépre rögzítettük 44 kHz-es mintavételezéssel, majd a Praat szoftverrel (4.04-es verzió) elemeztük. Vizsgáltuk az intenzitást, az alaphangmagasság és a frekvenciartomány sajátosságait, változásait, a tempó alakulását és a megakadásjelenségek típusait és előfordulásukat. A szünetek elemzésekor mind a kitöltött, mind a kitöltetlen jelkimaradásokat (függetlenül attól, hogy ez utóbbiak légzési szünetek voltak-e vagy sem)

számításba vettük. Az előfordulásuk vizsgálatok a szubjektíven észlelhető jelkimaradásokat adatoltuk, míg az időtartamuk mérésekor csak a 100 ms-os vagy annál nagyobb jelkimaradásokat vettük tekintetbe. A statisztikai elemzéseket az SPSS program 8.0-s verziójával végeztük, 95%-os szignifikancia-szinten (párosított t -próba, egytényezős ANOVA).



1. ábra

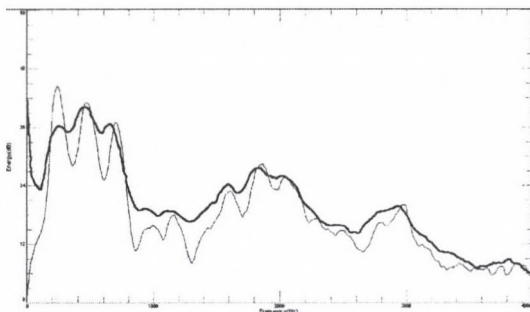
A háttérzajként használt társalgás egy részletének energiaspektruma (felső kép) és hangszíneke (alsó kép)

16 adatközlő, 8 nő és 8 férfi vett részt a kísérletben (20 és 30 év közöttiek). Ép hallásúak, egyiküknek sem volt beszédhibája, valamennyien érettségizettek, hatan felsőfokú végzettséggel rendelkeznek.

2. Beszédmegértési kísérlet

Tudományos ismeretterjesztő szöveget (az idő mérésének történetéről) női bemozdóval, átlagos beszédtempóban csendes helyiségben rögzítettünk közvetlenül számítógépre (44 kHz-es mintavételezéssel). A felvétel tartama 3,4 perc. Ezt a szöveget használtuk a kísérletek egyik részében, a másik részében ugyanezt a szöveget zajjal elfedve. Az előzőekben leírt társalgási zajt használtuk az elfedéshez; a jel/zaj viszony 15 dB volt (a háttérzaj tehát csekély mértékben fedte el a beszéd jellemző akusztikai kulcsait), vö. 2. ábra. A elfe-

dő beszédzaj hatására az átlagos energiagörbén a zaj nélküli állapothoz képest sokkal kiegyenlítettebbek a maximumpontok, aminek következtében az eredeti beszédhangok formáns helyei kevésbé dominálnak.



2. ábra

A zajos (vastag vonal) és a nem zajos (vékony vonal) tesztanyag 400 ms tartamú azonos beszéd-részletének átlagolt energiagörbéje (LTA)

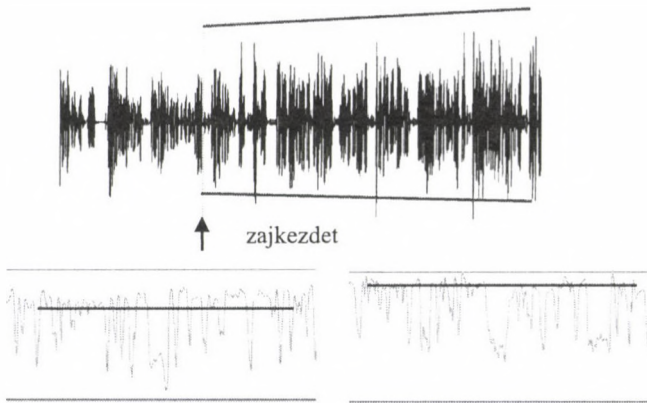
A kétféle hanganyagot (zaj nélküli és zajjal fedett felolvasást) 16 és 18 éves, ugyanazon budapesti gimnáziumba járó, összesen 88 diákkal hallgattatuk meg; majd kértük őket, hogy írásban 10 megértést ellenőrző kérdésre válaszoljanak. Négy osztály vett részt a kísérletben (osztályonként 22 fő), mindkét évfolyamban az egyik osztály a zaj nélküli, a másik pedig a zajos szöveget hallgatta meg. A helyes válaszok adatait statisztikailag elemeztük (mint a fenti kísérletben).

Eredmények

1. Beszédproduktív kísérlet

A szakirodalomban újra és újra leírt, igazolt intenzitásváltozást, tehát a Lombard-hatást minden beszélőnél tapasztaltuk. Az egyes személyek között azonban jellegzetesek a különbségek, és eltérők az aktuális értékek (3. ábra). Az ábra regisztrátumai (rezegekép és intenzitásgörbék) szemléltetik az adott beszéd-részlet intenzitásának alakulását csendben és zajban.

Az elemzett spontán beszéd átlagos intenzitása csendben 66,06 dB volt (az átlagos eltérés: 1,387 dB), míg zajban 78,46 dB (az átlagos eltérés 2,948 dB). A beszédzaj hatására tehát a beszélők mintegy 12 dB-lel növelték meg a beszéd átlagos hangerejét. A legkisebb intenzitásváltozást egy férfi beszélőnél tapasztalunk, mindössze 5 dB-et átlagosan, a legnagyobbat egy női beszélőnél, ez átlagosan 15 dB-nek adódott. A beszédintenzitás különbsége a csendes és zajos helyzetben szignifikánsan különbözött (a párosított t -próba adatai: $t(15) = -9,946, p < 0,001$).



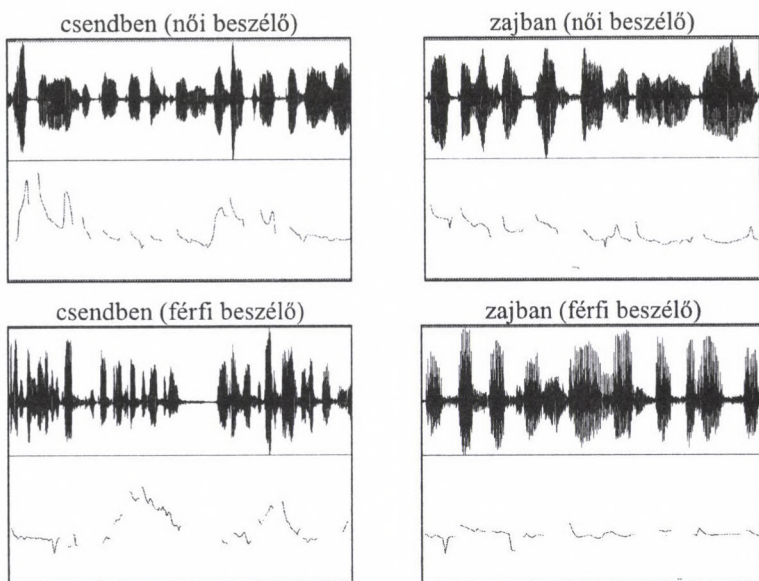
3. ábra

A beszéd intenzitásviszonyai csendes (bal oldali intenzitásgörbe, a vonal az átlagos 66 dB-t jelzi) és zajos (jobb oldali intenzitásgörbe, a vonal az átlagos 78 dB-t jelzi) környezetben

A beszéddallam elemzési eredményei további különbségeket igazoltak a csendes és a zajos környezetben elhangzó beszéd között. Az adatközlők monotonabban beszéltek a zaj hatására, alig-alig fordultak elő kiemelkedő dal-lamcsúcsok, a beszéddallam szinte nem mutatott változást az időben (vö. 4. ábra). Jellegzetesen módosult az a frekvenciatartomány is, amelyben a kísérleti személyek beszéltek. Csendben nagyobb mértékben használták ki az alaphangmagasság frekvenciatartományát, szélesebb tartományban valósult meg a beszédük. Zaj hatására szűkülés következett be.

Az alaphangmagasságban is módosulás volt tapasztalható, többnyire emelkedés. Ez bizonyos fokig az intenzitásnövekedés velejárója. A beszéddallam modulálása és a használt frekvenciatartomány mindazonáltal sokkal nagyobb egyéni különbségeket mutatott, mint az intenzitásváltozás. A férfi beszélőknél az alaphangmagasság átlagosan 9 Hz-cel növekedett zajos környezetben. Ez a változás azonban nem mindenkinél következett be, sőt akadtak olyan résztvevők is, akiknél csökkenést tapasztaltunk a csendes környezetben adatolt alaphangértékhez képest. Ha tekintetbe vesszük, hogy az intenzitás növekedése mindig a hangmagasság emelkedésével jár együtt, akkor mégis kimondható, hogy a zaj hatására valamiféle változás minden beszélőnél kimutatható volt. A férfiak átlagos alaphangmagassága csendben 98,14 Hz volt (az átlagos eltérés: 6,33 Hz), zajban 107,42 Hz (az átlagos eltérés: 8,28 Hz). Az értékek statisztikailag szignifikáns különbséget mutatnak (párosított t -próba: $t(7) = -3,112$, $p < 0,008$). A kísérletben részt vevő női beszélőknél azonban nem találtunk szignifikáns eltérést az alaphangmagasságban a csendes, illetve zajos

környezetben (párosított t -próba: $t(7) = -2,211$, $p < 0,063$). A nők alaphangmagasságának átlaga csendben 197,1 Hz volt (az átlagos eltérés: 9,96 Hz), zajban pedig 200,4 Hz (az átlagos eltérés: 8,32 Hz). Valamennyi beszélőnél szűkült a beszéddallam frekvenciasávja zaj hatására. Tizenöt beszélő esetében monoton(abb) lett a beszédprodukción zajban, mint csend esetén. Mindössze egyetlen (férfi) beszélőnél nem tapasztaltunk különbséget.



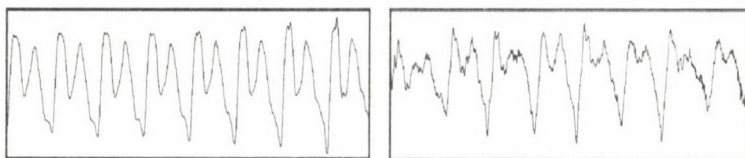
4. ábra

A beszéddallam változásai a csendes és a zajos környezet függvényében

A használt frekvenciasáv csendben 80 Hz és 210 Hz közötti volt a férfibeszlőknél és 100–290 Hz közötti a női beszélőknél. Zajos környezetben a férfiak beszéde 60–140 Hz-es sávra, a nőké pedig 170–250 Hz-es frekvenciasávra módosult. A különbség a férfiaknál 50 Hz-es sáv, a nőknél pedig 110 Hz-es sáv, mindkét nemnél zajban tapasztaltuk a szűkebb frekvenciasávokat. A százalékban kifejezett különbség jelentős: a férfiaknál 11%, a nőknél viszont 49%. Ezek az értékek azt mutatják, hogy zaj hatására a nők beszéde nagyobb mértékben szűkül a frekvenciatartomány tekintetében, mint a férfiaké. Az abszolút értékek jelzik a jól ismert tényt, hogy a férfiak használt beszédfrekvencia-tartománya csendben szűkebb a nőkre jellemzőnél. Újabb vizsgálatok azt is kimutatták, hogy nem csupán a beszéd frekvenciatartomá-

nya, hanem a leggyakrabban használt frekvenciasáv is szűkebb a férfiaknál a nőkéhez viszonyítva (Beke 2008).

A zaj hatására a zöngéképzés is módosul, préseltebb, levegősebb lesz a megnövekedett intenzitással és a frekvenciataromány szűkülésével együtt. Korábbi glottográfós vizsgálatok (Balázs–Gósy 1988) igazolták, hogy a kísérleti személyek nagyobbik részénél a glottogramok jelentős eltérést mutatnak a normálishoz képest. A zaj hatására préselt, feszített zöngét azonosítottak. Változott a nyakizomzati munka, a hangindítás és a levegővételi technika is. Az 5. ábra ugyanannak a beszélőnek azonos fonetikai helyzetű magánhangzójából kivágott öt periódusú szemléltet csendes és zajos beszédkörnyezetben. Csendes beszédkörülmenyek között a rezgések egyenletesebb periódusokat mutat, a zöreje jelenléte szinte nem tapasztalható, mindezt igazolja a spektrogram is. A zaj hatására módosult a zöngéképzés, s ennek a következménye látható a rezgéseken és a hangszíneken is. Zöreje superponálódott a zöngére, amely kevésbé egyenletes periódusokat tartalmazott, és jelentkezett a levegős zöngéképzés.



5. ábra

Az [e] magánhangzó nyolc-nyolc periódusának rezgéseke és hángszínkepe csendben (bal oldalon) és zajban (jobb oldalon)

Az artikulációs és a beszédtempót, illetőleg a szünethelyeket elemeztük mindkét beszédhelyzetben valamennyi kísérleti személynél. Szignifikáns különbséget találtunk a szünetek számában, azaz előfordulásában (párosított t -próba: $t(15) = -10,193$, $p < 0,001$) és időtartamában (független t -próba: $F(1, 502) = 11,625$, $p < 0,001$). A zaj hatására a beszélők gyakrabban és hosszabb szüneteket tartottak, mint csendes körülmények között (1. táblázat), bár az individuális eltérések elég nagyok. A szünetekben adatolható különbségek nem csupán a beszédtempó alakulására hatnak, hanem jelzik a beszédtervezési folyamatokban feltételezett eltéréseket. A több és hosszabb szünet arra utal, hogy a beszélők megszokott beszédproduktions stratégiáit megzavarja a szünet, mind az átalakítási, mind az előhívási folyamatok több időt vesznek igénybe, és nagyobb kontrollt igényelnek.

A háttérzaj hatására a beszélők többségénél a szünetek módosulásán és a megakadásjelenségek változásán túl számos egyéb megnyilatkozást is tapasztaltunk, kényszerű nevetéseket, köhécselest, torokköszörülést, lihegést.

1. táblázat: A szünetek előfordulásának és időtartamának adatai csendes és zajos körülmények között

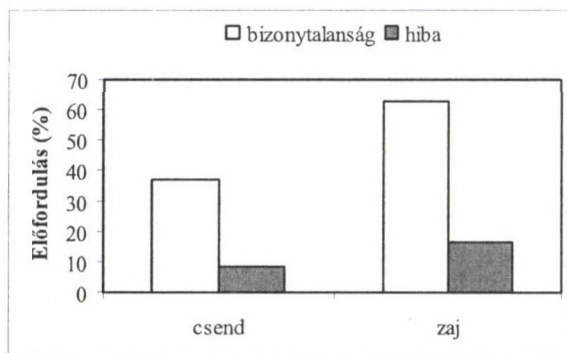
Tényezők	A spontán beszéd szüneteinek adatai			
	csendben		zajban	
	Átlag	Átl. eltérés	Átlag	Átl. eltérés
Előfordulás (db)	22,93	4,68	29,12	4,91
Időtartam (ms)	204,18	105,15	324,00	129,01

Az artikulációs tempó átlaga csendben 12,31 hang/s (az átlagos eltérés: 0,92 hang/s), míg zajban átlagosan 13,25 hang/s (az átlagos eltérés: 0,73 hang/s). A különbség ugyan kicsi, de szignifikáns (párosított *t*-próba: $t(15) = -4,186$, $p < 0,001$). Ez azt jelenti, hogy a beszédhangok sorozatainak képzésében a zajos környezetben bekövetkező gyorsulás nem véletlen, hanem a zajhatás következménye. Az egyéni különbségek várhatóan nagyok; vannak beszélők, akiknél alig jelentkezik eltérés a másodpercenként ejtett hangok számában, míg vannak, akiknél ez jelentős, akár 2-2,5 hang/s-mal is gyorsul az artikuláció zajos beszédhelyzetben. A beszédtempó (tehát a szüneteket és megakadásokat is tekintetbe vevő elemzés) értékei is matematikailag igazolható különbséget mutatnak (kétmintás *t*-próba: $t(15) = 12,575$, $p < 0,001$), ami előjelezhető volt a szünetek hosszának és időtartamának ismeretében a kétféle beszédhelyzetben. A beszédtempó átlaga csendben 124,22 szó/perc (az átlagos eltérés: 9,63 szó/perc), míg zajban 109,26 szó/perc (az átlagos eltérés: 8,86 szó/perc). A különbség átlagosan 15 szó percenként. Az artikulációs tempó kisebb mértékben növekszik, mint amilyen mértékben a beszédtempó lassul, összességében tehát a zaj hatására lassulást tapasztalunk, ami a beszédtervezés érintettségére utal. Sajátos diszharmonia alakul ki. A beszélő tudat alatt igyekszik a kellemetlen helyzetből minél előbb szabadulni, ezért megpróbálja gyorsan megfogalmazni és kiejteni a gondolatait. A zavaró tényező (itt: a háttérzaj) miatt azonban a gondolatok nyelvi átalakításának folyamatai nehezítettek, amit a beszélő a gyorsabb artikulációval tovább nehezít. Mindennek eredményeként sűrűsödnek és hosszabbodnak a kitöltött és kitöltetlen szünetek.

Elemeztük a megakadásjelenségeket, mindkét típusúakat, a beszédtervezés bizonytalanságára utalókat és a hibákat. A bizonytalanságra utalók csendes és zajos helyzetben is előfordultak: ismétlések, hezitálások, nyújtások, újraindítások és tölteléksszavak. A megjelenési gyakoriságuk azonban jelentősen megnövekedett a zajos környezetben (6. ábra).

A hibák (pl. nyelvbotlások, téves kezdések, grammatikai hibák) előfordulása is jóval nagyobb mértékű a zajos környezetben rögzített spontán beszédanyagban. Nem található meg azonban minden lehetséges hibatípus. A gyakoriságon túl jellegzetes különbség a csendes és a zajos monológok között az,

hogy többféle hiba jelenik meg a zaj hatására. Sorrendiségi hiba például csendes körülmények között nem fordult elő.



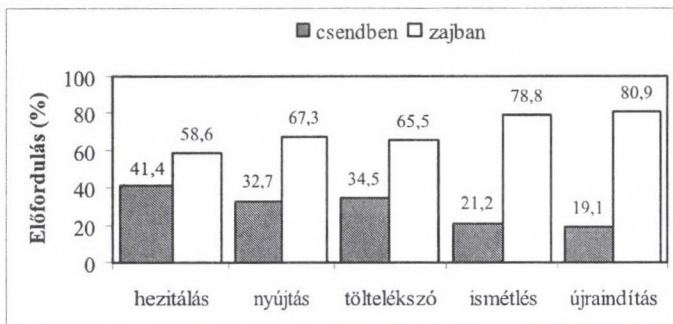
6. ábra

A megakadásjelenségek két típusának, a bizonytalanságnak és a hibának az előfordulása a kétféle beszédkörnyezetben

A megakadásjelenségek előfordulása egyértelműen összefügg a zaj megjelenésével, a két beszédhelyzetben rögzített spontánbeszéd-anyagok e tekintetben is szignifikáns különbséget mutatnak (egytényezős ANOVA: $F(1, 31) = 12,517$, $p < 0,001$). Az összes megakadás előfordulásának átlaga csendben 10,37 (az átlagos eltérés: 3,34), zajban pedig 18,50 (az átlagos eltérés 8,55). A jelen kísérletben részt vevő beszélők csendben átlagosan 1,41 megakadást produkáltak másodpercenként, míg zajban átlagosan 2,31 megakadást. A bizonytalanságra utaló megakadások közül csendben legnagyobb arányban a hezitálás fordult elő, míg zajban legtöbbször az újraindítás, majd a nyújtás, illetve az ismétlés (7. ábra). Néhány példa: *a m mindennapos programjaikat, ez ő ez ez családi, és aztán újra újrazedtem, jogászóók orvosóók meg másók, és nagyon sssok más*. Az ok feltehetően mindkét esetben az, hogy a nyelvi átalakítás a különböző beszédproduktions szinteken nehezített, a nyújtások az ismétlések és az újraindítások arra utalnak, hogy a kontroll mechanizmus kevésbé hatásosan működik.

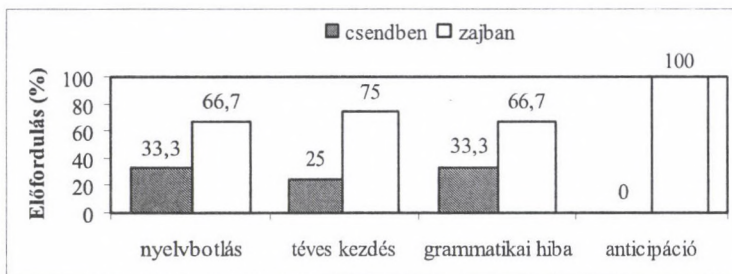
A legalább háromszor előforduló hibatípusokat szemlélteti a 8. ábra. Szembetűnő, hogy az anticipáció milyen gyakori zajos környezetben. Ez azt igazolja, hogy a gondolati tervezéssel a nyelvi tervezés nem tud megfelelően haladni, elővételez olyan nyelvi elemeket, amelyek az adott nyelvi struktúra egy későbbi időpillanatában szükségesek. Például: *gép idézőjelbe csak gépir-ni tudnak vagy szssz például ő ő számítógépes*; hibás grammatikai forma: *kérdezem én, akkor ne is tartják meg az órát?* (helyesen: *ne is tartásák meg*). Meglehetősen nagy arányú a téves kezdések megjelenése, például *azon izgu-*

lok ho legjobban mert. Azt feltételeztük, hogy a nyelvbtlások jóval nagyobb mértékben fordulnak elő a zaj hatására, ez azonban nem igazolódott. A háttérzaj tehát nem feltétlenül az artikulációs kivitelezést, hanem legalább annyira a megelőző nyelvi tervezési folyamatokat bizonytalanítja el. Nem fordult elő ugyanakkor sok téves szótalálás (pl.: *a tézisfüzetet megszervezni*, a szándékolt: *megszerkeszteni*).



7. ábra

A bizonytalanságra utaló megakadások arányai a kétféle beszédkörnyezetben

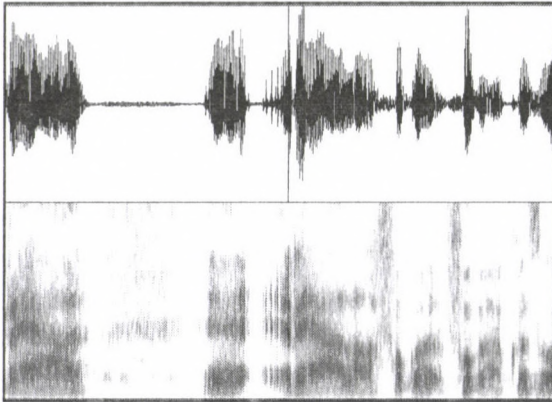


8. ábra

A hiba típusú megakadások arányai a kétféle beszédhelyzetben

A bizonytalanságra utaló és a hiba típusú megakadások láncszerűen is követhetik egymást. A 9. ábra egy ilyen példát mutat be a rezgéskép és a hangszinkép segítségével, a beszédrészlet: *reál reállal fogal foglalkozó*. A zajban beszélő önellenzési folyamata a kimondott *reál* szóról megállapítja, hogy hibás, ezt jelzi a hosszú, 673 ms-os néma, sóhajt tartalmazó szünet, majd az azt követő 250 ms-ös kitöltött szünet (hezitálás, az *őö* betűkkel jelölve). A 80 ms-os rövid néma szünet után egy 176 ms-os vokalizáció hallható, amit a korigált szó, a *reállal* követ. A beszélő azonban alighogy túljut mindezen,

egy váratlan nyelvbtlás (kiesés) idéz elő ismét diszharmóniát, amelyet még a szó befejezése előtt észlel és azonnal javít (*fogal – foglalkozó*). Az önjavítás artikulációs gyorsulással jár együtt, amíg a *fogal* szókezdet ejtése 402 ms-ig tart, addig a *fogal* szórésztlet tartama 326 ms. A 3,136 másodperces beszéd-részletben hatféle megakadás fordult elő.



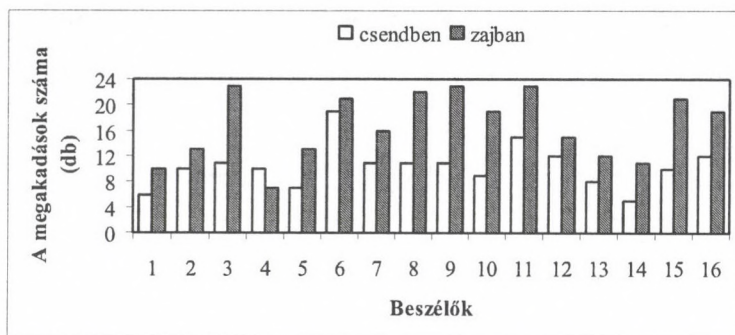
reál SÓHAJT öö NYÖG reállal fogal foglalkozó

9. ábra

Megakadássorozat egy zajban elhangzó spontán beszédből

Az egyének közötti különbségek valamennyi megakadás esetében nagyok, pontosabban azok mennyiségében és típusainak megjelenésében az egyes beszélők jelentős eltéréseket mutatnak (10. ábra). Vannak olyanok, akiknél alig van különbség a megakadások számában a kétféle beszédhelyzetben, sőt egy férfi beszélőnél csendben valamivel több megakadást adatoltunk, mint zajban. A résztvevők nagyobb részénél azonban a beszédzaj hatására jelentősen megnövekedtek a diszharmóniás jelenségek, s ezek különféle megakadásokban voltak tetten érhetők.

A különböző zajoknak (fogfúrás, kutyaugatás, légkalapács, zene, fülhallgatón közvetítve, a zaj/jel viszony 80 dB volt) a spontán beszédre gyakorolt hatását vizsgálta kísérletében Gyarmathy (2008). Adatközlőinél kismértékben csökkent a megakadások száma a zaj hatására, kivéve a kutyaugatást. Az egyes megakadástípusok száma ugyanakkor megnövekedett a zajok hatására. A fogfúrás hatására például 18-féle megakadást produkáltak a kísérleti személyek. A beszélők által tartott szünetek hossza a különféle zajok hatására megnövekedett (ez alól csak a zene volt kivétel).



10. ábra

A megakadások száma személyenként a kétféle helyzetben

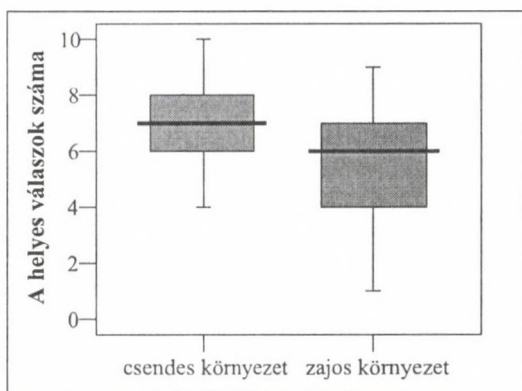
2. Beszédmegértési kísérlet

Említettük, hogy a háttérzaj nemcsak a beszédprodukcóra, hanem a beszédmegértésre is hatást gyakorolt. Az eddigi kutatások szerint a zajban csökkent beszédérthetőség miatt a hallgató megértése romlik, avagy csak fokozott figyelemkoncentrációval tudja ellensúlyozni a zavaró hatást. Saját vizsgálataink igazolták, hogy a zajjal fedett mondatok felismerése gyermekkorban nehéz, és életkor-specifikusan működik (Gósy–Horváth 2006). A jelen kísérletben 16 és 18 éves gimnáziumi tanulók szövegértését teszteltük. A szövegértési adatok mindkét korosztályban különbséget mutatnak a beszédzaj jelenlététől függően (3. táblázat).

3. táblázat: A szövegértés adatai zajos/nem zajos szöveg esetén

Csoportok	Szövegértési teljesítmény (%)			
	csendben		zajban	
	Átlag	Átl. eltérés	Átlag	Átl. eltérés
16 évesek	67,7	17,7	51,3	21,4
18 évesek	74,5	13,7	59,5	18,8

A két korosztály között sem a zaj nélküli, sem a zajos szöveg megértésében nem volt szignifikáns különbség, azonban mind a 16, mind a 18 évesek matematikailag igazolható eltérést mutattak a zajos és a nem zajos szöveg megértésében (párosított t -próba 16 éveseknél: $t(21) = -2,737$, $p < 0,012$; 18 éveseknél: $t(21) = -3,139$, $p < 0,005$). A 11. ábra grafikonja összevontan szemlélteti a 88 diák beszédmegértési adatait a zajos/nem zajos szöveg függvényében; az eltérések jól láthatók.



11. ábra

A szövegértést ellenőrző kérdésekre adott helyes válaszok száma a zaj nélküli és a zajjal fedett szöveg esetén (az összes diák adata alapján, medián és szóródás)

Következtetések

Zajos környezetben a beszélők hangosabban és kissé gyorsabban, szűkebb frekvenciasávban és monotonabban beszélnek. Ilyenkor a beszédfeldolgozás korlátozott, a megértés biztonsága csökken, az értelmezés pontossága gyengébb, mint csendben. Kimondható, hogy a zaj egyértelműen negatív, nemkívánatos hatást gyakorol mind a beszélőre, mind a hallgatóra. A zaj kellemetlen vegetatív és pszichés állapotot is teremt(het) a verbális kommunikációban résztvevők számára.

Az audiológia hallási adaptációnak nevezi azt a jelenséget, amikor az érzékenység csökken a megelőző hanginger következtében (Pauka 1982). Az adaptáció viszonylag rövid és kis intenzitású hangbehátás után is kimutatható. A Lombard-hatás az adaptációnak egy sajátos megnyilvánulása, amikor a beszédprodukciónak minőségét érinti a környezeti hanghatás (a zaj). Megállapítható, hogy a Lombard-hatás nem csupán az intenzitás megemelkedésében jelentkezik. Multifaktoriális jelenségről van szó, amely a beszédtervezés valamennyi szintjét érinti; a hallási visszacsatolás alapján a beszédtervezési és a beszédkivitelezési folyamatok működési diszharmonijához vezet. A zajhatás természetesen nem független a zajtípustól és az intenzitástól. Az impulzusos zaj sokkal kellemetlenebb, és bizonyos körülmények között súlyosabb halláskárosodást okoz, mint az állandósult zajállapot. Különösen fontos figyelemmel lenni például az osztálytermi zajszintre (ez nem haladhatja meg a 35 dB-t a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004-es kormányrendelet szerint). Adataink azt mutatták, hogy még a relative halk tárgyalás is beszédmegértési nehézségekhez vezet.

Irodalom

- Amazi, Deborah K. – Garber, Sharon R. 1982. The Lombard sign as a function of age and task. *Journal of Speech and Hearing Research* 25. 581–585.
- Balázs Boglárka – Gósy Mária 1988. Környezetünk hangjelenségeinek hatása a beszédre. *Fül-Orr-Gégegyógyászat* 34. 145–150.
- Beke András 2008. A felolvasás és a spontán beszéd alaphangszerkezeteinek vizsgálata. *Beszédkutató* 2008. 94–108.
- Von Békésy, George 1949. The structure of the middle ear and the hearing of one's own voice by bone conduction. *Journal of the Acoustical Society of America* 21. 217–232.
- Brumm, Henrik 2004. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* 73. 434–441.
- Brumm, Henrik – Slater, Peter J. B. 2006. Animals can vary signal amplitude with receiver distance: evidence from zebra finch song. *Animal Behaviour* 72. 699–705.
- Brumm, Henrik – Voss, Katrin – Köllmer, Ireen – Todt, Dietmar 2004. Acoustic communication in noise: Regulation of call characteristics in a New World monkey. *Journal of Experimental Biology* 207. 443–448.
- Castellanos, Antonio – Benedi, José-Miguel – Casacuberta, Francisco 1996. An analysis of general acoustic-phonetic features for Spanish speech produced with the Lombard effect. *Speech Communication* 20. 23–35.
- Egnor, Roian, S. E. – Hauser, Marc D. 2006. Noise-induced vocal modulation in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *American Journal of Primatology* 68. 1183–1190.
- Ghazanfar, Asif A. – Pinsk, Mark A. 2003. Speech perception: Linking comprehension across a cortical network. *Current Biology* 17. 29–33.
- Gósy Mária 2005. *Pszicholingvisztika*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Gósy Mária – Horváth Viktória 2006. Beszédfeldolgozási folyamatok összefüggései gyermekkorban. *Magyar Nyelvőr* 130. 470–482.
- Gósy Mária 2008. Önellenőrzési folyamatok a beszédben. *Magyar Nyelv* (megjelenőben).
- Gyarmathy Dorottya 2008. Különböző zajok hatása a beszédprodukcóra. *Alkalmazott Nyelvtudomány* (megjelenőben).
- Hansen, John H. L. 1996. Analysis and compensation of speech under stress and noise for environmental robustness in speech recognition. *Speech Communication* 20. 151–173.
- Hativa, Niva 2000. *Teaching for effective learning in higher education*. Springer, Berlin–Heidelberg.
- Hygge, Staffan 2003. Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology* 17. 895–914.
- Junqua, Jean-Claude 1996. The influence of acoustics on speech production: A noise-induced stress phenomenon known as the Lombard reflex. *Speech Communication* 20. 13–22.
- Kloepfer, Michael – Griefahn, Barbara – Kaniowski, Andrzej M. – Klepper, Gernot – Lingner, Stephan – Steinebach, Gerhard – Weyer, Heinrich W. – Wysk, Peter 2006. *Leben mit Lärm?* Springer, Berlin–Heidelberg.
- Kryter, Karl D. 1959. Scaling human reaction to sound from aircraft. *Journal of the Acoustical Society of America* 31. 1415–1429.

- Lane, Harlan – Tranel, Bernard 1971. The Lombard sign and the role of hearing in speech. *Journal of Speech and Hearing Research* 14. 677–709.
- Lazarus, H. 1990. New methods for describing and assessing direct speech communication under disturbing conditions. *Environment International* 16, 373–392.
- Lombard, Etienne 1911. Le signe de l'élévation de la voix. *Annales des Maladies de l'Oreille et du Larynx* 37. 101–119.
- Nonaka, Satoshi – Takahashi, Ryuji – Enomoto, Keiichi – Katada, Akihiro – Unno T. 1997. Lombard reflex during PAG-induced vocalizations in decerebrate cats. *Neuroscience Research* 29. 283–289.
- Pauka Károly 1982. A beszéd megértése. In Bolla Kálmán (szerk.): *Fejezetek a magyar leíró hangtanból*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 175–233.
- Postma, Albert – Kolk, Herman J. 1993. The covert repair hypothesis: prearticulatory repair processes in normal and stuttered disfluencies. *Journal of Speech and Hearing Research* 36. 472–87.
- Rabin, Lawrence A. – McCowan, Brenda – Hooper, Stacie L. – Owings, Donald H. 2003. Anthropogenic Noise and its effect on animal communication: an interface between comparative psychology and conservation biology. *International Journal of Comparative Psychology* 16. 172–192.
- Rosenblum, Lawrence, D. – Johnson, Jennifer A. – Saldaa, Helena M. 1996. Point-light facial displays enhance comprehension of speech in noise. *Journal of Speech and Hearing Research* 39. 1159–1170.
- Schneider, Bruce A. – Daneman, Meredyth – Murphy, Dana R. 2005. Speech comprehension difficulties in older adults: Cognitive slowing or age-related changes in hearing? *Psychology and Aging* 20. 261–271.
- Skowronski, Mark D. – Harris, John G. 2006. Applied principles of clear and Lombard speech for automated intelligibility enhancement in noisy environments. *Speech Communication* 48. 549–558.
- Summers, W. Van – Pisoni, David B. – Bernacki, Robert H. – Pedlow, Robert I. – Stokes, Michael A. 1988. Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *Journal of the Acoustical Society of America* 84. 917–928.
- Wassink, Alicia Beckford – Wright, Richard A. – Franklin, Amber D. 2007. Intraspeaker variability in vowel production: An investigation of motherese, hyper-speech, and Lombard speech in Jamaican. *Journal of Phonetics* 35. 363–379.
- Winkworth, Alison L. – Davis, Pamela J. 1997. Speech breathing and the Lombard effect. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 40. 159–169.
- Zeine, Lina – Brandt, John F. 1988. The Lombard effect on alaryngeal speech. *Journal of Communication Disorders* 21. 373–383.