

Zárhangok, réshangok, affrikáták hangszínképe

1. Az elemzés módja

Hangszínélményünk a beszédhangok spektrumán, a beszédhangok összetevőinek viszonylagos hangerején alapul. A spektrum folyamatos változását szemléletesen ábrázolják a sonagramok, melyeken a foltok, vonalak sötétségi foka jelzi a réshangok intenzitását. A réshangok viszonylagos erejének szám-szerű meghatározását az „amplitúdó-metszetek” teszik lehetővé, melyek egy bizonyos időpontban adott réshangok intenzitását a frekvencia függvényében ábrázolják. Az „időpontnak” valójában kiterjedése van, és 5 ezredmásodperces időtartamot jelent. Az ezen az időtartamon belül mutatkozó réshangok átlagos intenzitását ábrázolja az „amplitúdó-metszet”. A Kay Sona-Graph (vö. POTTER et al. 1946, PULGRAM 1959) nem nyújt módot annak meghatározására, hogy a felvett mondaton belül melyik ponton, azaz melyik ponttól melyik pontig kívánjuk átlagolni a spektrumot. Ez már a réshangok elemzésénél — sőt a magánhangzókénál is — zavart okozhat. Ha például, a véletlen szeszélye folytán a *szössz* szó [s] hangjának az elejét csípjuk ki, és a *szössz* szóvégi [s] hangjának a végét, azt tapasztaljuk, hogy a második [s] hangban gyengébb a felső tartomány. Az artikuláció ellazulásával, a rés megnövekedésével arányosan csökken ugyanis a hang „élessége”, fokozatosan gyengül a hang spektrumának felső tartománya. Ebből azt a téves következtetést vonhatnánk le, hogy a *szössz* szó [s] hangja adott esetben világosabb volt.

Még zavaróbb a Sona-Graphnak ez a fogyatéka, ha zárhangok vagy affrikáták mérésére kerül sor. Ugyanarról a hangról mérésenként más és más — minden esetben igen sovány — eredményt kapunk, feltéve, hogy egyáltalán sikerült „eltalálnunk” a rövid impulzust.

C. J. FOURCIN (1965) a londoni University College és a párizsi Institut de Phonétique Sona-Graph-ját úgy módosította, hogy a 2,4 másodperces felvételen belül bármely általunk választott, 0,1 sec-nál nagyobb szegmentum spektruma integrálható, összegezhető legyen. Ha például a zárhang néma periódusától a zárhangot követő magánhangzóig terjedő szakaszt jelöljük ki, akkor a felpattanási zörej teljes egészében belekerül a spektrumba, és minden egyebet kirekesztünk belőle. Megmérhetjük a szóvégi [s] hang első, második és utolsó harmadát, egy affrikáta első és második felét, é. i. t. FOURCIN módosítása éppen ezért rendkívül megkönnyíti a mássalhangzók, és főként az impulzus jellegű zörejek (zárhangok, affrikáták) mérését, melyek az integrált spektrálanalízis segítségével foghíjmentes, világos kontúrt nyújtanak (vö. 1. ábra).

Az egyes hegyvonulatok az [i] szomszédságában álló szóeleji illetve a szóvégi [k] felpattanási zörejének integrált spektrumát adják. Az 1. ábrán két szóeleji és két szóvégi [-k]-t látunk, kereszttrím-szerű elrendezésben. Szemmel

látható, hogy a szóeleji [kⁱ-] hangok hegyvonulatai jobban hasonlítanak egymáshoz, mint a szóvégi [-k] hangokéhoz. Fő csúcsuk szinte pontosan egybeesik (2,1 kHz táján), és hasonlóan hullámszik lefelé jobboldali lejtőjük, a dombocskák mintegy 0,8 kHz-re fekszenek egymástól mindkét esetben. Egymáshoz hűz a két szóeleji [kⁱ-] is, ha nem fedi is egymást pontosan a két hegyvonulat. A két fő csúcs mintegy 450 Hz-cel feljebb tolódott. Ha egy család tagjainak arcképeit egymásra fényképezik, többnyire kiemelkednek a közös, családi vonások, az egyéni eltérések pedig elmosódnak. Mi az integrált hangszínkép-görbék egymásra rajzolásával próbáltunk hasonló eredményt elérni, azonos helyzetben álló mássalhangzók — azaz a mikrofónémák (TWADDEL 1935) — közös vonásait kiemelni (2. ábra). A továbbiak folyamán az egymással többé-kevésbé párhuzamosan futó, gyakran egymást keresztező görbéket egy felső és alsó burkológörbével helyettesítettük (3. ábra).

A magyar réshangok hangszínképével TARNÓCZY TAMÁS foglalkozott először kis szóanyag alapján (*mosson, lessen, hosszú, hisszük, puffan, liffen, aha, lachen, sicher, nothing*), de igen behatóan (1954). MAGDICS KLÁRA a magyar beszédhangok akusztikai szerkezetéről szóló monográfiájában (1965) külön fejezetet szentel a mássalhangzóknak. A zárhangokat, réshangokat, affrikátákat locusok¹ alapján jellemzi. A zárhangok és affrikáták spektrumának kvantitatív elemzésére az integrátor nélkül működő Sona-Graph nem is nyújt megfelelő állapot.

Vizsgálataink két budapesti születésű kísérleti alany ejtésén alapulnak. Az alányok 100, többnyire egyszerű mondatot mondtak mikrofónba — egyszer zöngésen és egyszer suttogva — a londoni University College utözengésmentes felvételi helyiségében.

A szavakat úgy választottuk meg, hogy a vizsgált zöngés és zöngétlen zárhangok, réshangok, affrikáták azonos hangkörnyezetben szerepeljenek (*láp-láb, tyukok-csukok*), s másrészt ugyanazok a mássalhangzók szerepeljenek [i], [a], [u] szomszédságában (*hit, fut, át*).

A felvevő és regisztráló berendezések karakterisztikájának ismerete lehetővé teszi az eredmények kvantitatív értékelését.

A spektrum-integráció módszerével igyekszünk további lépést tenni a magyar mássalhangzók elemzése terén. Az eredmények „integrálásától” a magyar mássalhangzó-rendszer összefoglaló elemzésétől még igen sok választ el, mindenekelett a mássalhangzók szintézisén alapuló észlelés-lélektani vizsgálat.

2. A zárhangok hangszínképe

Az angol zárhangokkal végzett szintetikus kísérletek tanúsága szerint a [p] hangot viszonylag mély frekvenciájú, impulzus-jellegű zörej képviselheti,

¹ A „locus” fogalmát a sonagraphikus vizsgálatoknak köszönhetjük. Hamarosan kiderült, hogy a magánhangzók formánása a következő mássalhangzó előtt irányt változtat, illetve mássalhangzó után emelkedve vagy lejtve éri el sajátos szintjét. Labiális zárhang előtt a magánhangzó 2. formánása lejt, denti-alveoláris és veláris zárhang előtt emelkedik. Nem minden magánhangzó formánása ereszkedik, illetőleg emelkedik ugyanolyan szögben. Az [u] 2. formánása emelkedik [t] előtt, az [i], [é] ereszkedik. A két vonalat meghosszabbítva egy pontban, a kettő mintegy 1800 Hz táján metszi egymás. Ha a többi magánhangzó formáns-átmenetét is meghosszabbítjuk, azt tapasztaljuk, hogy mind efelé a pont felé konvergál. Ezt a pontot nevezik „locus”-nak. A locus frekvenciáját a mássalhangzó képzési helye határozza meg. A labiális zárhangok locusa 700 Hz táján fekszik. Mivel a [k], [g] zár helye palatális és veláris magánhangzók szomszédságában más és más, „locus”-uk sem esik egybe.

a [t] hangot magas frekvenciájú impulzus, a [k]-t pedig egy közbülső frekvencia (LIBERMANN, DELATTRE, COOPER 1952). Spektrografikus vizsgálatok szerint az amerikai angol [p] energia-koncentrációja 1000 és 1500 Hz közé esik a spektrumon, a [t] energia-maximuma 4 kHz fölött alakul ki, a [k]-é 1500–4000 Hz közötti tartományban (HALLE, HUGHES, RADLEY 1957). A magyar zárhangok esetében is hasonló a labiális, a denti-alveoláris és a veláris zárhangok viszonya.

(a) Labiális zárhangok

Az [i] szomszédságában álló [p] hang energiacsúcsa valamivel 2,35 kHz felett fekszik (vö. 1. táblázat és 3., 4. ábra); ugyanez a csúcs [a] szomszédságában 2,35 kHz-nél van (5. ábra), és 2,2 kHz-nél [u] szomszédságában² (6. ábra). Az [i] szomszédságában 3,5 kHz táján is találunk egy kiemelkedő csúcsot. Közte és az energiamaximum között, mintegy 3,0 kHz-nél energiavölgy húzódik. A csúcs másik oldalán mintegy 2,0 kHz-nél húzódik a völgy és 1,6–1,7 kHz táján olykor harmadik emelkedést látunk. Az [a] és az [u] szomszédságában 1,3–1,4 kHz között találjuk ezt a kisebb csúcsot.

A hármas hegység markánsabb a [b] hangszínekében, mind a három magánhangzó mellett (7–13. ábra). A zöngés labiális zárhang spektrumát a hármas hegységen kívül a csúcsok enyhe lefele-tolódása különbözteti meg.

A suttogott [b] hangszíneképe a [b] spektrumához áll közel, megőrzi tehát media jellegét (2. táblázat és 8., 9., 11., 13. ábra).

A szöveji és szóvégi zöngés és zöngétlen labiális zárhang hangszíneképe nem mutatott világos eltérést. A [p^h] spektrumának felső tartománya valamivel gyengébbnek mutatkozott mint a [-p]-é (3. és 4. ábra).

(b) Apikális zárhangok

A denti-alveoláris apikális zárhangok színekében a legmagasabb csúcs 2 és 3 kHz közé esik. Az [i] szomszédságában a 3 kHz-hez, az [u] szomszédságában a 2 kHz-hez közeledik. A főcsúcs két oldalán egy-egy mellécsúcs rajzolódik ki. Az 1–3,5 kHz közötti hegytömb élesebben tagolódik a szóvégi, mint a szöveji zárhangok színekén, világosabb a hármas domb a zöngés, mint a zöngétlen zárhangok esetében (3. táblázat, 14–25. ábra).

Az apikális zárhangok felső tartománya (4–8 kHz) intenzívebb, mint a labiálisoké. Kiemelkedő felső csúcs azonban csak az [u] szomszédságában jelentkezik, nagy következetességgel. Mivel fülünk érzékenysége 4 kHz felett erősen csökken, ez az energia-csúcs alig befolyásolhatja az [u^h] hangszínet, ahogyan nem halljuk világosan az [u]-t sem, gyakori felső formánsa ellenére.

A zöngétlen és zöngés zárhangok hangszíneképe különböző kisebb eltéréseket mutat (4. táblázat). A szöveji [d-] hangszínekében 1,0 kHz táján éles völgy jelentkezik, különösen markáns a [d^h] spektrumában (18. ábra). Az [u] szomszédságában a [t] hangszínekén 8,0 kHz körül jelentkezik egy erős formáns (2., 16., 17. ábra). Ez a csúcs kevésbé feltűnő a [d] színekében (20., 21. ábra). A szóvégi [-d] hármas hegye 1,5–4,0 kHz között élesebben rajzolódik ki, (19., 21., 23., 25. ábra), mint a [-t] hangszínekében. A csúcsok mintegy 1,0 kHz távolságra vannak egymástól, a völgyek [u] után 2 és 3 kHz,

² A „szomszédságában” szó három helyzetet foglal egybe: 1. a magánhangzó az illető mássalhangzó után áll, 2. a magánhangzó a mássalhangzó előtt áll, 3. a magánhangzó a mássalhangzó előtt és után áll.

[i] után 2,2 és 3,2 kHz tájára esnek. A szóvégi zöngés zárhangok spektrumának ez a vonása magánhangzók színeképre, a magánhangzók formánsaira emlékeztet.

A suttogott mediák ezúttal is a zöngés zárhangokhoz hasonlítanak jobban (22–25. ábra).

A szóeleji és szóvégi közötti [t] hangszíne nem mutat jellegzetes eltérést az [i] szomszédságában. A szóvégi [-ʉt] 2,5–4 kHz között bizonyos erő-többlettel rendelkezik (16. illetve 17. ábra). A szóvégi [-ʉd] hangszíne 3,5 kHz-nél bizonyos emelkedést mutat a szóeleji [d -] spektrumához képest, a [dʰ-] spektrumvonalainak burkológörbéje viszont 5,5 kHz táján emelkedik meg (20. és 21. ábra).

Felvételeinken kakuminális képzésű (HÁLA 1964) apikális zárhangok, [t] hangok is szerepeltek. (Alighanem terjedőben vannak a köznyelvben.) A [t] lényegesen intenzívebb az azonos helyzetben álló koronális képzésű [t]-nél (26–31. ábra); [a] és [u] után viszonylag erősebb a felső tartománya a koronális képzésűekhez képest (33–34. ábra). Mind az [u], mind az [i] után álló kakuminális variáns spektrumában kiemelkedik a 3,5 kHz táján egy formáns, s ez a palatális zárhangok, valamint a palatális affrikáták színeképre emlékeztet (32–34. ábra, vö. 5. táblázat). A képzés helyének hátratulódása a locus felfelé tolódásán is lemérhető. A koronális képzésű [t] locusa 1,4 kHz táján fekszik a magyarban is méréseink szerint (MAGDICS KLÁRA szerint 1,3–1,9 kHz között váltakozik, 1965, 53), a kakuminális képzésű [t] locusa 1,9 kHz táján fekszik. Az akusztikai hasonlóság képzésbeli megfelelés vetülete. A kakuminális képzés folytán a zár helye hátrafele tolódik, a zárképzés tökéletlen, s így alveoláris-prepalatális tájon spirantikus zörej keletkezik.

(c) Veláris zárhangok

A labiális és apikális zárhangok spektruma kisebb-nagyobb mértékben módosul a hang helyzete, környezete szerint. A különbségek ellenére azonban az egyezések dominálnak. Sokkal bajosabb a [k] hangok azonos jegyeit kiemelni. A három szélső magánhangzó szomszédságában három gyökeresen eltérő hangszínek alakul ki (35–41. ábra, 6. táblázat). Az [i] mellett 2–3 kHz között mozog a [k] hang energiacsúcsa, és ettől a csúcstól fogva egyenletesen lejt (35. és 36. ábra). Az [a] szomszédságában 1,6 kHz táján összpontosul az energia, de egy-egy kisebb csúcs is megfigyelhető még 4,3 és 6,1 kHz táján (37–38. ábra, 5. táblázat). Végül [u] mellett három energiacsúcs alakul ki, 0,7 kHz, 2,2 kHz és 4 kHz körül (39–41. ábra). A második csúcs a „keményebb” [k]-ra jellemző és ellapul, ha a [k] a következő szótag elején álló palatális affrikáta hatására „meglágyul”. A *kukk* és a *kutya* szó [k]-jának jellegzetes eltérése azt mutatja, hogy a hasonulás nem korlátozódik a közvetlenül szomszédos hanghoz való igazodásra a mássalhangzók esetében sem. A magánhangzókkal kapcsolatban ÖHMAN mérései bizonyították be a távhasonulás döntő szerepét, a jelenségre a hangtörténet („Umlaut”) régen felhívta már a figyelmet. A mássalhangzók távhasonulása beható vizsgálatra szorul még.

Érzékenyebben reagál a veláris zárhang a szóbeli helyzetre is más zárhangoknál. A szóeleji [kʰ-] csúcsa lényegesen magasabban fekszik, mint a szóvégi [-k] hangé. Az [a] és [u] szomszédságában szóvégen tolódnak felfelé a csúcsok.

Nem kisebb az eltérés helyzet és környezet szerint a zöngés veláris zárhangok esetébe sem. Az [i] előtti helyzetben ezúttal is 2–3 kHz között mozog

a [g-] spektrumának a csúcsa. Ezen, az ezúttal laposabb, csúcson belül két kisebb csúcsot különböztethetünk meg 2,1 és 2,9 kHz táján (42–43. ábra, 7. táblázat). Az [i] után következő [-g] csúcsa annál hegyesebb (44–45. ábra). Most is a szőleji zárhang csúcsa tolódott felfelé, akárcsak a [k] esetében. A [g^l-] kevésbé tér el az [a] előtti [g-] hangtól, mint a megfelelő zöngétlenek. A zöngés [g^a-] felső tartománya szegényebb, mint a [k^a-] hangé (46–47. ábra). A szóvégi [-^ag] is jól megfelel a [-^ak] hangnak. Ugyanez áll a szó végi, az [u]-t követő szó végi [-g] és [-k] viszonyára (49–50. ábra). A zöngés és a suttogott mediák hangszíneképe alig tér el egymástól (45., 47. és 50. ábra). Egyseség képet nyújtanak az [o]-t követő [g] hangok. Csúcsuk 2 kHz-re esik, egy kisebb csúcs pedig 3,4 kHz tájára (51. és 52. ábra).

A labiális, denti-alveoláris és veláris zárhangok spektrumát egybevetve indokoltnak látszik, hogy a [k] hangokat világosabbnak érezzük, mint a [p] hangokat, de sötétebbnek mint a [t] hangokat.

JAKOBSON az *a-i-u* magánhangzó-háromszöggel a *k-t-p* mássalhangzó-háromszöget hozza kapcsolatba. (JAKOBSON & HALLE 1956, 39–40). A párhuzamot alátámasztja a magánhangzók és a mássalhangzók energia-centrumainak helyzete. A [t] felső tartománya a legerősebb, akárcsak az [i] hangoké, s így a [t] a legvilágosabb a három zárhang közül; a [p] és [b] a leg-sötétebb, mivel a hangenergia az alsó frekvenciatartományban összpontosul. A [k] közbülső helyet foglal el.

JAKOBSON a [k]-t mint kompakt és nagy hangerejű zárhangot állítja szembe a [t]-vel, akárcsak az [a]-t az [i]-vel. Az [i] szomszédságában valóban igen kompakt a [k], a [g], de az [u] után már sokkal kevésbé az (l. pl. 39. ábra). Mivel csak a réshangok relatív intenzitását vizsgáltuk, ezt a kérdést nyitva kell hagyni.

3. A réshangok hangszíneképe

(a) Labio-dentális réshangok

Többnyire egyenletesen hullámzó burkológörbe jellemzi a labio-dentális réshangokat a fehér zaj színeképre emlékeztetve (53–61. ábra). TARNÓCZY TAMÁS is hasonló eredményre jutott (1954, 342, 346).

Ez az egyenletes hullámzás egyaránt jellemző a zöngetlen [f]-re és a zöngés [v]-re. Az [u], [ø] szomszédságában azonban hullámosan emelkedik a labio-dentális réshangok spektrumának burkológörbéje (60–61. ábra). A mintegy 10 dB-es emelkedést ellensúlyozza azonban a fül érzékenységvesztése a felső tartományban. Ez az oka annak, hogy a fül maximális érzékenységének tartományában, 2–4 kHz között, még nem emelkedő karakterisztikával rendelkező hangot „tompának”, „sötétnek” érezzük az [s], sőt az [ʃ] hanghoz képest is. Joggal hangsúlyozza ezért a spektrum fiziológiai átértékelésének fontosságát TARNÓCZY TAMÁS (1954, 346).

Az energia-eloszlás egyenletessége ellenére 1–4 kHz között kialakul egy hármascúcs (l. 8., 9. táblázat és 53–61. ábra). Az [u] szomszédságában a csúcsok kissé lejjebb tolódnak, de a köztük levő távolság alig változik (60., 61. ábra). Egy negyedik csúcs is megfigyelhető 4,6 kHz-nél.

Az amerikai hangszíneképelemzések tanúsága szerint (HUGHES & HALLE 1956) 7 kHz táján várnánk egy energiagócot. Azt tapasztaltuk, hogy a spektrum felső tartománya 6–8 kHz között akkor emelkedik ki, ha a réshang után labiális magánhangzó következik, amikor tehát a réshang is labializálódott

(60–63, és 65. ábra). Ezek a megfigyelések ellentétben állnak az artikuláció akusztikai elméletén alapuló (STEVENS & HOUSE 1956, FANT 1960) várakozásunkkal, mivel a labializáció lezorítja a formánsok frekvenciáját. Hangjaink úgy viselkednek, mintha az ajakkerekítés főként a spektrum alsó és középső szakaszában tompítaná a részhangok erejét. Több ízben, de nem törvény-szerűen az [i]-vel szomszédos [f] hang spektrumában jelentkezik 7,5 kHz táján egy góc (53. ábra). Az [f], [v] hangszinképének integrált átlagát vettük csak figyelembe. Pedig a réshang színe jelentékeny mértékben változhat egy hangon belül is. Feltűnő az alsó, 2–3 kHz közötti formáns folyamatos emelkedése [i] előtt (66., 67. ábra).

A labio-dentális réshangok jellegzetes spektrális jegyei között szerepel-tethető tehát: (a) az 1–4 kHz között kiemelkedő, egymástól 1 kHz távolságban levő három domb, (b) a „jellegtelenség”, a burkológörbe egyenletes hullámlása, (c) a zaj csekély energiája.

Hogy a spektrális jegyek közül melyek lényegesek, s hogy a spektrális jegyek-e a lényegesebbek vagy a magánhangzóknak a labio-dentális réshangokhoz vezető átmeneti fázisa, az [f] és [v] locusa, ez csak a szintézis során válik majd el. A Haskins laboratóriumban végzett kísérletek szerint például a labio-dentális (és az interdentalis) réshangok esetében a spektrumnál nagyobb szerepet játszik a hang felismertetésében a locus. Azaz az [f] és [v] szubsztanciájánál fontosabb a magánhangzókönyezetére gyakorolt hatása. Szintetizált svéd réshangokkal végzett kísérletek szerint az intervokális [f] és [v] esetében a csekély intenzitás és a magánhangzó-átmenet játssza a döntő szerepet; viszont a szó elején a spektrum is jelentékeny mértékben befolyásolja a hang érzékelését (MÁRTONY 1962).

A Haskins laboratórium elemzése szerint az [f] és [v] locusa a labiális zárhangok locusának közvetlen közelében van, azaz 700 Hz táján. MAGDICS KLÁRA (1965) ennél magasabb értéket ill. értékeket kapott (750–1150 Hz).

(b) *Lingvális réshangok*

Az [s] hang spektrumának burkológörbéje egyenletesen, lassan emelkedik. A spektrum alakja koporsóra emlékeztet (68–75. ábra). Mélyebb völgyek, kiemelkedő csúcsok nem tagolják a görbét. A fehér zajtól az alsó frekvenciatartomány (0–2 kHz) csekély intenzitása, a magas részhangok (3,5–7 kHz) dominálása különbözteti meg. Ennek az energiamegoszlásnak felel meg az [s] feltűnő *élessége* az érzéklés szintjén. (vö. 10. táblázat). FANT és MÁRTONY (1960/1, 14A) szerint az [s] spektrumát elsősorban egy 5,8 kHz-re eső pólus határozza meg. Egy 8 kHz-es pólus emeli ki a felső tartományt. A 2,5 és 4,2 kHz-nél tapasztalt kisebb csúcsok elhanyagolhatóan bizonyultak a szintetikus kísérletek tanúsága szerint. A zérus 4,5 kHz-nél helyezkedik el. JASSE (1962) angol, svéd és lengyel réshangok elemzése alapján arra az eredményre jutott, hogy az [s] és [z] esetében az energia 4 kHz táján összpontosul. TARNÓCZY mérései szerint 7 és 8 kHz közé esik (1954, 343). A spektrum burkológörbéje is jól megfelel az [i] szomszédságában levő [s] hangjaink spektrumgörbéjén. Az [s] spektruma is függ a magánhangzókönyezettől. Az [u] szomszédságában például 3,7 kHz tájára esik az energiacsúcs, és innentől esik a burkoló-görbe (73–74. ábra). Az [o] után álló [s] és [z] csúcsa valamivel feljebb helyezkedik el, és a görbe enyhébben lejt. Kétségtelen, hogy az [s] lényegesen kevésbé függ a hangkönyezettől mint bármelyik zárhang.

A [z] kevésbé *éles*, mint zöngétlen párja. A görbe emelkedése enyhébb, főként az [i] szomszédságában (69. ábra, 11. táblázat). A szó végi [-z] jóval kevésbé zöngés, mint a szó elején álló.

A suttogott beszédben szereplő [z] közelebb áll a zöngés [z]-hez, mint az [s]-hez.

Az [s] hangoktól a különféle magánhangzókörnyezetben álló [ʃ] hangok elsősorban abban különböznek, hogy súlypontjuk a spektrum első harmada felé tolódik el a spektrum végéről, mégpedig az esetek többségében 3 kHz tájára. Ugyanerre az eredményre jutott TARNÓCZY is (1954, 344, 348). Viszont egy másik, valamivel alacsonyabb csúcs emelkedik 5 kHz táján: Egészében leginkább a Badacsonyra emlékeztet az [ʃ] profilja. A [t] előtt álló, magánhangzótól nem érintett [ʃ] első csúcsa világosan 3 kHz-nél, második csúcsa pedig 5,2 kHz-nél helyezkedik el (76. ábra).

Az [j] hangok többségére jellemző völgy mélypontja az „önálló” [j] hang esetében 4 kHz-re esik, s általában 4 és 5 kHz között húzódik. A széles völgy, a völgyet határoló két lapos hegytető az esetek túlnyomó többségében fellelhető (76–82. ábra, 12. táblázat). Az [j] hangok erősebben függnak a vokális környezettől, mint az [s] hangok (vö. 78., 80., 82. ábra).

FANT és MÁRTONY szerint a retroflex, palatális svéd [ʃ] első pólusa 2,8 kHz-re és a második 7 kHz-re esik. Lényeges jegye az 1 kHz-nél levő szabad zérus, a rézhangok hiánya. Ez a pólusoknál mélyebben fekvő zérus (a rézhangcsoport hiánya) az [s] és [j] hangok közös eleme, mely a spektrum burkológörbéjét az [f]-étől megkülönbözteti. Ennek a mélyebben fekvő zérusnak köszönheti az [s] és [j] kiemelt felső tartományát. Az [j] hangot ezen belül a második formáns (F_2) alatti zérus jellemzi, melynek következtében kiemelkedik a harmadik és negyedik formánsa, más szóval: a központi frekvenciák erőssége jellemzi, fonológiai-akusztikai szinten a hang „kompaktsága”, (1960, 15). JASSEM két csoportra osztja a rézhangokat: a rézhangok egyik csoportjában a negyedik és a második formáns közötti távolság nagyobb 1,8 kHz-nél, ebbe tartozik az [s], [z], [f], [v]; a másikba tartoznak a kompakt rézhangok, így az [ʃ], [ʒ] (1962, 6).

Ez a spektrum-kép megegyezik szubjektív élményünkkel. A fájdalomküszöbhez közelebb eső magas frekvenciák dominálása jellemzi az *éles* [s] hangot. Az [j] *tompább*, sötétebb. Első csúcsa a spektrumnak első harmadába esik, a hangszínek kialakításában tehát a viszonylag mély rézhangoknak nagy szerep jut. Az [j]-t ennek ellenére csak az [s]-hez képest érezzük *sötétnek*. Húsz személlyel folytatott metafora-játék tanúsága szerint „önmagában” (azaz: a mássalhangzó-rendszer egészében) inkább világos mint sötét. (A szürkéskékre, szürkésfehérre, kékes-fehérre esett a legtöbb szavazat.) Egy másik metafora, mely szerint az [j] teltebb, mint [s], talán részben azzal is magyarázható, hogy a spektrumnak több mint kétharmadát „betölti” (kompakt).

Ebben azonban nem kisebb szerepet játszik, hogy az [j] képzések a nyelvhat nem alakít keskeny csatornát. Minthogy a süket gyerekek is az [s]-t nyilvánították soványabbnak, élesebbnek, feltehető, hogy ez a döntő mozzanat (FÓNAGY 1963). Annyi bizonyos, hogy a nyelvhat ellaposodása, és főként a nyelv hátrahúzódása, s az ajkak egyidejű csücsörítése következtében kialakuló elülső rezonátor (SIEVERS 1901, 190–2, SIMON 1967, 241–7) hozzájárul a mélyebb frekvenciák felerősítéséhez (FANT 1960, 169–206).

Érzéklésünk alapján meglepő, hogy éppen az [u] szomszédságában emelkedik ki jobban a második hegyecsúcs. Az 5 kHz tájára eső rézhangok domi-

hang jellegzetes — felfelé csökkenő intenzitású — spektruma kevésbé érvényesül (vö. 93. ábra).

A [h] és a suttogott magánhangzók elhatárolása külön tanulmányt igényel.

A réshangokat a zárhangokkal egybevetve bizonyos megfeleléseket találunk. Az apiko-alveoláris [s] a denti-alveoláris [t]-hez áll a legközelebb. Mindkettőnek felső tartománya (3–8 kHz) emelkedik ki, s mint a legvilágosabb, legélesebb rés- illetőleg zárhang állnak szemben a többi rés- illetőleg zárhanggal. Ugyanebből a szempontból a [b] a [v]-vel, a [p] az [f]-fel, az élesség szempontjából közbülső helyet elfoglaló [ʃ] pedig a [k]-val, a [ʒ] a [g]-vel rokonítható, leginkább azonban a palatális [ç] illetve [j] spektrumához hasonlít az [ʃ] illetőleg [ʒ] hang. Mindkettő spektrumát széles hegyhát és a hegyhátat tagoló kisebb völgyek jellemzik. A réshangok csúcsai azonban mintegy 500 Hz-cel feljebb fekszenek.

Még szorosabb a [p]–[t]–[k] illetve [ç] és az [f]–[s]–[ʃ] közötti párhuzam a hangok locusa szerint (vö. DELATTRE 1958, DELATTRE et al., 1961, MAGDICS 1965, 51–73), mivel a locus helyét a mássalhangzó képzési helye határozza meg.

A locusok közelsége és a spektrumok hasonlósága indokolja, hogy a hallgatók ugyanazt az impulzust, hol [s]-nek, hol [t]-nek, hol [ts]-nek hallják, az impulzus időtartamának megfelelően. Ha a zaj időtartama meghaladja a 110 msec-ot zöngétlen réshangot hallunk, 50–110 msec között affrikátát, 30 msec alatt pedig zárhangot (GERSTMAN 1956, DELATTRE 1958).

4. A z a f f r i k á t á k h a n g s z í n k é p e

A [ts] és a [tʃ] hangszíneképe feltűnően hasonlít a megfelelő réshangoknak, az [s]-nek és az [ʃ]-nek hangszíneképehez (14., 15. táblázat).

A [ts] spektrumának görbéje [i] és [a:] szomszédságában 6–7 kHz-ig emelkedik (98–101. ábra), [u] szomszédságában, akárcsak az [s], 3–4 kHz táján éri el a csúcspontot (102–103. ábra). A kettős csúcs kirajzolódik a [tʃ] integrált hangszíneképén is, akárcsak az [ʃ] hangokén; az [u] szomszédságában álló [tʃ] burkológörbéje emlékeztet a hasonló helyzetben álló [ʃ]-ére (104–109. ábra). Az [s] és a [ts], az [ʃ] és a [tʃ] rokonsága tehát nyilvánvaló. Az affrikáták átlagos hangszíneképét elsősorban ez a réshang-elem határozza meg. Az is bizonyos, hogy az affrikáta zár-elemmel indul (110–116. ábra).

Ezzel azonban korántsem dőlt el az affrikáta vita (l. LAZICZIUS 1963. 58–63, KÁZMÉR 1961), nem tekinthető bebizonyítotttnak, hogy az affrikáta zárhang és réshang kapcsolataként, „diftongusként” fogandó fel. Az affrikáta folyamatos színeképén nem választható el a [t]-szerű zárfelpattanás és az ezt követő réshang. A két mozzanat homogén. A zárperiódus időtartama változó, de lényegesen rövidebb, mint a [t]-é. Anyagunk egy kiemelt részében a [t] zárjának átlagos időtartama 21,2 csec, a [ts] zárjáé 7,6 csec, a [tʃ] zárjáé pedig 10,0 csec.

Ez a rövid zárperiódus minőségét tekintve sem látszik azonosnak a [t] zárjával. A zár létrejöttét rövid, zöreimpulzus előzi meg. A zárhang felpattanását a spektrumon végighúzódtó határozott vonal jelzi. A zár hirtelen, egyszerre pattan fel. Az affrikáta felpattanása a sonagramok tanúsága szerint nem ilyen éles, olykor szinte fokozatosnak látszik (110–112., 114–116. ábra). Néha a zárperiódus alatt is igen rövid, igen halk zörejt jeleznek a sonagramok. A felvétel körülményei kizárják a külső zaj vagy gépi zörej lehetőségét. Ezek

a nehezen magyarázható, „zavaró” jelenségek jól beleilleszkednek BUTTLER JÁNOS affrikáta-elméletének kereteibe. BUTTLER feltevése szerint az affrikáta esetében a zár intermittens. A nyálképzés lehetővé teszi, hogy a zár fokozatosan oldódjék fel (BUTTLER 1962).

Határozottan ellene szól a hangkapcsolat-elméletnek, hogy a [ts]-t, [tj]-t megelőző magánhangzók nem úgy viselkednek, ahogyan [t] előtt szoktak. Ha a [ts] és [tj] első eleme valóban a [t]-nek megfelelő apikális zárhang lenne, akkor a megelőző magánhangzót a két affrikáta azonos módon torzítaná. A magánhangzók locusa (l. 1. jegyzet) azonban 1400 Hz táján fekszik a [ts] esetében — azaz ugyanott, ahol a [t] hangé — a [tj] locusa azonban 1600 Hz-nél, ami azt bizonyítja, hogy a [tj] hátrább képződik mint a [ts], s hogy ez az eltérés nem korlátozódik az affrikáta második elemére.

A szájiüregi nyomásmérések is azt mutatják, hogy a [ts] és [tj] a zárhang és réshang integrációja és nem a zárhang és réshang kapcsolata (FÓNAGY I. és É.: NyTudÉrt. 67, 1969). A magyar affrikáták fiziológiai és akusztikai elemzésével tehát hasonló eredményekre jutunk, mint BELGERI (1929) az olasz affrikáták analízise alapján. Így érthetőbb, hogy hangtani változások során sem úgy viselkedik az affrikáta, mint a zárhangból és réshangból álló hangcsoport (vö. LAZICZIUS 1963, 58—63).

A kérdés egy további aspektusának megvilágítása végett vegyük szemügyre a képzésben megmutatkozó aszimmetriát.

Az a tény, hogy a beszédhangok vagy egyik vagy másik képzési szakasszal egy előző hangból alakulnak át, illetőleg egy következő hanggá változnak, azt jelenti, hogy önmagukban sem változatlan, statikus és teljesen homogén elemek, hanem — akusztikai tekintetben is — erős aszimmetriát mutatnak. Ennek az aszimmetriának legelső szembeszökő jellemzője az, hogy a beszédhang olyan részelemek, szegmentumok sora, amelyek közül egyik sem azonosítható az illető beszédhang meghatározó specifikumával, egyikre sem foghatjuk rá, hogy ez vagy a másik éppen a megfelelő beszédhang vagy annak „központja”. A hangok ebben az értelemben olyan szuperjelek, amelyek egymástól eltérő, de összefüggő képzési elemeket, képzésszakaszokat szervesen összegeznek. Ha néhány mássalhangzó esetében önkényesen megbontjuk ezt a kontinuitást, különválasztjuk egyik vagy másik mássalhangzó akusztikai képének egyik szakaszát, majd ezt a szegmentumot integrálva keresztmetszetben ábrázoljuk, olyan képet kapunk, amely nem egyezik teljesen a mássalhangzó egészének integrált keresztmetszetével.

A suttogott *tíz* szó [t]-je pl. abban különbözik a [t^a]-tól, a zárelemet közvetlen követő rövid képzési szakasztól, hogy az utóbbiban egyfelől a [t^a-] hangszínképkeresztmetszetében a formánsok 500—1000 Hz-cel előbbre esnek, mint [t] megfelelő formánsai, másrészt viszont [t^a-] sonagramjában a 0 és 1500 Hz közötti szakaszban 5 dB-lel erősebben szólnak meg a részhangcsoportok, s ez a különbség 1500 Hz-től a spektrum végéig 10—15 dB-lel [t] javára tolódik el. A formánsok összképének alakulása mindkét esetben összevetészetlenül egyforma. A [d] (suttogott [*dyb*] esetében lényegében hasonló történik, amennyiben a teljes [d] formáncúcsai itt is a magasabb frekvenciák felé tolódnak el a [d^a-]szegmentumával szemben, s szintén kb. 2—3 dB-s eltérést tapasztalunk [d] javára. Ugyanezt az eltérést észleljük, ha a *károk* szintagma [k] elemét vizsgáljuk meg hasonló módon. A szegmentumok és a mássalhangzó egészének keresztmetszetei az eltérések dacára mindazonáltal azt mutatják, hogy a hang és a hang eleme ugyanazt a formánsstruktúrát

tartalmazza, mindkettő megőrzi a csak arra a beszédhangra jellemző formánszerkezet lejtőinek, emelkedőinek sajátos ívét.

Ez azonban nemcsak a zárhangokra áll, hanem az affrikátákra is, bár itt a formánsok eltolódása nem egyértelmű, mivel már az első szegmentum is lényegében azokban a frekvenciákban mutatja csúcserőértékeit, mint az egész, a dB értékek azonban a hang egészére vonatkozólag ugyancsak magasabbak.

Igen érdekes figyelemmel kísérni az affrikáták hangszínképének alakulását. A zöngésen ejtett *pác* hangsor [ts]-jének kezdő és zárószakasza nagyjából azonos helyen és kb. azonos erősségű formánsokat mutat, s ez ismét csak az affrikáták homogenitását bizonyítja:

[ts] kezdő szakaszában	[ts] záró szakaszában
650 Hz-nél	1650 Hz-nél
1700 „	2400 „
2450 „	3900 „
3800—4000 „	4450 „
4950 „	5100 „
6000 „	6100 „

A közbenső rész csak 2—5 kHz között mutat információt, de a vonulatok rajza itt is csaknem pontosan megfelel a két másik keresztmetszet vonalának. A kezdő szakasz dB értékei kb. 5—10-zel magasabbak a zárószakaszénál, a középső szegmentum csak 2—5 kHz között konstatálható, dB értékei itt nagyjából megfelelnek a szomszédos részeknek (127. ábra). A zár felpattanási zörejének hangszíne a képzést végző szervek közötti távolsággal együtt változik, mélyül. Különösen feltűnő ez az affrikáták és a [c], [j] hangok esetében (128., 129. ábra).

A hosszú vitát teszik ugyanakkor érthetőbbé a „kivételek”. Akadtak, ha nem is gyakran, hosszú és tisztán pattantott zárral képzett affrikáták is anyagunkban. Hadd idézzünk egy szélsőséges esetet (113. ábra).

5. A [c], [j] hangok

Vitatott a [c] és [j] hangok helye mássalhangzóink rendszerében. A [c] zárjának átlagos időtartama 14,3, a [j] zárjáé 14,5 csec (ezt az átlagot megemelte, hogy az esetek felében suttogott [j]-t ejtett a beszélő). Ha a zár időtartamából indulunk ki, a palatális zárhangok között van a helyük. Ha azonban a súrlódási zörej erejét és időtartamát tekintjük döntő ismérveknek, akkor a [c] is, a [j] is affrikáta. A zár éles felpattanása megint csak zárhang-jellegük mellett szól (117—122. ábra). A továbbiakban, önkényesen, zárhangként kezeljük őket.

A [c] hangszínképe hasonlít [tʃ]-éhez (16. táblázat). A spektrumok szerint leginkább a második csúcs eltörpülése különbözteti meg a [c]-t az alveopalatális affrikátától. A palatális zárhang állandó jegyének tekinthető a 3 kHz táján emelkedő kettős vagy hármas csúcs, és a 2 és 3 kHz táján jelentkező kis völgy (123—124. ábra).

A zöngés palatális zárhang spektruma alig különbözik a zöngétlenétől (17. táblázat). A zöngés zárhang részhangjai valamivel erősebbek a legalsó 0—1 kHz-es, a zöngétlené az 5—7 kHz-es tartományban (125—126. ábra).

Az integrált hangspektrum, különösen rövid hangimpulzusok – zárhangok, affrikáták – esetében, alkalmasnak bizonyul a mássalhangzók jellemzésére, alkalmasabbnak, mint a mássalhangzó hangszínképének valamely, többnyire nem is tetszőlegesen megválasztott szakasza.

A részhangok viszonylagos intenzitását tükröző spektrum általában jól megegyezik az érzékelt – többnyire metaforával jelölt – hangszínnel. Indokolja, hogy a [t]-t, az [s]-t élesnek, világosnak, a [b]-t, [v]-t tompábbnak, sötétebbnek érezzük.

Az egyes hangok spektrális profilja jellegzetes eltéréseket mutat, s így a mássalhangzók – profiljuk alapján – viszonylag könnyen fölismerhetők. Elképzelhető, hogy hallóközpontunk is integrálja az egyes beszédhangok spektrumát és hogy az egyes hangok spektrális „arcéle” megkönnyíti a beszédhangok azonosítását. Eszerint a feltevés szerint a beszédhangok felismerése elsősorban a spektrum egészének „áttekintésén”, a globális hangszínképen alapul, és nem egy vagy két formáns frekvenciájának meghatározásán. A két eljárás – pólus és zérus elemzés egyfelől, a globális alak-elemzése – nyilvánvalóan összefügg (az összkép részletekből tevődik össze), de nem azonos. Hogy melyik eljárás játszik döntő szerepet a beszédhangok azonosításában, ezt csak további szintetikus kísérletek segítségével lehetne eldönteni.

FÓNAGY IVÁN – SZENDE TAMÁS

Irodalom

- BELGERI, L., Les affriquées en italien et les autres principales langues européennes. Grenoble 1929.
- BUTTLER, J., Adatok az affrikáták képzésmódjához és akusztikai alkatához: NyK, LXIV [1962], 309–328.
- DELATTE, P., Les indices acoustiques de la parole: *Phonetica*, II [1958]
- DELATTE, P. & al., Second and third formants loci in English fricative consonants: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXXIII [1961], 1677.
- FANT, G., The acoustic theory of speech production. The Hague 1960.
- FANT, G. & MARTONY, J., Pole-zero matching techniques: *STL QPSR* 1960/14–16.
- FÓNAGY, I., A metafora a fonetikai műnyelvben. *Nyelvtudományi Értekezések* 37. Budapest, 1963.
- FOURCIN, C. J., A note on the spectral analysis of unvoiced sounds: *Proceedings of the 5th international Congress of phonetic Sciences (Münster 1964)*. Basel–New York 1965, 287–291.
- GERSTMAN, L. J., Noise duration as a cue for distinguishing among fricative, affricate and stop consonants: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXVIII [(1956)], 160.
- HÁLA, B., Apical, cacuminal, retroflex, coronal, dorsal: *Phonetica*, XI [1964], 186–195.
- HALLE, M., HUGHES, G. W., & RADLEY, J. P., Acoustic properties of stop consonants: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXXI 29 [1957], 107–116.
- HEGEDŰS, L., Neuere Untersuchungen über die ungarischen Affrikaten: *Phonetica*, II [1958], 153–183.
- HEINZ, J. M. & STEVENS, K. N., On the properties of fricative consonants: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXXIII (1961), 589–596.
- HOCKETT, CH. F., *A manual of Phonology*. Baltimore 1955.
- HUGHES, G. W. & HALLE, M., Spectral properties of fricative consonants: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXVIII [1956], 303–310.
- JAKOBSON, R. & HALLE, M., *Fundamentals of language*, The Hague 1956.
- JASSEM, W., The formant patterns of fricative consonants: *STL–QPSR* 1962/3, 6–15.
- JASSEM, W., Noise spectra of Swedish, English and Polish fricatives: *Proc. Speech Commun. Seminar I. Stockholm* 1963.

- KÁZMÉR M., A magyar affrikátaszemlélet. Nyelvtudományi Értekezések 27. Budapest 1961.
- LAZICZIUS GY., Fonetika. Budapest 1963.
- LIBERMAN, A. M., DELATRE, P. & COOPER, F. S., The role of selected stimulus variables in the perception of the unvoiced stop consonants: *Amer. J. Psychol.*, LXV [1952], 497—516.
- MAGDICS KL., A magyar beszédhangok akusztikai szerkezete. Budapest 1965.
- MÁRTONY, J., Zur Analyse und Synthese von Vokalen und Geräuschlauten: *Proc. 4th Intern. Congr. Phonet. Sci.*, (Helsinki 1961).
- MÁRTONY, J., Some experiments on perceptual cues for Swedish fricatives: *Proc. Speech Communication Seminar. Stockholm 1962.*
- MÁRTONY, J., On the synthesis and perception of voiceless fricatives: *STL—QPSR 1962/1*, 17—22.
- MÁRTONY, J., On the perception of Swedish voiceless fricatives: *STL—QPSR 1962/2*, 25—28.
- POTTER, R. K. et al., Technical aspects of visible speech: *J. Ac. Soc. Amer.*, XVII (1946), 1—89.
- PULGRAM, E., Introduction to the spectrography of speech. The Hague 1959.
- RICHTER, E., Die italienischen *č* und *š* Laute: *Arch. néerl. phon. exp.* 16 s. d.
- SIEVERS, ED., Grundzüge der Phonetik.³ Leipzig 1901.
- SIMON, B., Les consonnes françaises. Paris 1967.
- STEVENS, S. S. & HOUSE, A. S., Development of a quantitative description of vowel articulation: *J. Ac. Soc. Amer.*, XXVII [1955], 484—493.
- STREVENS, P., Spectra of fricative noise in human speech: *Language and Speech III* [1960], 32—49.
- TARNÓCZY T., Die akustische Struktur der stimmlosen Engelaute: *Acta Lingu. Ac. Sci. Hung.* IV [1954], 313—349.
- TWADDEL, W. F., On defining the phoneme: *Language Monographs 16.* Baltimore 1935.

Rövidítések:

STL—QPSR = Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report (Stockholm, Royal Institute of Technology).
 J. Ac. Soc. Amer. = Journal of the Acoustic Society of America.

Lautfarbenbilder der Verschuß-, Engelaute und Affrikaten

Die Integrierung der akustischen Komponenten der einzelnen Konsonanten oder derer Segmente ermöglicht eine gründlichere Erkenntnis der ungarischen Verschuß-, Engelaute und Affrikaten.

Aus einer Untersuchung aufgrund der Messungen von dB-Werten in der Funktion der Frequenz der Verschuß-, Engelaute und Affrikaten geht hervor, daß sie eigene und charakteristische Lautfarbenstrukturen aufweisen, die durch die Stelle bzw. die Art und Weise der Artikulation bestimmt werden, andererseits aber von der Wechselwirkung der Lautkontextes beeinflußt sind. Der vorliegende Aufsatz behandelt die Haupteigenschaften der Lautfarbenstruktur der unterschiedlichen Konsonanten und die Modifizierungen der Struktur infolge der Veränderung der Aussprache und des Kontextes.

Die Bewertung der Angaben in bezug auf das [h] ergibt, daß es sich dabei zweifelsohne um einen Konsonanten handelt. Die dem Butlerschen Artikulationsprinzip entsprechende, eindeutige Homogenität des Lautfarbenbildes der ungarischen Affrikaten bezeugt, daß sie als Monophthonge betrachtet werden sollen. Der Status der [c] und [j]-Laute im ungarischen Sprechlautsystem kann jedoch mit der Anwendung dieser Methode nicht genauer definiert werden.

In der Spektralanalyse der ungarischen Verschuß-, Engelaute und Affrikaten läßt sich eine Korrelation zwischen der Lautfarbenstruktur und der Perzeption derselben Sprechlaute manifestieren.

IVÁN FÓNAGY—TAMÁS SZENDE

Táblázatok*

1. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB
[p] [i] mellett	700	-7,0	1675	-2,7	2375	-0,3	3574	-2,8
[a] mellett	658	-3,5	1375	-3,2	2356	-0,9	3564	-7,2
[u] mellett	800	-6,6	1350	-1,0	2208	-1,6	3310	-5,9

	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB
	1100	-10	2037	-6,2	3110	-7,6		
	990	-5,6	1883	-8	3195	-10,7		
	1133	-2,3	1840	-3,6	3150	-11,4		

2. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB
[b] [i] mellett			1140	-6,6	2380	0,0	3330	-3,2
[a] mellett	691	-3,3	1250	-3,3	2344	0,6	3266	-9,5
[u] mellett	567	-6,5	1087	-1,0	2227	-0,1	3262	-4,5

	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB
			1800		2900	-9		
	775	-10,0	1730	-8,2	2980	-10,3		
			1492	-5,1	2850	-8,3		

3. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB
[t] [i] mellett			1968	-2,4	2737	0,2	3772	-4,2				
[a] mellett			1592	-1,9	2659	-1,0	3604	-5,5	4725	-8,5		
[u] mellett			1336	-4,1	2233	-0,2	3145	-1,6	4772	-10,6		

* A táblázatok az egyes beszédhangoknak a különböző hangkörnyezetben eltérő részhangcsoportjai (kezdő helyzetben vagy két V érték közötti) maximális ($Cs_{1,2,3 \dots n} = 1, 2, 3 \dots n$ „csúcs”) és (két Cs érték közötti) minimális ($V_{1,2,3 \dots n} = 1, 2, 3 \dots n$ „völgy”) frekvenciaértékeit, valamint az ezeknek megfelelő dB-értékek változásait tüntetik föl.

3. táblázat folytatása

Cs7	dB	Cs8	dB
6130	-12,0		
		7940	-6,3

	V1	dB	V2	dB	V4	dB	V5	dB
[t] [i] mellett					3340	-7,6	4440	-12,2
[a] mellett					3260	-10,4	4170	-12,0
[u] mellett					3930	-6,9	4180	-12,0

4. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB
[d] [i] mellett	250	-8,3	1712	-7,2	2362	-0,5	3750	-4,2		
[a] mellett	466	-6,0	1545	-3,2	2606	-3,7	3565	-4,8		
[u] mellett	316	-8,1	1440	-4,0	2355	-0,6	3400	-3,1		

	V1	dB	V2	dB	V3	dB
			1820	-12	3110	-7
960	-10	2050	-8,4	3160	-10,5	
		1850	-6	2930	-8	

5. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB
[t] [i] után			1800	-3,0	2700	0,0
[a] után	875	-14,5	1750	-4,2	2750	0,0
[u] után	1000	-12,5	1880	-1,2	2560	0,3
	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB
[t] [i] után	3770	-4,3	4680	-4,0	5325	-8,5
[a] után	3925	-3,5	4550	-5,0	5350	-6,3
[u] után	3700	-3,6	4575	-9,0		

5. táblázat folytatása

	Cs7	dB	Cs8	dB	Cs9	dB				
	6625	-10,5	7250	-9,8						
	6360	-10,3	7200	-12,3	8000	-11				
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
[t] [i] mellett	350	-14,0					3480	-4,0	4850	-9,5
[a] mellett	250	-28,2					3325	-8,7	4250	-6,5
[u] mellett							3250	-10,5	4300	-9,5
	V6	dB	V7	dB	V8	dB				
	5850	-16,0	6550	-14,5						
	5050	-7,5								
	5740	-17,0	6900	-13,6	7650	-16,0				

6. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB
[k] [i] mellett					2138 2890	-1,3 0,0	3676	-10	4472	-10,6
[a] mellett			1604	-0,3					4340	-4,6
[u] mellett	690	-0,4			2160	-4,7			4041	-5,5
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
			1240	-12,6			3280	-14,0	4440	-24,1
			1500	-11,4			3000	-11,4	4900	-19,5

7. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB
[g] [i] mellett					2261	-1,1			4620	-8,4
[a] mellett			1687	-0,5	2209	-1,1				
[u] mellett			1307	-1,5	2141	-3,5				
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
							3170	-14,8	4825	-13,0
970		-12,8			2580	13,3	3170	-18,0	4340	-22,1
			1662	-11,1	2945	-14,3				

8. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4		
[f] [i] mellett			1830	-3,0	2575	-2,2	3600		
[a] mellett	800	-8,0	1650	-1,7	2500	-2,0	3650		
[u] mellett			1625	-9,0	2500	-11,0	3350		
	dB	Cs5	dB	Cs6	dB	Cs7	dB		
[f] [i] mellett	0,0	4650	-4,2	5600	-4,0				
[a] mellett	0,0	4620	-3,2						
[u] mellett	-8,0	4550	-10,5	5275	-6,5	6600	0,0		
V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
				2130	-6,0				
				2100	-13,0			4200	-12,5

9. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB
[v] [i] mellett	266	0,0	1745	-2,9	2550	-2,6
[a] mellett	258	-1,6	1416	-6,3	2510	-5,1
[u] mellett	250	-2,5	1275	-5,5	2425	-7,5
	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB
[v] [i] mellett	3554	-3,6	4494	-6,6	5422	-1,0
[a] mellett	3492	-6,5	4500	-8,2	5633	-3,0
[u] mellett	3425	-6,0			5275	0
Cs7	dB	Cs8	dB	Cs9	dB	
6230	-3,7	7130	-6,4			

V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB	V6	dB	V7	dB	V8	dB
								4100	-7,8			6775	-5,5		
		1175	-15	2100	-10,7										
725	-9			2025	-10,5			4000	-8,5						

10. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB
[s] [i] mellett			1650	-13,2	2760	-11,5	3830	-6,6
[a] mellett							3770	-7,5
[u] mellett			1550	-16,4			3520	-1,8
	Cs5	dB	Cs6	dB	Cs7	dB	Cs8	dB
[s] [i] mellett	4590	-3,0	5400	0,0				
[a] mellett			5260	0,0	6350	-1,5	7100	-3,0
[u] mellett	4633	-4,7	5775	-4,8				
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB
2050	-14,0	3120	-10,3					
				4330	-8,9	5750	-4,0	
2150	-18,6	4050	-8,0	4330	-8,9	5160	-7,0	

11. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB				
[z] [i] mellett	275	-8,0	1620	-6,3	2740	-11,0				
[a] mellett	425	-9,0	1375	-9,5	2465	-3,2				
[u] mellett	260	-12,0	1495	-11,3	2680	-8,8				
	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB				
[z] [i] mellett	3850	-4,3	4375	-2,5	5160	0,0				
[a] mellett	3300	-6,3	4080	-5,7	5460	-1,1				
[u] mellett	3480	-0,3			5730	-8,1				
	Cs7	dB	Cs8	dB	Cs9	dB				
6440	-0,6	7090	-2,0	7930	-5,7					
6400	-7,0	7570	-9,3							
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
317	-11,7	950	-15,5	2150	-14,5	3170	-11,7	4300	-5,7	
		950	-13,0	2200	-16,5	3450	-11,2	4590	-8,4	
930	-21,3			2120	-17,3			4450	-10,8	

12. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB
[j] [i] mellett			1930	- 7,3	2490	-1,4
[a] mellett			1640	-11,7	2475	-1,5
[u] mellett			1650	- 4,3	2490	-3,0
	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB
[j] [i] mellett	3290	-1,8			5650	-1,3
[a] mellett	3100	-0,8	4430	-3,6	5500	-5,3
[u] mellett	3210	-3,2			5200	0,0
	Cs7	dB				
	6370	-6,3				

	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB	V6	dB	V7	dB
[j] [i] mellett									4160	-7,5			6330	-13,0
[a] mellett														
[u] mellett									4050	-6,3				

13. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB				
[3] [i] mellett	300	-10,3	1810	- 6,8	2675	-1,6				
[a] mellett			1600	-12,0	2500	-4,0				
[u] mellett	300	-18,2	1540	- 8,0	2360	-2,4				
	Cs4	dB	Cs5	dB	Cs6	dB				
[3] [i] mellett	3225	-0,5	4550	-4,5	5250	-3,7				
[a] mellett	3180	0,0	4650	-5,3	5300	-3,8				
[u] mellett	3225	-1,3			5350	-1,2				
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB
	975	-20,0							4240	-7,0
	950	-18,5	1950	-13,0					4050	-8,0
	920	-17,0	1820	-10,3					4000	-8,0

14. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB
[ts][i] mellett			1960	-6,3	2570	-3,2				
[a] mellett			1930	-3,7	2670	-0,6			4040	-3,9
[u] mellett			1820	-7,3	2520	-2,7	3420	-0,3		

Cs6	dB	Cs7	dB	Cs8	dB
5000	-1,4	6080	-1,5		
5002	-1,5	6240	-2,2	7160	-2,3
		6195	-6,0		

V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB	V6	dB
						3330	-8,3				
						3390	-7,8				
										5145	-11,1

15. táblázat

	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4
[tʃ][i] mellett			1725	-9,2	2560	0,0	3090
[a] mellett			1740	-8,8	2600	-1,5	3230
[u] mellett			1760	-6,0	2340	-0,6	2990

	dB	Cs5	dB	Cs6	dB	Cs7	dB
[tʃ][i] mellett	-2,7	4660	-7,2	5490	-7,5	6070	-5,0
[a] mellett	-0,2	4800	-7,0	5660	-5,4	6129	-15,0
[u] mellett	-4,2	4750	-11,4	5075	-4,2		

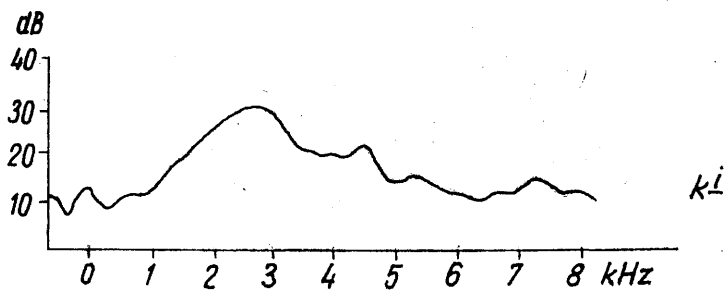
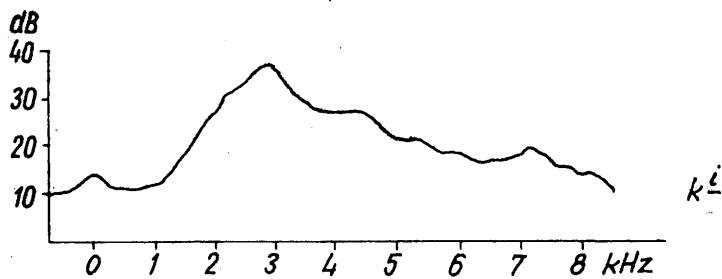
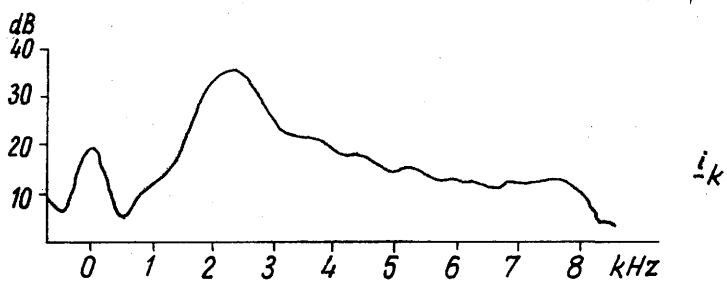
V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB	V6	dB	V7	dB	V8	dB
		1100						4250	-14,0					7500	
		1000		2780	-3,0			4375	-11,2						
		1250	14,3					4210	-12,7						

16. táblázat

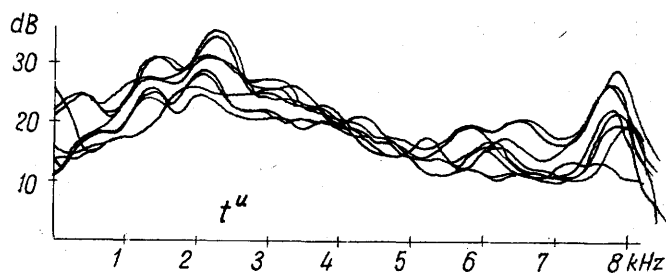
	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4	dB	Cs5	dB	
[c] [i] mellett	930	-18,6	1975	-6,5	2760	0,0	3675	-1,7	4480	-9,3	
[a] mellett	850	-15,6	1800	-5,5	2510	-1,7	3740	-2,3	4630	-6,2	
[u] mellett	1050	-14,0	1920	-7,2	2640	-1,3	3220	-2,1			
	Cs6	dB	Cs7	dB	Cs8	dB					
	5300	-12,7									
	5580	-10,0	6280	-9,1	7020	-7,2					
			6120	-9,1	7900	-13,0					
	V1	dB	V2	dB	V3	V4	dB	V5	dB	V6	dB
						3300	-5,0			5800	-11,0
						3200	-6,4	4290	-7,7	5180	-11,9
										4900	-14,3

17. táblázat

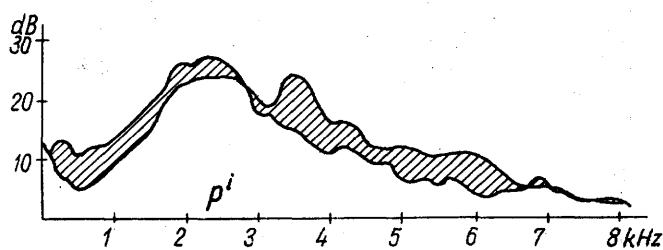
	Cs1	dB	Cs2	dB	Cs3	dB	Cs4					
[j] [i] mellett			2040	-3,8	2850	0,0	3630					
[a] mellett			1980	-4,0	2800	-1,0	3980					
[u] mellett			1800	-2,2	2690	-0,7	3600					
	dB	Cs5	dB	Cs6	dB	Cs7	dB					
[j] [i] mellett	-3,0					6600	-14,7					
[a] mellett	-3,2											
[u] mellett	-5,1					6200	-7,0					
	Cs8	dB										
			7050	-8,5								
	V1	dB	V2	dB	V3	dB	V4	dB	V5	dB	V6	dB
					2250	-4,6	3250	-5,7			5700	-15,5
					2320	-8,4						
					2160	-3,2	3300	-9,4	4740	-19,4		



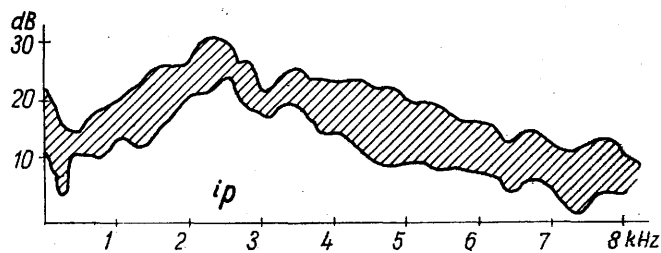
1. ábra



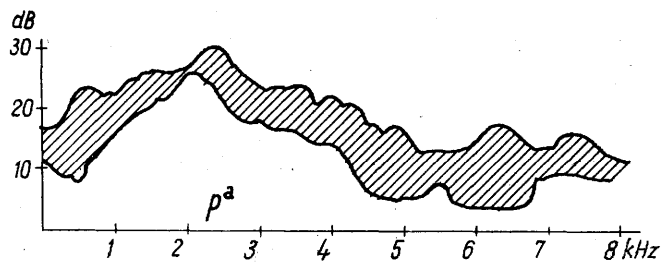
2. ábra



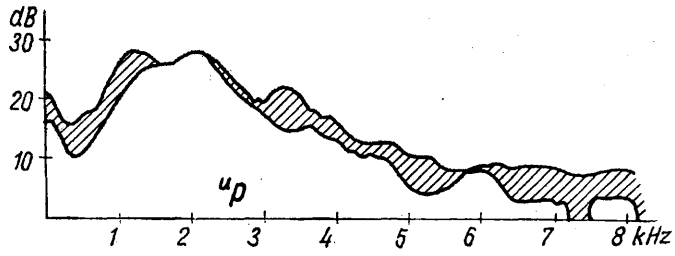
3. ábra



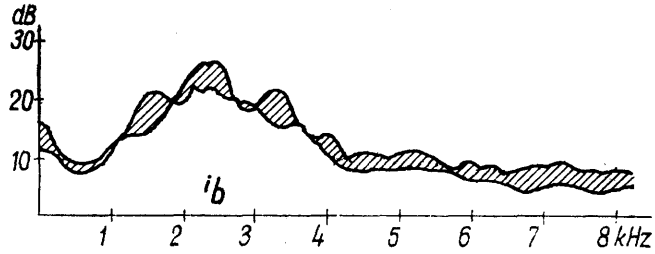
4. ábra



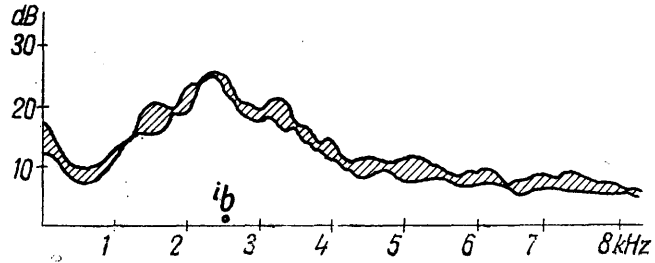
5. ábra



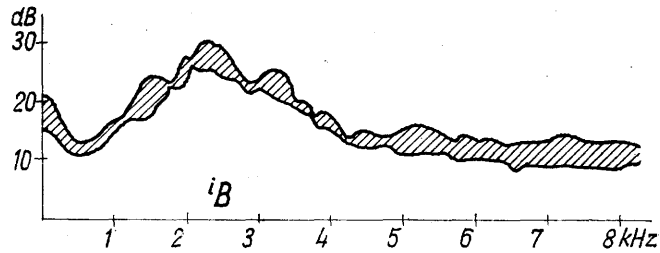
6. ábra



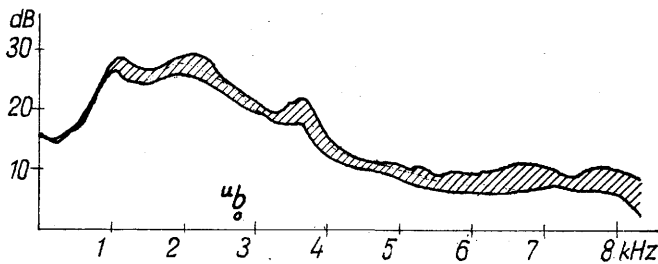
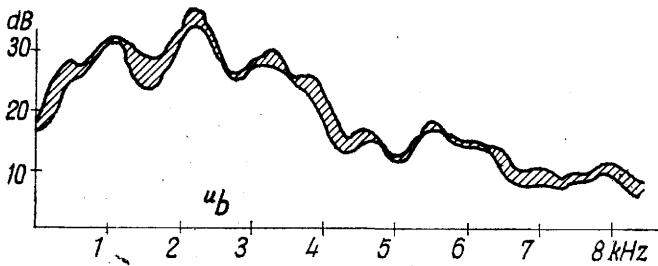
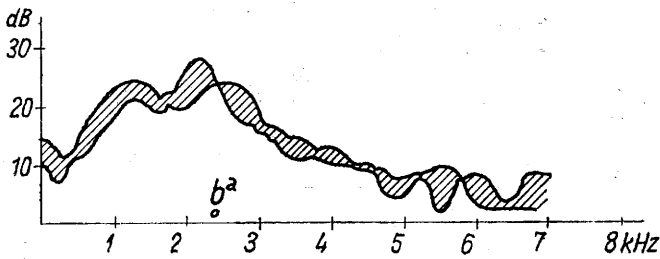
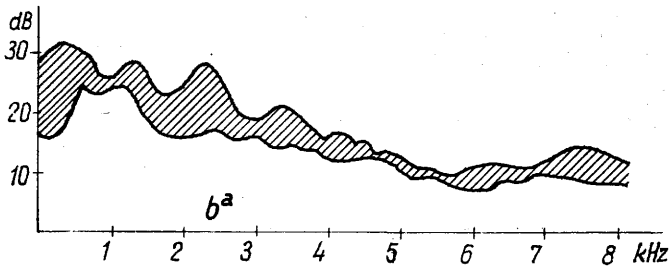
7. ábra

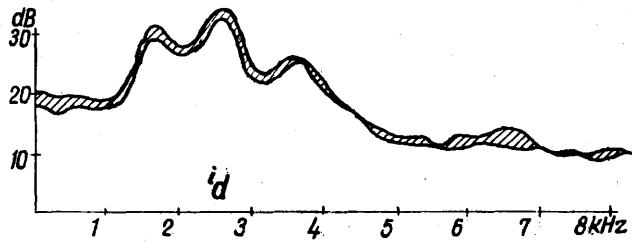


8. ábra

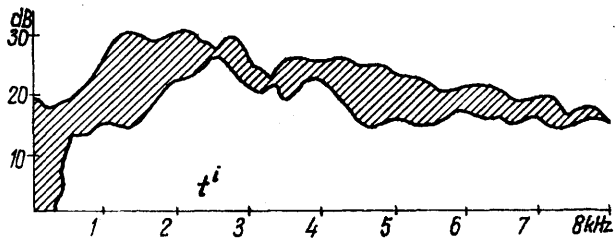


9. ábra

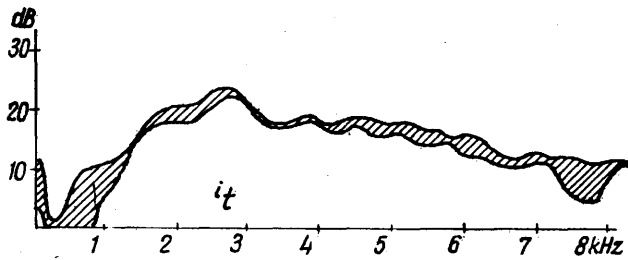




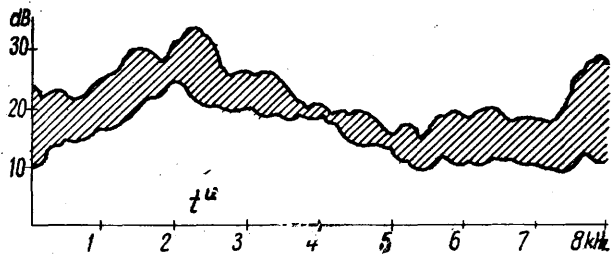
14. ábra



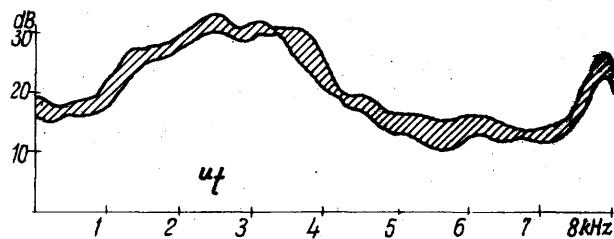
15. ábra



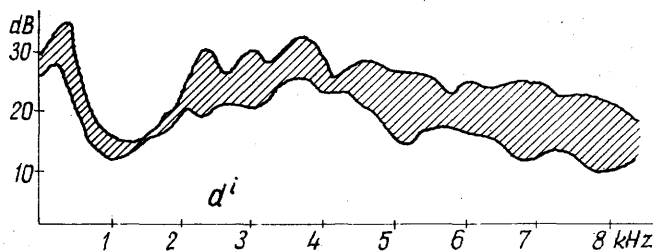
16. ábra



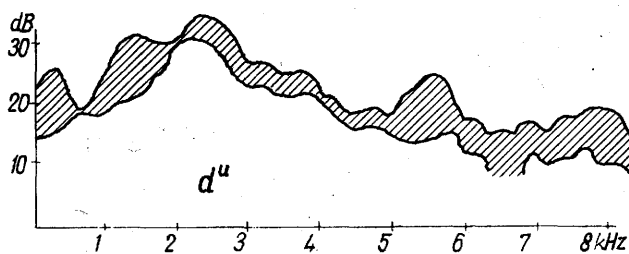
17. ábra



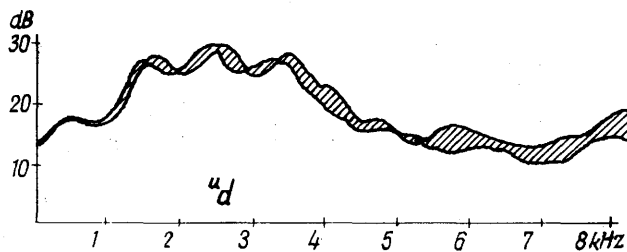
18. ábra



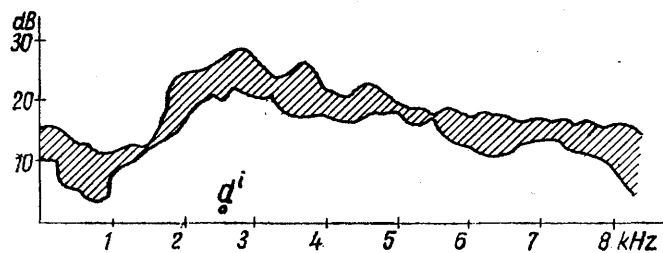
19. ábra



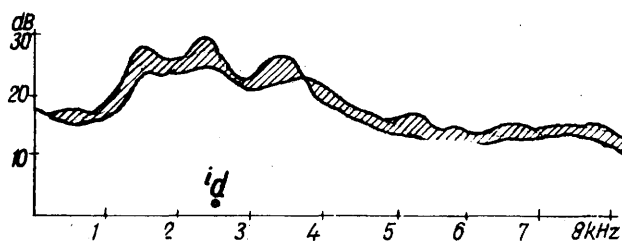
20. ábra



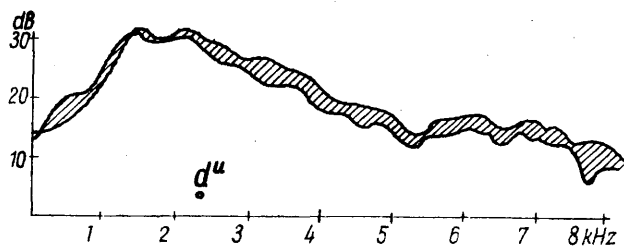
21. ábra



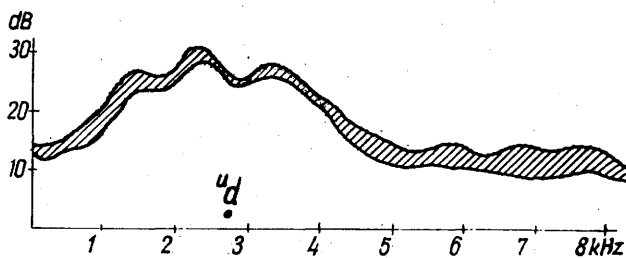
22. ábra



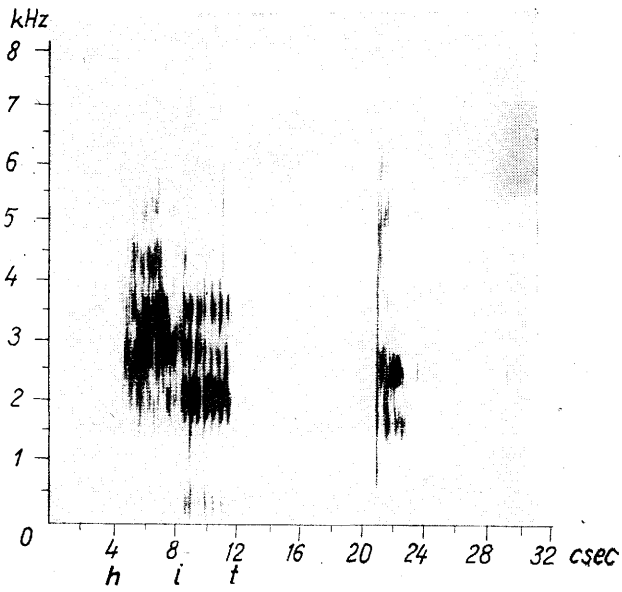
23. ábra



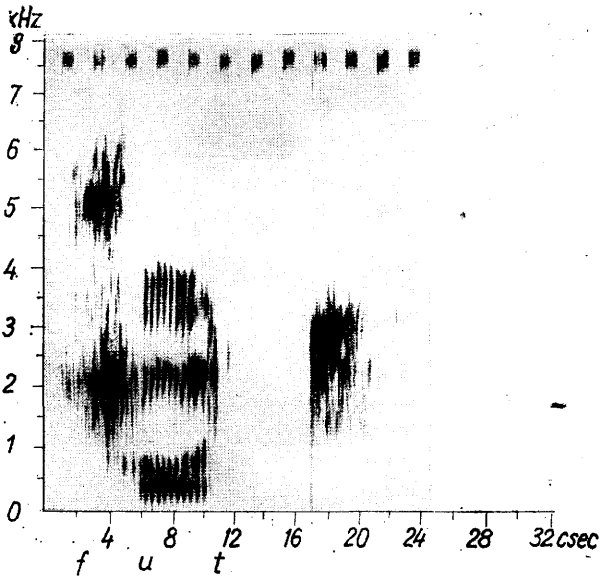
24. ábra



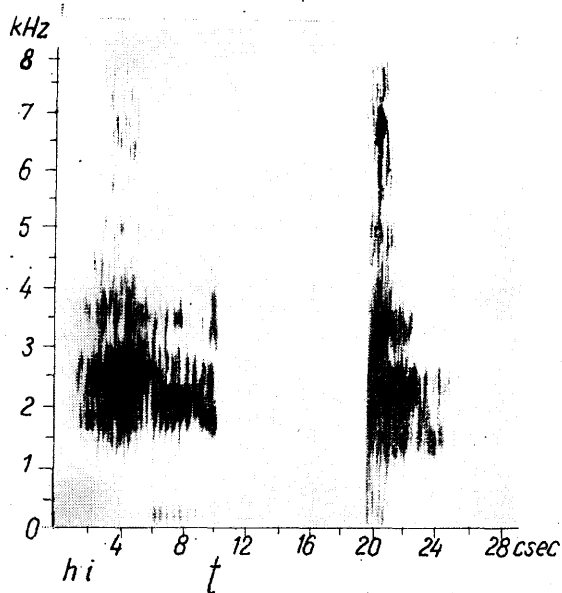
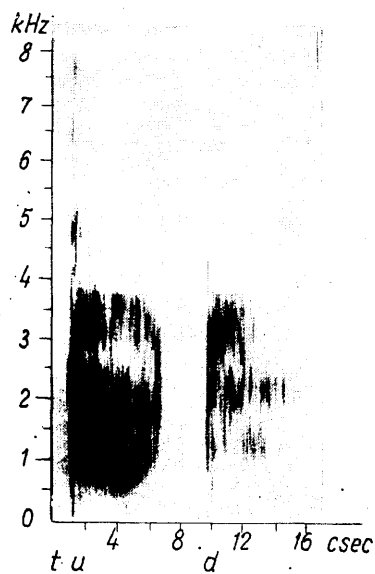
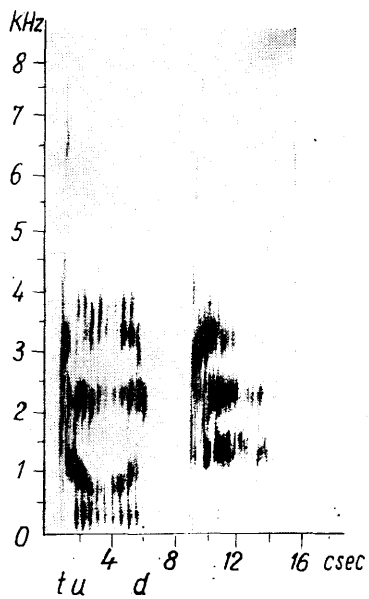
25. ábra

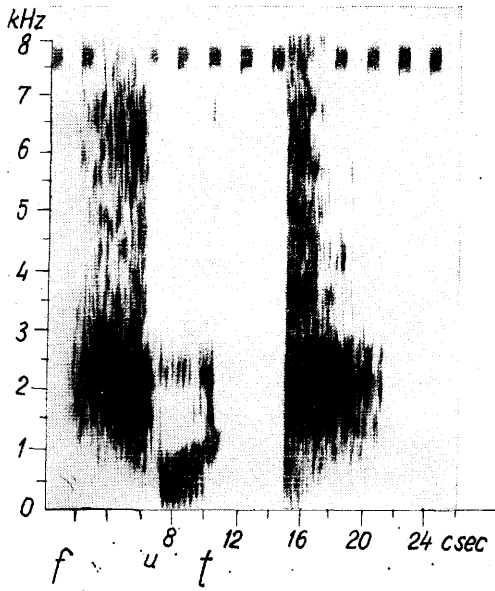


26. ábra

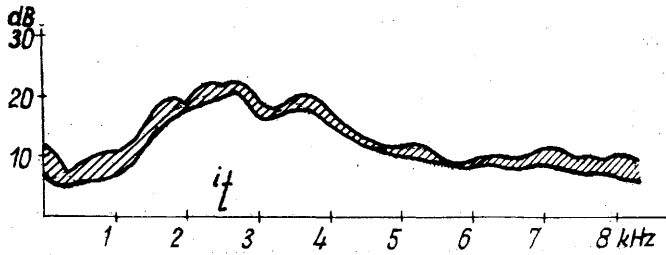


27. ábra

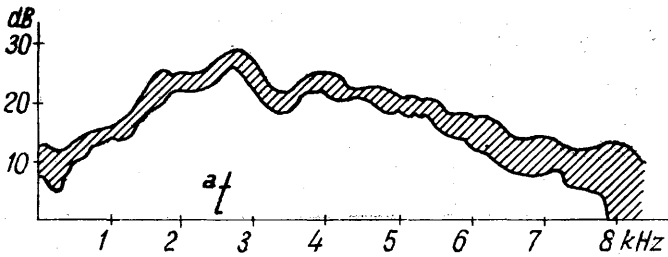




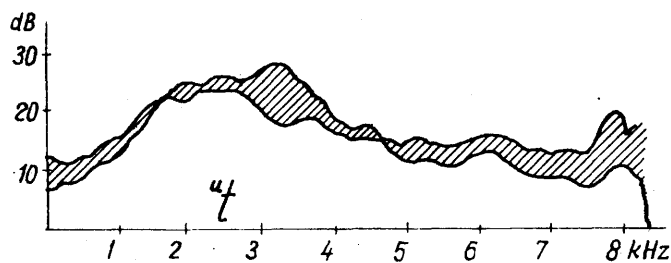
31. ábra



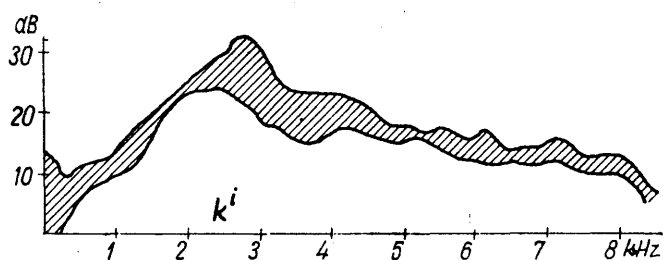
32. ábra



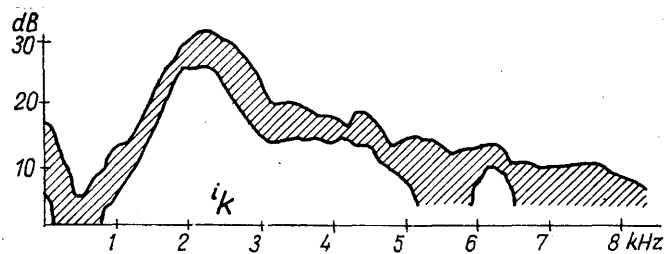
33. ábra



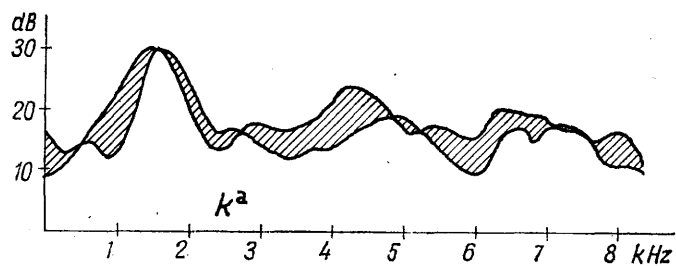
34. ábra



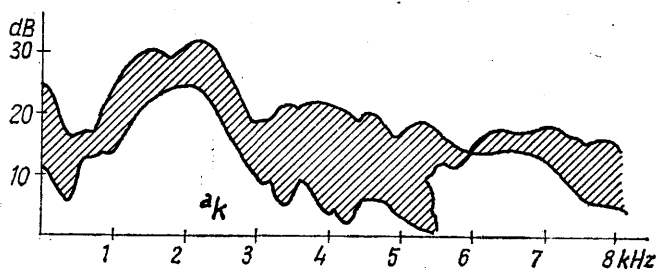
35. ábra



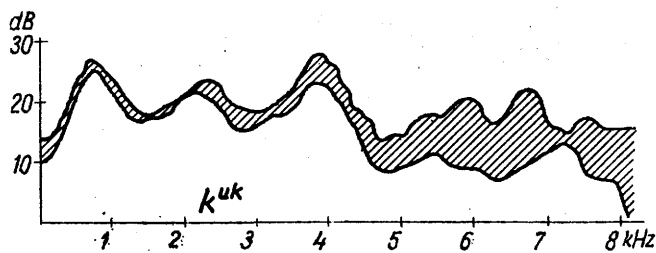
36. ábra



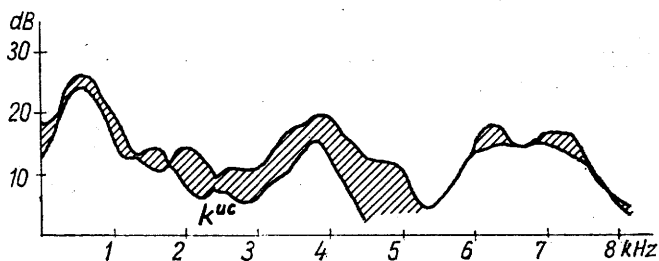
37. ábra



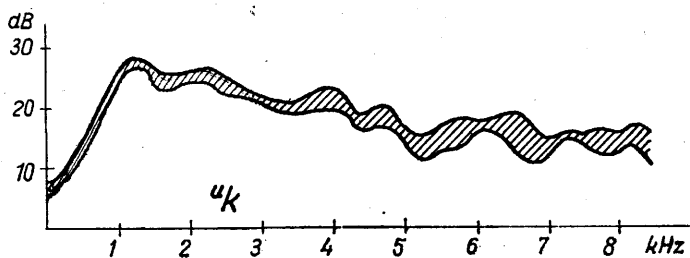
38. ábra



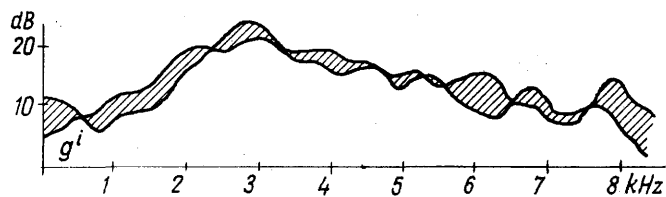
39. ábra



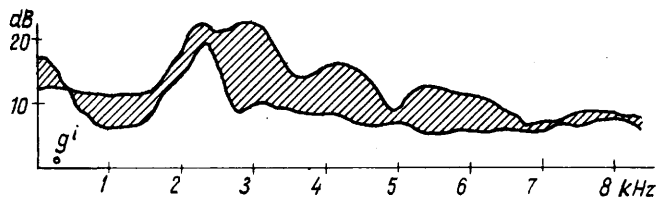
40. ábra



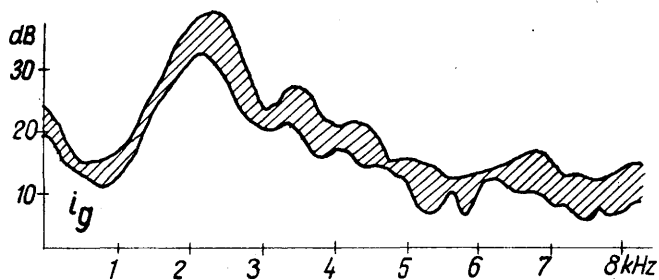
41. ábra



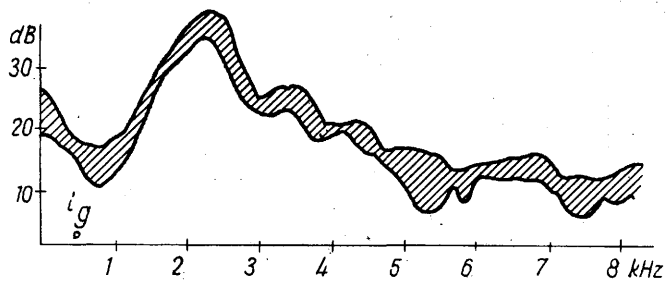
42. ábra



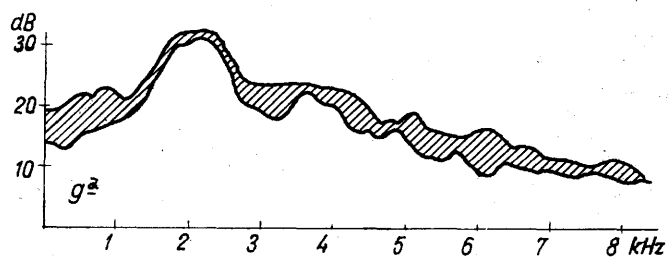
43. ábra



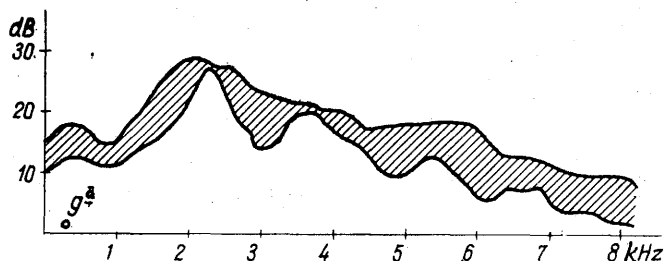
44. ábra



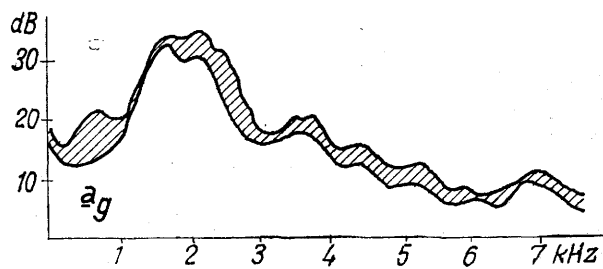
45. ábra



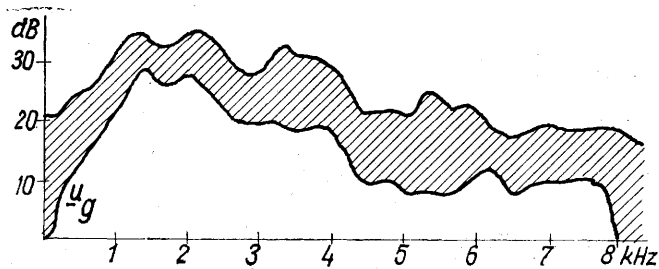
46. ábra



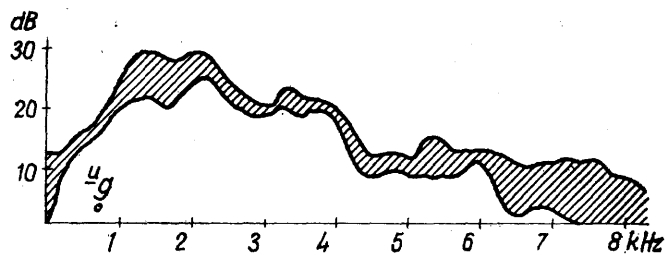
47. ábra



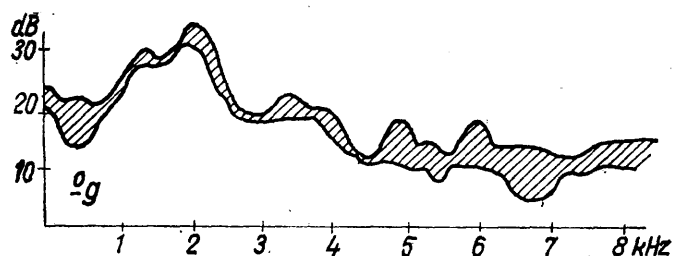
48. ábra



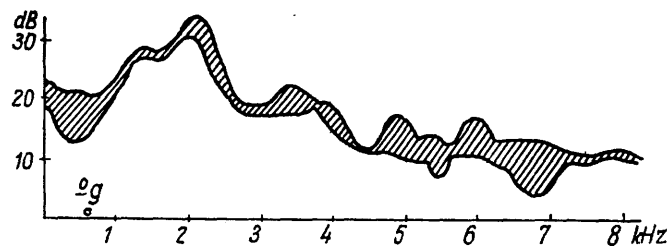
49. ábra



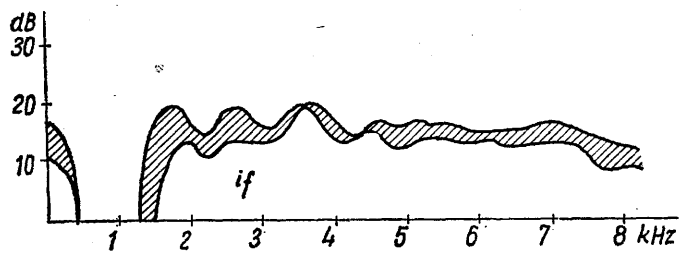
50. ábra



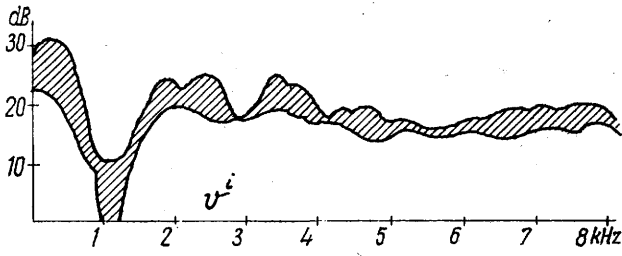
51. ábra



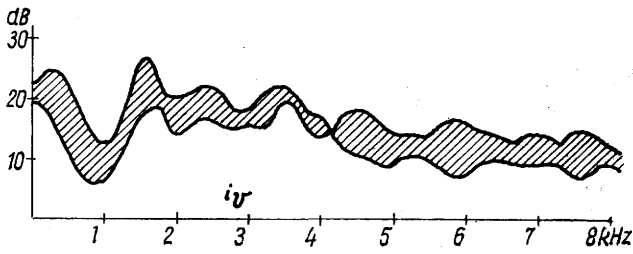
52. ábra



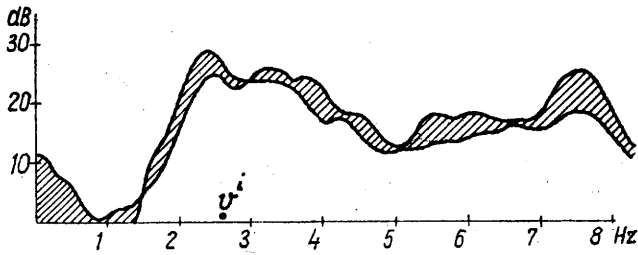
53. ábra



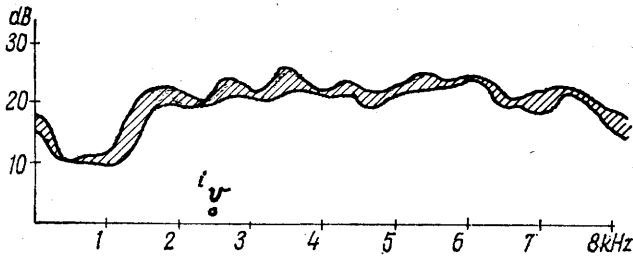
54. ábra



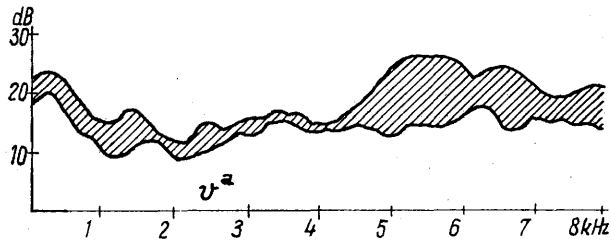
55. ábra



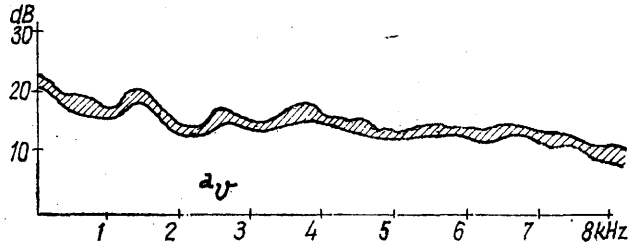
56. ábra



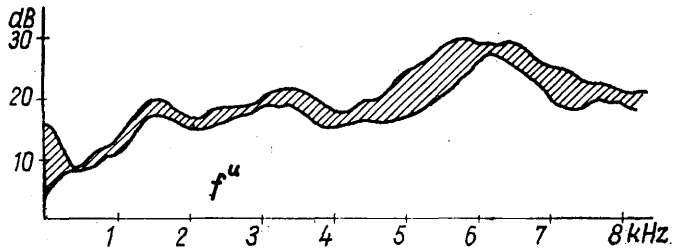
57. ábra



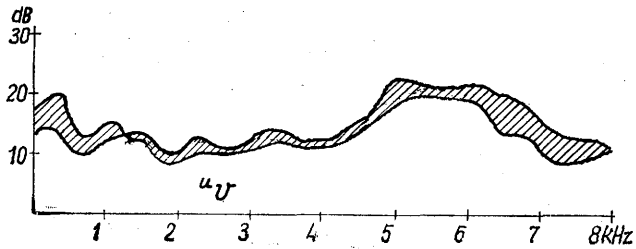
58. ábra



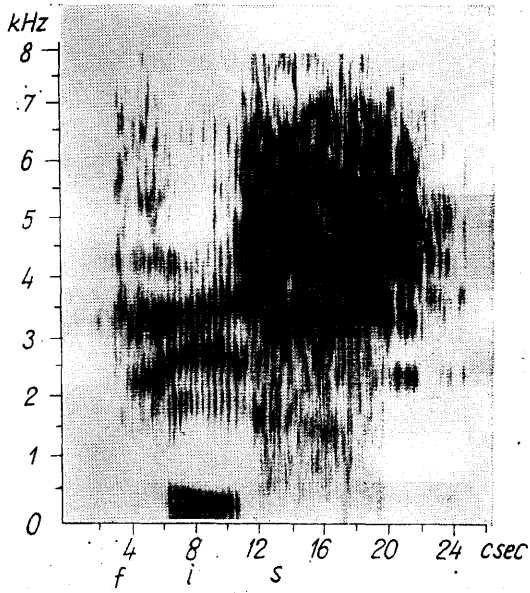
59. ábra



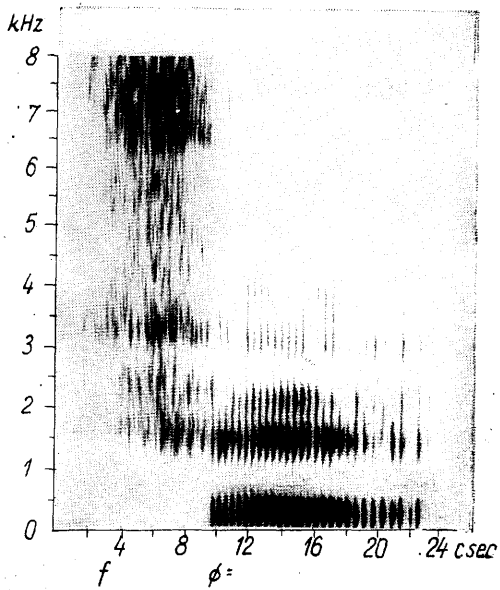
60. ábra



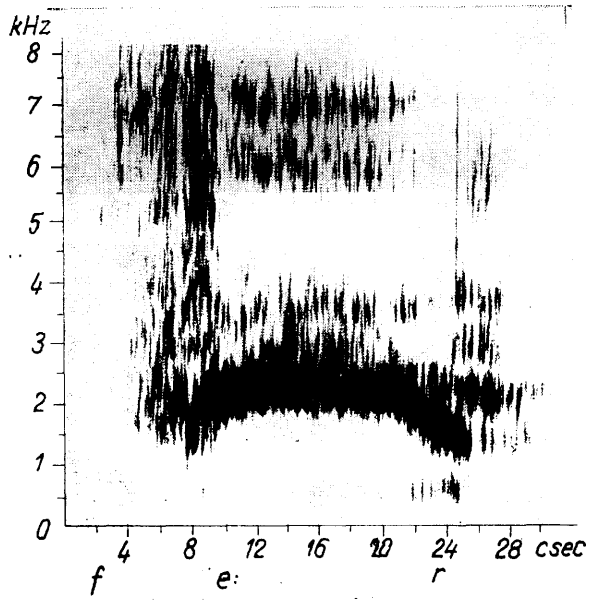
61. ábra



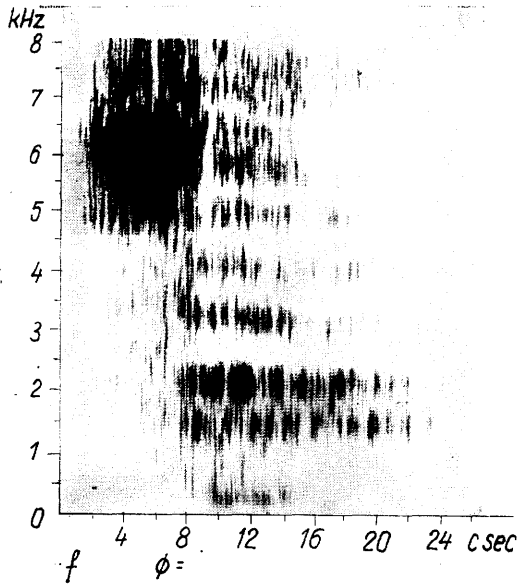
62. ábra



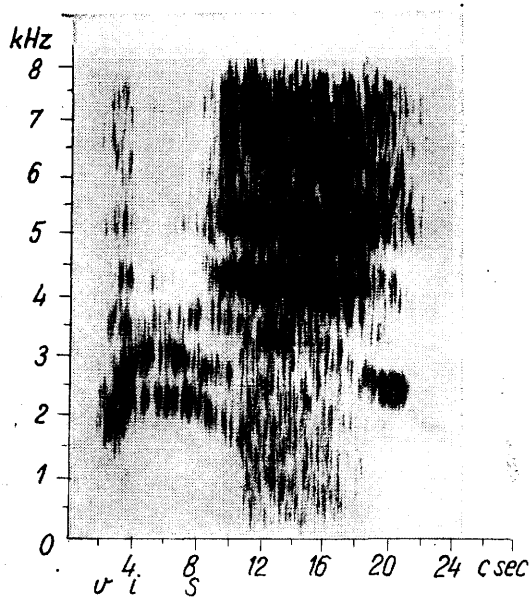
63. ábra



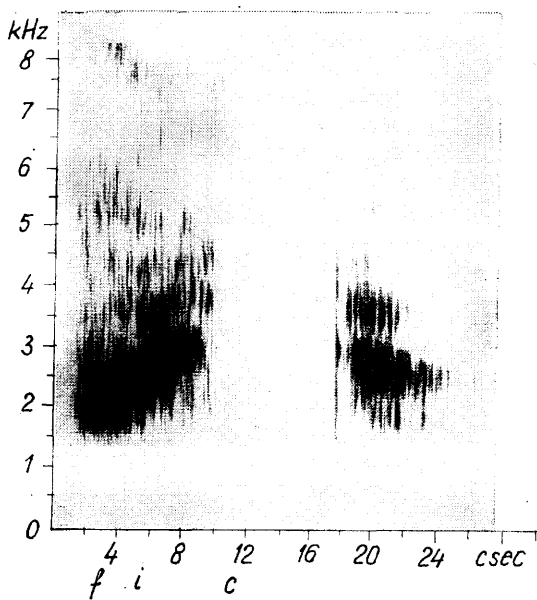
64. ábra



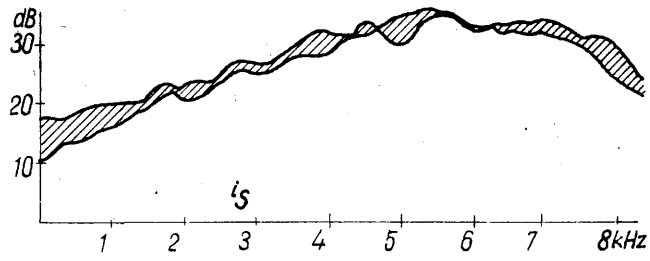
65. ábra



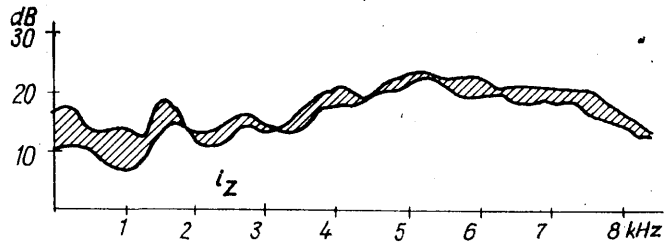
66. ábra



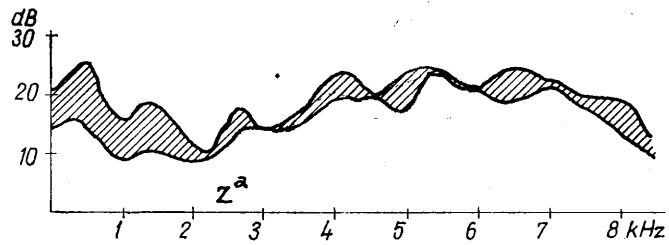
67. ábra



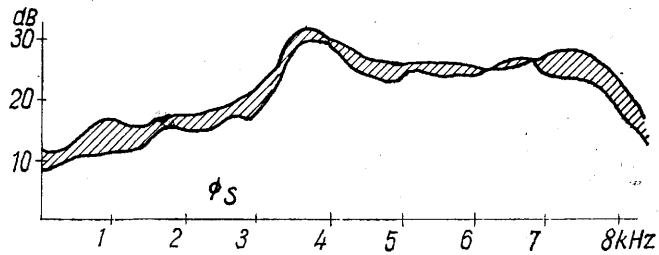
68. ábra



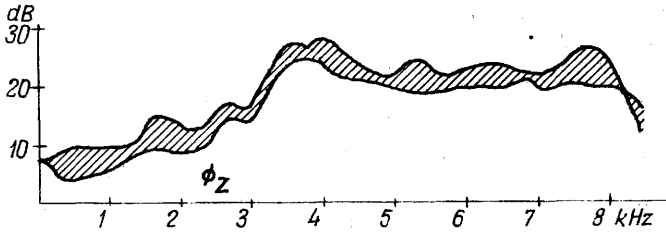
69. ábra



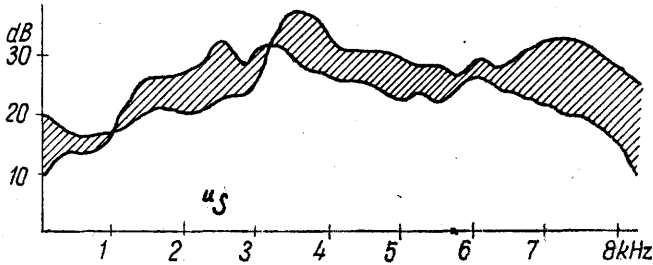
70. ábra



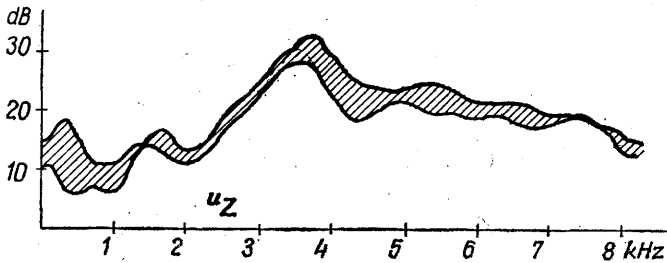
71. ábra



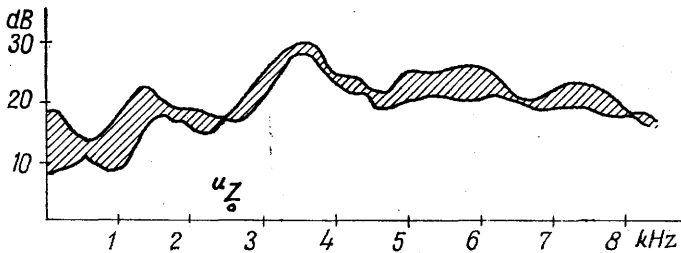
72. ábra



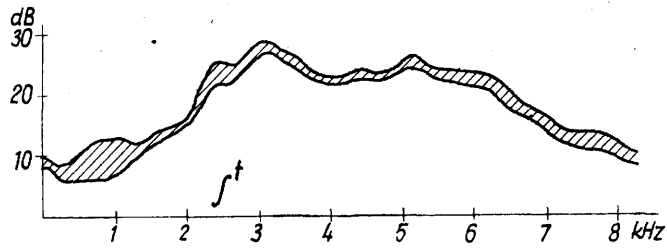
73. ábra



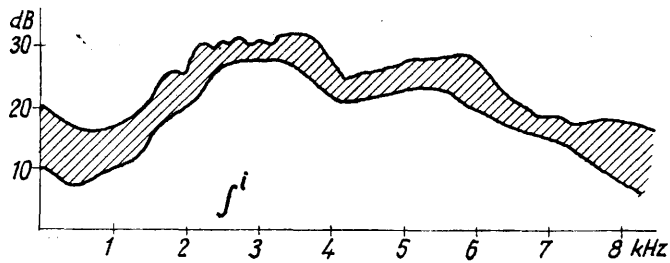
74. ábra



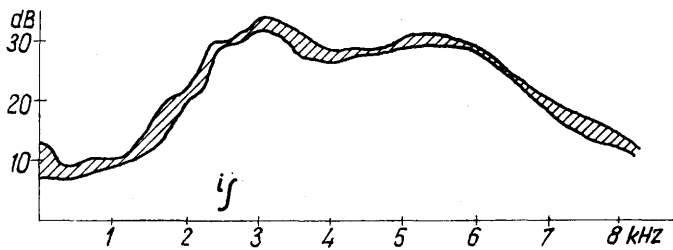
75. ábra



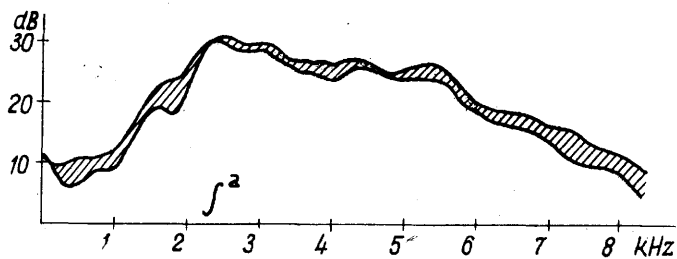
76. ábra



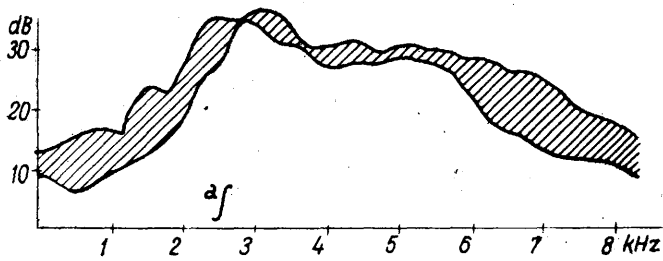
77. ábra



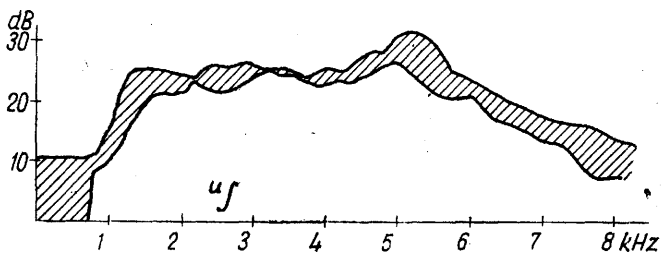
78. ábra



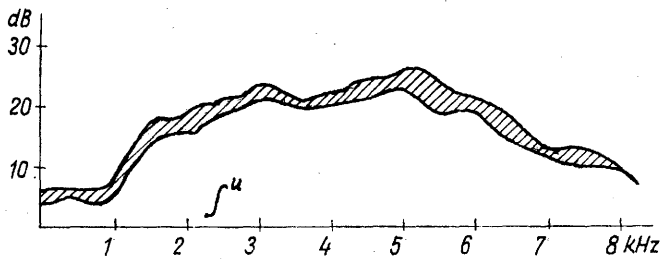
79. ábra



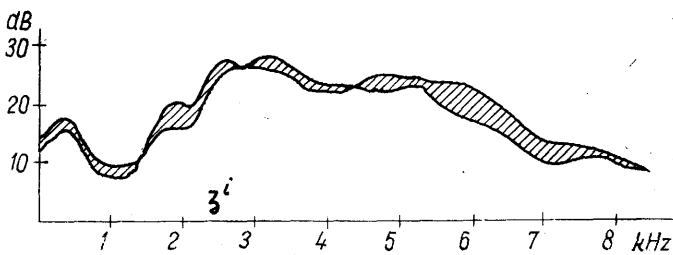
80. ábra



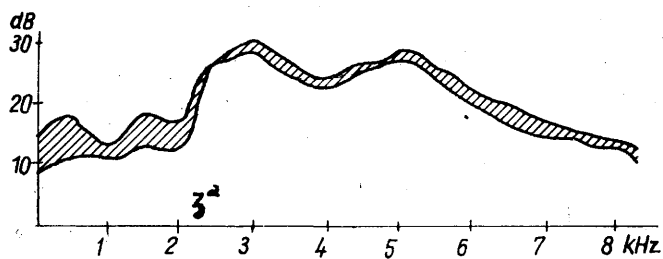
81. ábra



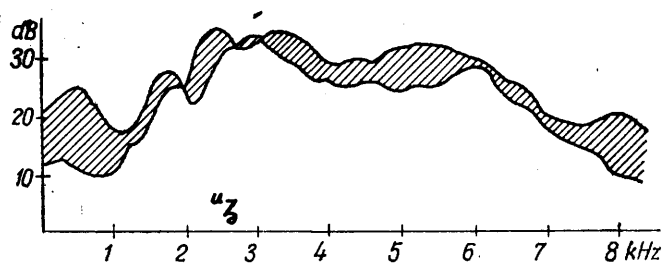
82. ábra



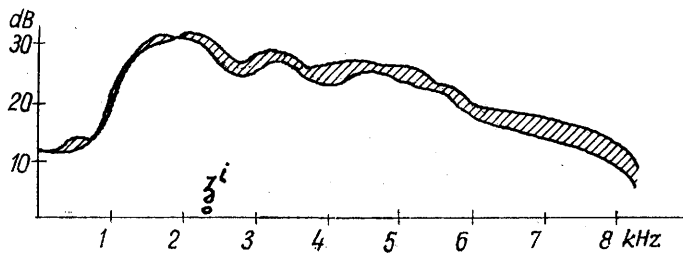
83. ábra



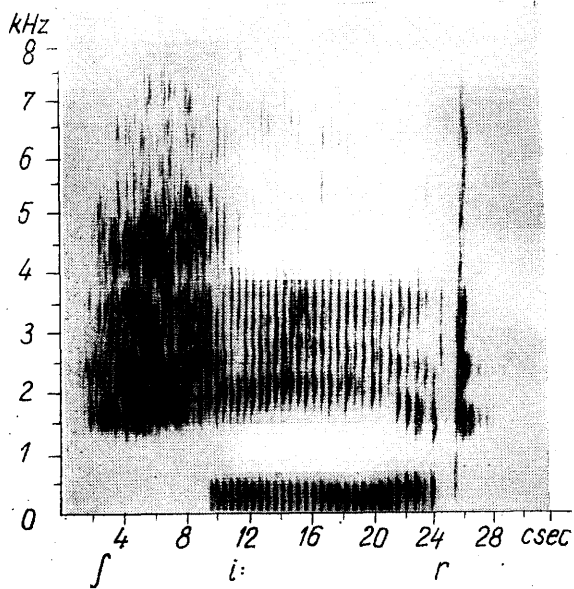
84. ábra



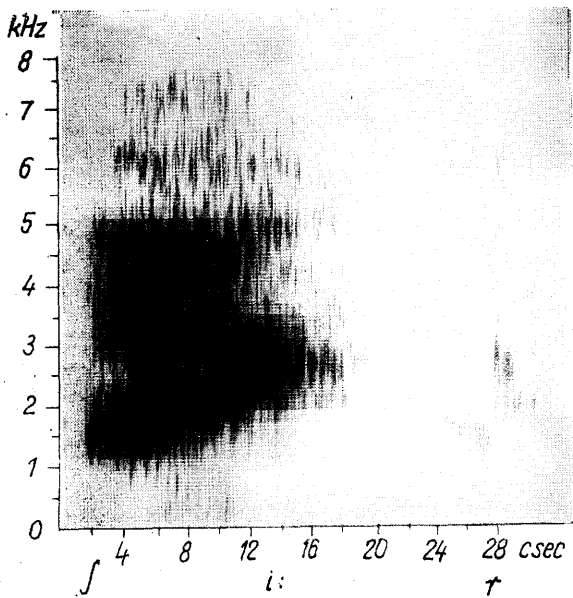
85. ábra



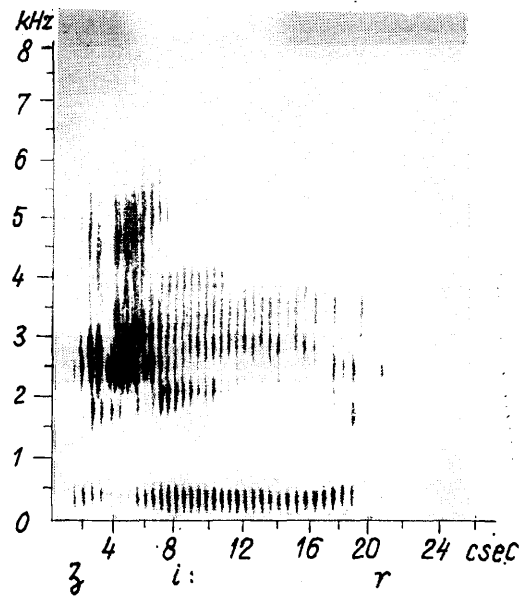
86. ábra



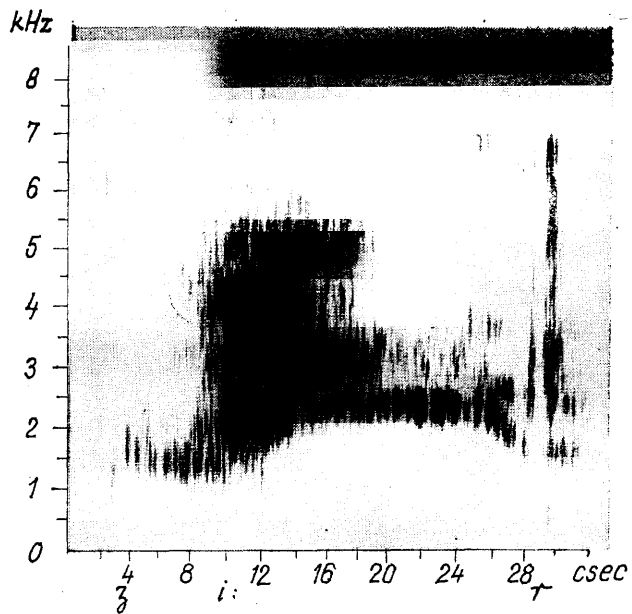
87. ábra



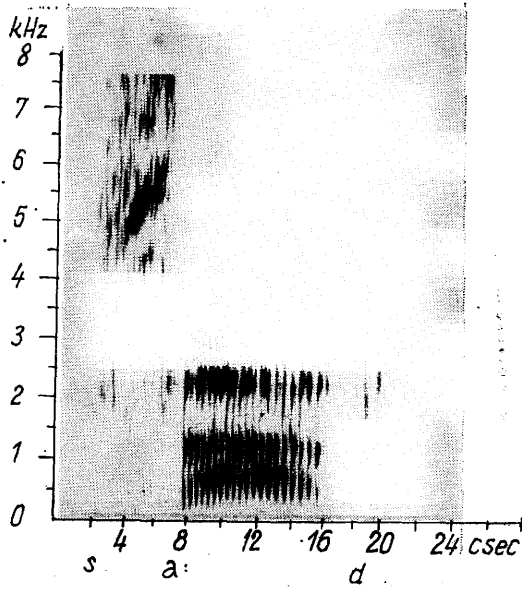
88. ábra



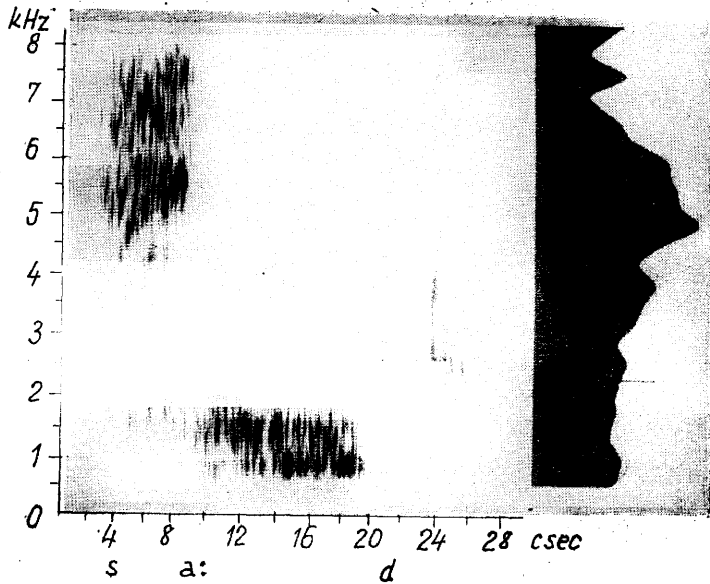
89. ábra



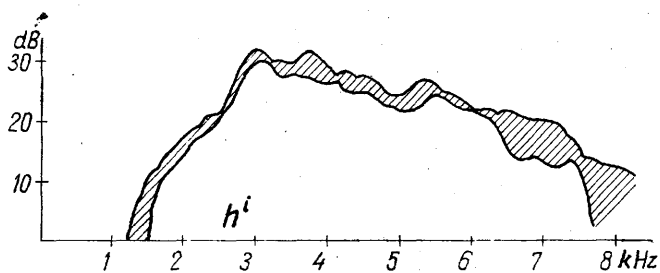
90. ábra



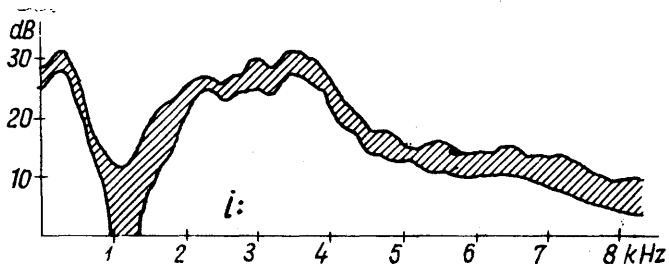
91. ábra



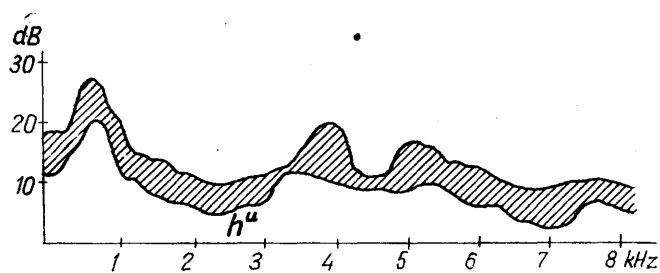
92. ábra



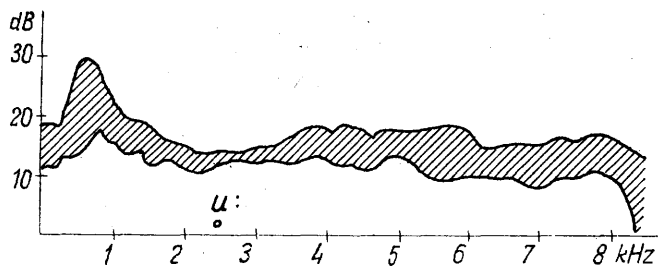
93. ábra



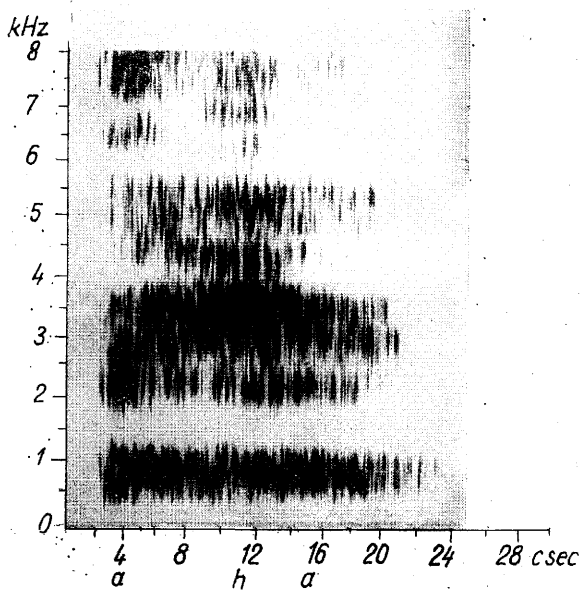
94. ábra



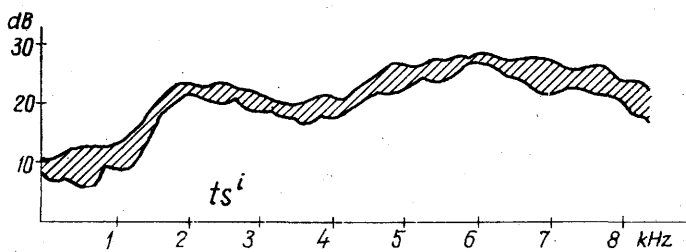
95. ábra



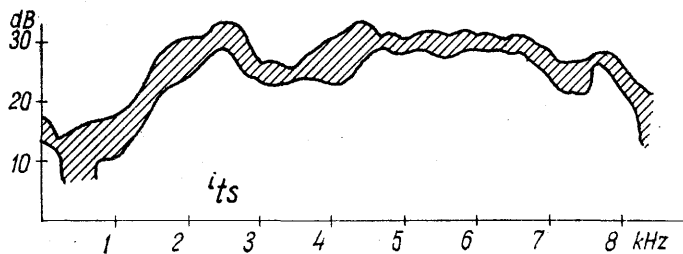
96. ábra



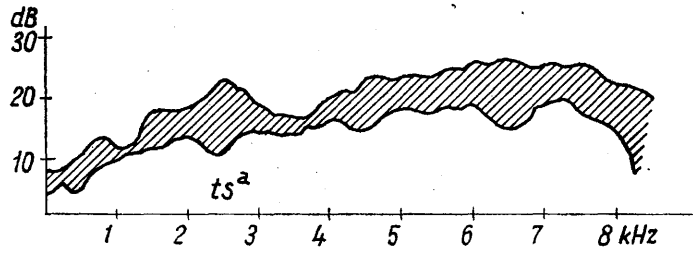
97. ábra



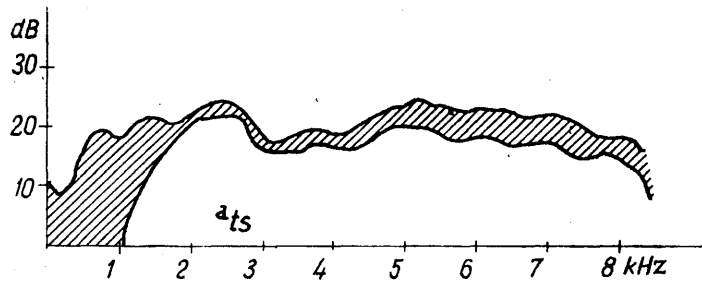
98. ábra



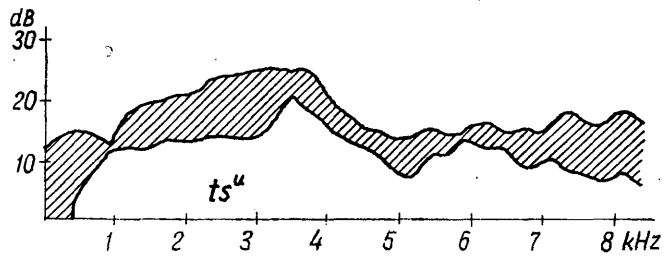
99. ábra



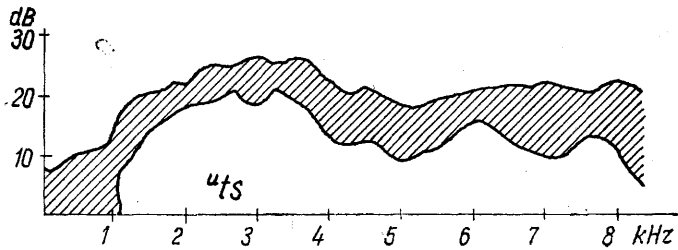
100. ábra



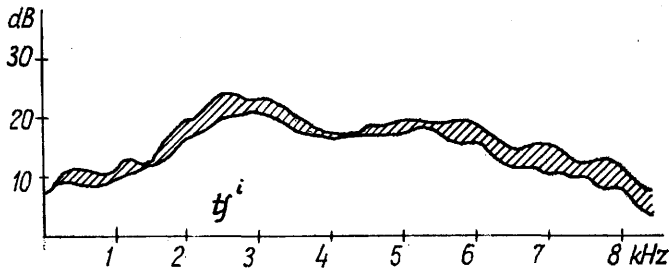
101. ábra



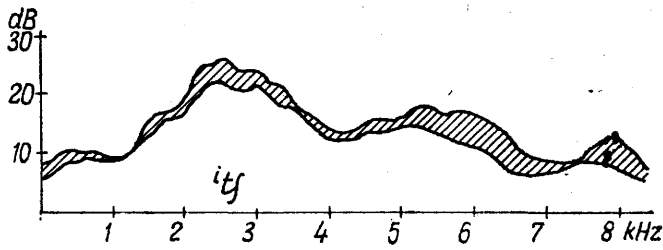
102. ábra



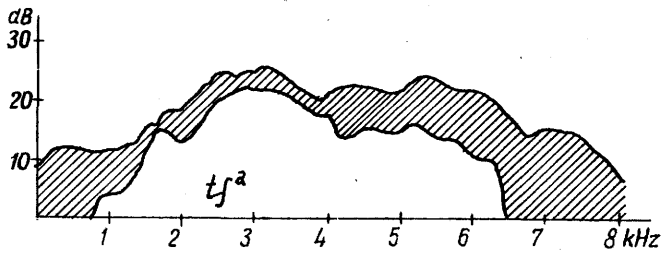
103. ábra



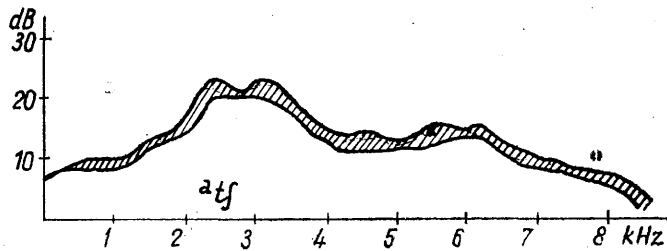
104. ábra



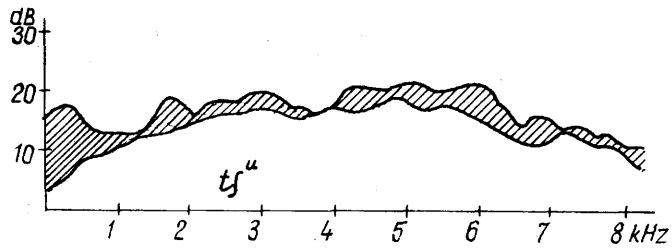
105. ábra



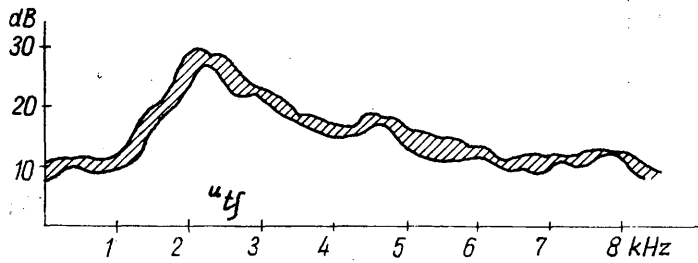
106. ábra



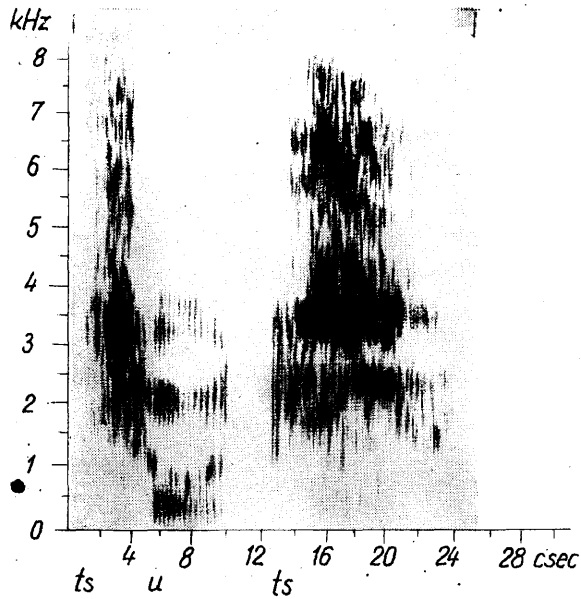
107. ábra



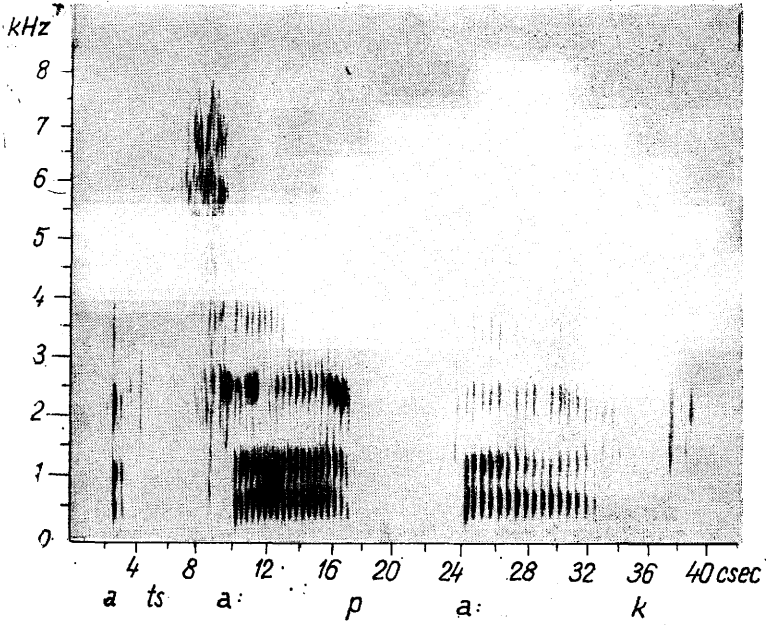
108. ábra



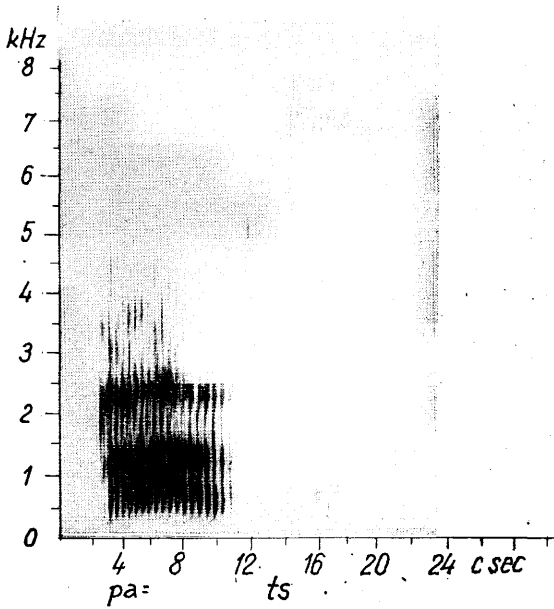
109. ábra



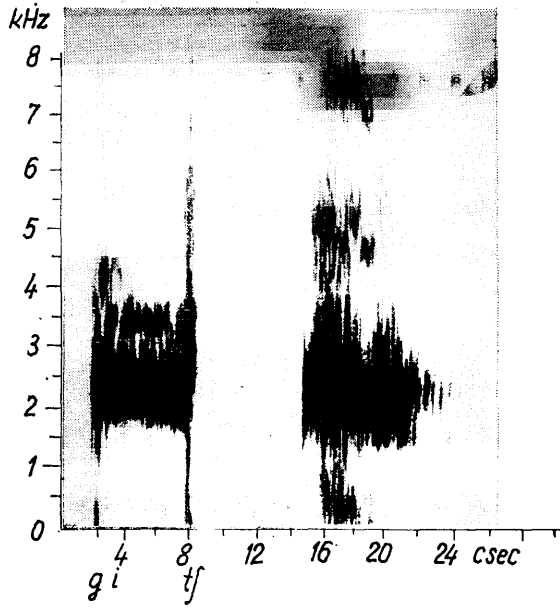
110. ábra



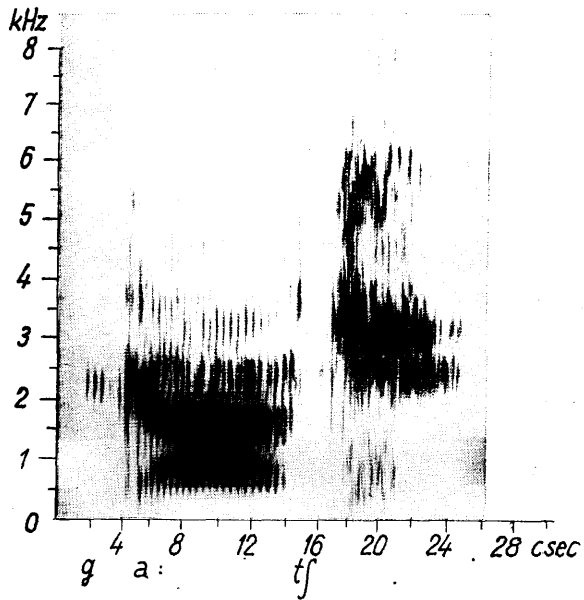
111. ábra



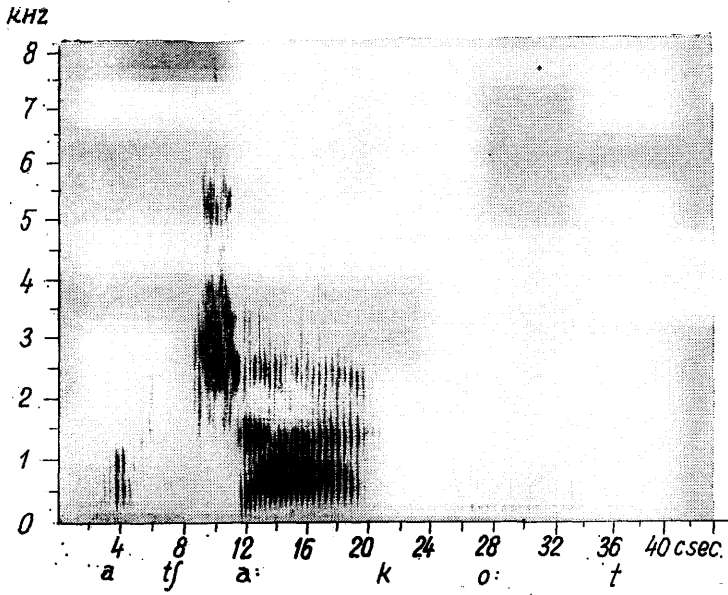
112. ábra



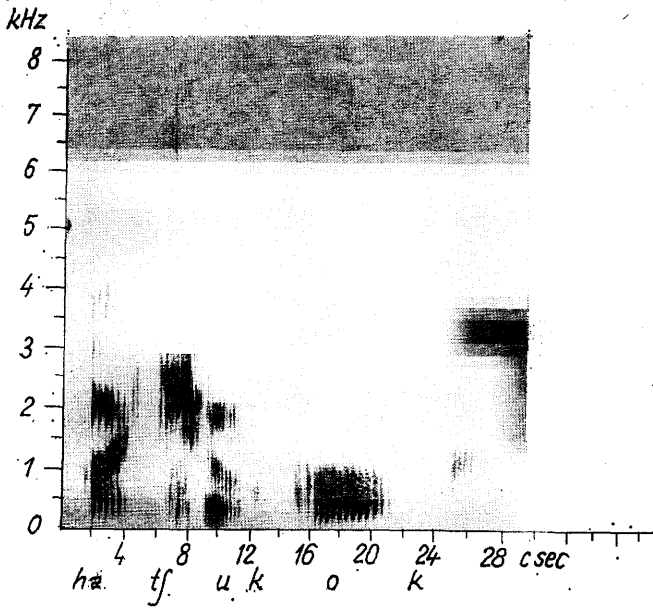
113. ábra



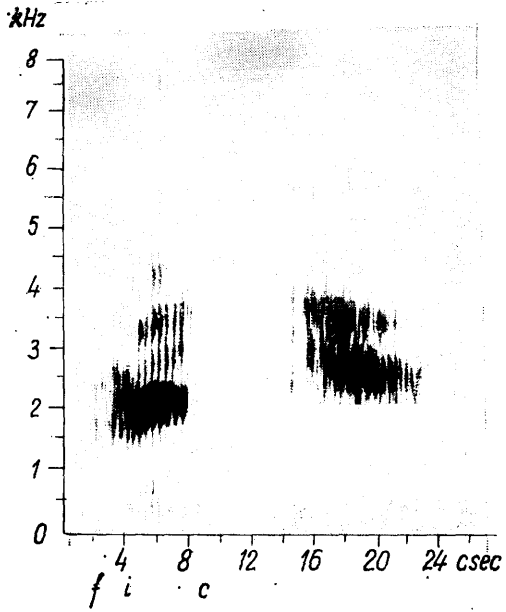
114. ábra



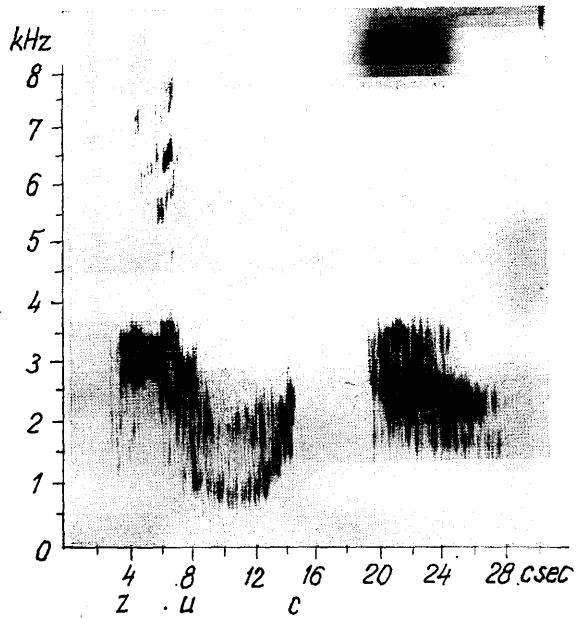
115. ábra



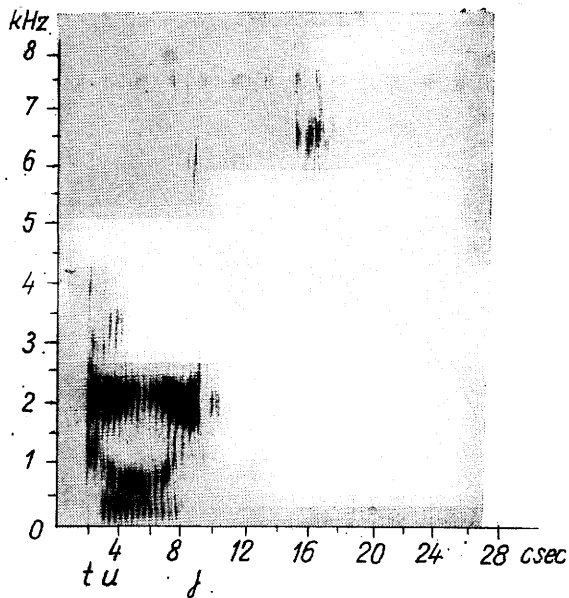
116. ábra



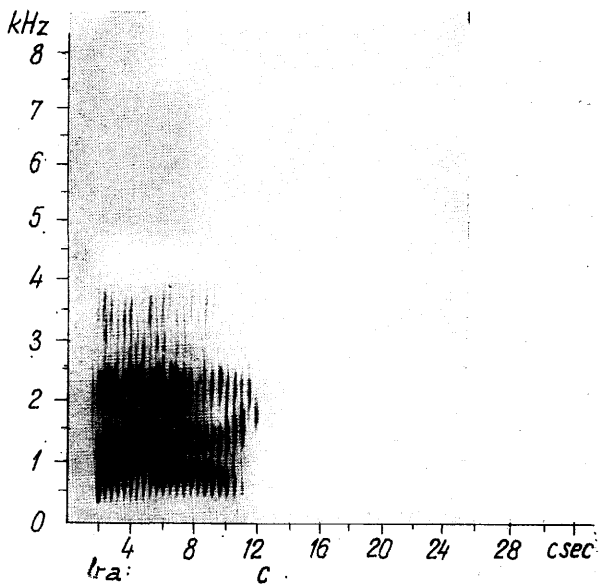
117. ábra



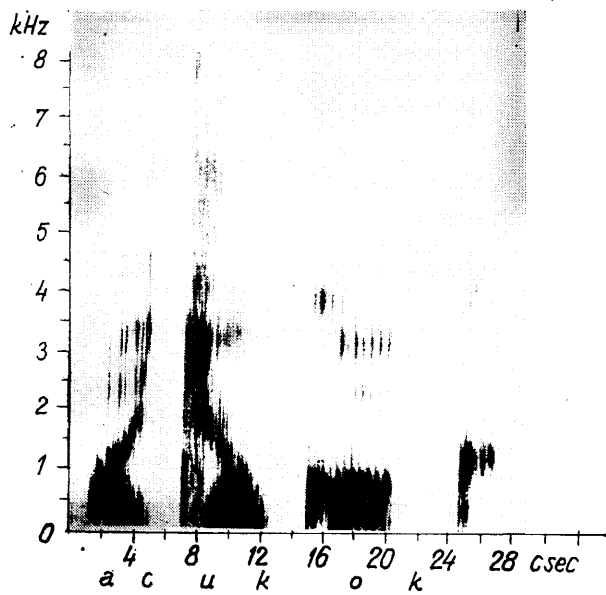
118. ábra



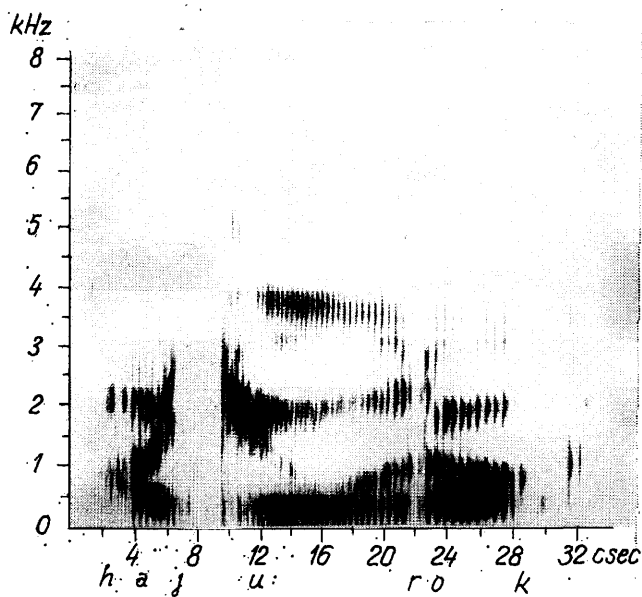
119. ábra



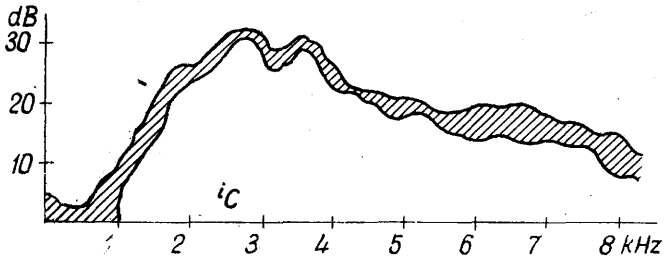
120. ábra



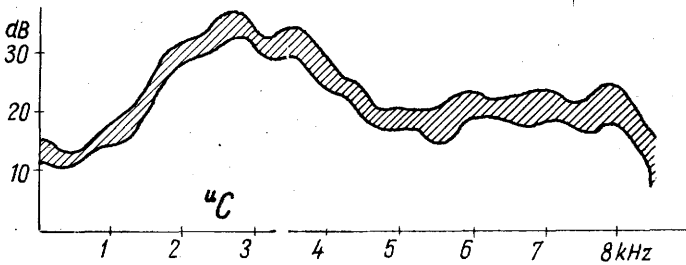
121. ábra



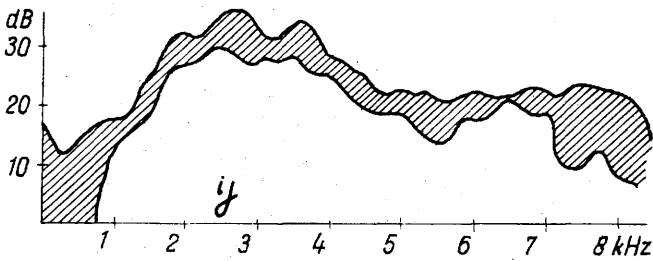
122. ábra



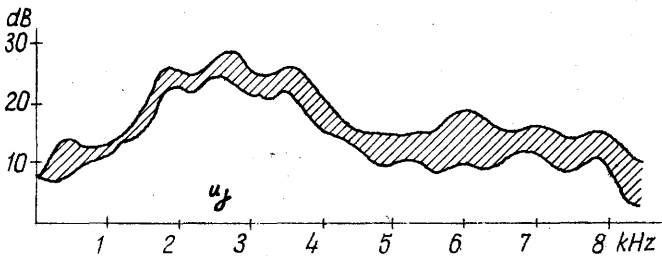
123. ábra



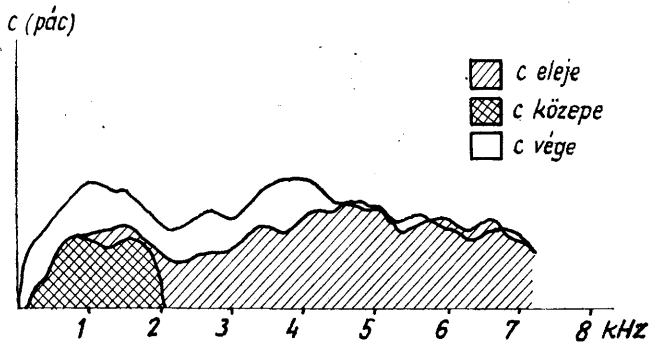
124. ábra



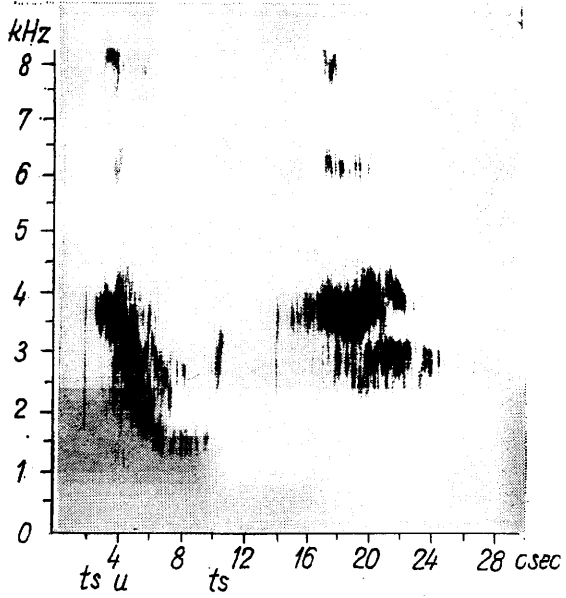
125. ábra



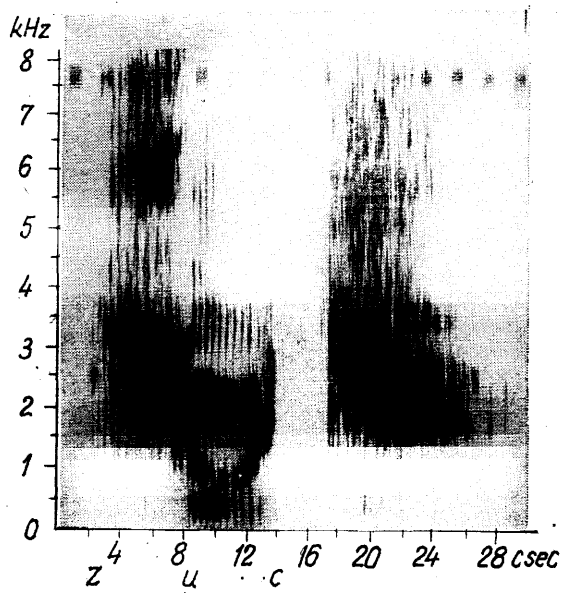
126. ábra



127. ábra



128. ábra



129. ábra

