FERVÁGNER CSABA

A NAGYBŐGŐ AKUSZTIKÁJA

DLA DOKTORI ÉRTEKEZÉS

2013

Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem

28. számú művészet- és művelődés-

történeti tudományok besorolású

doktori iskola

A NAGYBŐGŐ AKUSZTIKÁJA

A NAGYBŐGŐ FORMAI SOKRÉTŰSÉGE, JELLEMZŐ HANGTULAJDONSÁGAINAK MEGÁLLAPÍTÁSA, FŐBB SPEKTRÁLIS ÖSSZETEVŐINEK BEMUTATÁSA, STATIKAI VIZSGÁLATA

FERVÁGNER CSABA

TÉMAVEZETŐ: PAP JÁNOS

DLA DOKTORI ÉRTEKEZÉS

2013

TARTALOMJEGYZÉK

Rövidítések jegyzéke IV

Köszönetnyilvánítás V

Bevezetés VI

1. A nagybőgővel kapcsolatos alapvető dilemmák 1

1.1.1 A nagybőgő mint gyűjtőfogalom 1
1.1.2 A korpusz 1
1.1.3 Zenekari és szóló nagybőgő 2
1.1.4 Négy- vagy öthúros, és C-mechanikás nagybőgők 3
1.1.5 Gamba és hegedű formájú nagybőgők 5
1.1.6 Lapos és domború hátú nagybőgők 8
1.1.7 A játékos 9

2. A nagybőgő akusztikája, a szubjektív hangszínteszt 10

2.1 A vonós hangszerek meghallási problémái 10

2.1.1 A Berezgés 10
2.1.2 Az Érzékszerv 11
2.1.3 A mély oktávok frekvencia szűkülése 11
2.1.4 A gyenge sugárzás 12
2.1.5 A hang késése 13

2.2 Bevezetés a hangszíntesztbe 15

2.2.1 A teszt célja 15
2.2.2 Vonós hangszereken végzett korábbi hangszín vizsgálatok 16
2.2.3 Nagybőgőn végzett hangszín vizsgálatok. Megjegyzések a teszthez 16

2.3 Eszközök, eljárás ismertetése, előkészületek 19

2.3.1 Eszközök 19
2.3.2 Az eljárás ismertetése 19
2.3.3 A tesztben résztvevő hangszerek 21
2.3.4 A tesztlap. Kiértékelési szempontok 23

2.4 A hangszínteszt részletes összesítése. Szöveges hangszín ítélet 25

2.4.1 A nagybőgők rangsorolása hallgatói kategóriánként 34
2.4.2 Markáns, meghatározó hangszínek a rangsor tükrében 37

2.5 A rangsor (5. 6. 7. 8. táblázat) eredményei. Következtetések 39

2.6 Markáns tulajdonságok a rangsor tükrében. Eredmények (9. 10. 11. 12. táblázat) 41

2.7 A hangszínteszt eredményei a formajegyek tükrében 43

2.7.1 Gamba-, hegedűforma 43
2.7.2 Négyhúros, öthúros 43
2.7.3 Szóló, zenekari felépítésű hangszer 44
2.7.4 Lapos illetve domború hát 46
2.7.5 Manufaktúra hangszer két mérésének összehasonlítása 51
2.7.6 Kis Zoltán 2009 hangszere két mérésének összehasonlítása 52

2.8 Összefoglalás 53

3. A nagybőgő hangjának spektrális elemzése *55*

3.1 Bevezetés **55**

3.2 A hangszín és a hangminőség kutatása. Történeti, technikai áttekintés **55**

3.3 A spektrumelemzés célja **61**

3.4 Mérési eljárások **61**

3.4.1 A vizsgálatban résztvevő eszközök 61

3.4.2 A bőgő rezgési módusainak – testspektrumának – mérése 61

3.4.3 A játszott hangok spektrumának mérése 63

3.5 A vizsgálat mérései **63**

3.6 A nagybőgők ráfelelési görbéinek tanulmányozása és elemzése **63**

3.6.1 A ráfelelési és bemeneti admittancia görbék jellemzői 63

3.6.2 A kísérletben részt vevő nagybőgők legfontosabb testmódusai a hangszínteszt rangsora tekintetében. A nagybőgők lég- (A0) és fahangjai (T1) 66

3.6.3 A mérési pontok ráfelelési-átviteli görbéinek különbözőségei 73

3.6.4 A ráfelelési görbe jellemzői és a hangminőség-rangsor kapcsolata 74

3.6.5 Lapos és domborúhátú bőgők testrezgési jellemzői 75

3.6.6 A Man-Mo100-gl4 és az átépített Man-Mo100-gl4-02 bőgők rezgésspektrum-ábráinak változásai 77

3.6.7 KisZ-09-gd5 és KisZ-09-gd5-02 bőgők rezgésspektrum-ábráinak összehasonlítása 78

3.7 A játszott hangok spektrumainak összehasonlítása **79**

3.7.1 Szubkontra H-húrok spektrumainak összehasonlítása 79

3.7.2 Kontra E-húrok spektrumainak összehasonlítása 80

3.7.3 Kontra A-húrok spektrumainak összehasonlítása 84

3.7.4 Nagy D-húrok spektrumainak összehasonlítása 85

3.7.5 Nagy G-húrok spektrumainak összehasonlítása 85

3.7.6 Egy konkrét hangszer átlagspektrumának elemzése 87

3.8 A farkashang vagy buller jelensége a nagybőgő egyes hangjainál **89**

3.9 A nagybőgők dinamikai átfogása **94**

3.10 Pizzicato berezgés **95**

3.11 Összefoglalás **96**

4. A nagybőgő analóg statikai vizsgálata *98*

4.1 Számítási módszerek **100**

4.2 A hangszerben fellépő erők **101**

4.2.1A hangszer fedőlapjára jutó erő tényezői 101

4.2.2 A hegedű és nagybőgő arányai és a bennük fellépő erők összehasonlítása 102

4.2.3 A tetőlapra jutó nyomás változtatása 106

4.2.4 Öthúros nagybőgőn ható erők eloszlása és a négyhúrossal történő összehasonlítása 108

4.3 A nagybőgő belső vastagsági méretezése **111**

5. Összegzés *114*

Bibliográfia *118*

FÜGGELÉK *122*

I. tábla A nagybőgő kialakulása és formai fejlődése **122**

II. tábla Nagybőgők formai gazdagsága **124**

III. tábla A tesztben résztvevő nagybőgők fotói **125**

IV. tábla A tesztben résztvevő hangszerek fő tulajdonságai **126**

V. tábla **127**

1. A barokk és a modern lábban a tetőre jutó rezgések fő terjedési iránya 127
2. Sebastian Dallinger kópia 127

VI. tábla Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése **128**

VI. a. ÖSSZES HALLGATÓ 128
VI. b. BŐGŐS HALLGATÓK 135
VI. c. ZENÉSZ HALLGATÓK 142
VI. d. NEMZENÉSZ HALLGATÓK 149

VII. tábla Testspektrumok rangsor szerint **156**

VIII. tábla A játszott hangok átlagspektrumai és tercsávos elrendezése a rangsor alapján **158**

VIII. a. Szubkontra H-húr átlag 158
VIII. b. Szubkontra H-húr tercsáv 159
VIII. c. Kontra E-húr átlag 160
VIII. d. Kontra E-húr tercsáv 161
VIII. e. Kontra A-húr átlag 163
VIII. f. Kontra A-húr tercsáv 164
VIII. g. Nagy D-húr átlag 166
VIII. h. Nagy D-húr tercsáv 167
VIII. i. Nagy G-húr d-ig átlag 169
VIII. j. Nagy G-húr d-ig tercsáv 171
VIII. k. Nagy G-húr d-d'-ig átlag 172
VIII. l. Nagy G-húr d-d'-ig tercsáv 174

Rövidítések jegyzéke

Askenfelt: ***Eigenmodes Dbass***

Anders Askenfelt: „Eigenmodes and Tone Quality of the Double Bass". *STL-QPSR* (1982/4): 149-174.

Bennewitz*: A hegedűépítés alapismeretei*

Apian Bennewitz: *A hegedűépítés alapismeretei.* (Budapest, 1992). (Kézirat).[eredeti megjelenés: P.O. Apian Bennewitz: *Die Geige.* (Leipzig: Bernhard Friedrich Voigt, 1920); első kiadás: 1892]

Brown: ***F. R.–backed Dbass***

Mag. Andrew William Brown: *Acoustical Studies on the Flat-backed and Roundbacked Double Bass.* PhD disszertáció, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, 2004.

Pap: ***Hangszerakusztika***

Pap János: *A hangszerakusztika alapjai.* Budapest, 1995 (Kézirat).

Pap: ***Zenei akusztika***

Pap János: *A zenei akusztika alapjai.* Debrecen, 1992 (Kézirat).

Vadon: ***Vonós szakmai ismeret***

Vadon Géza: *Hangszerész (vonós) szakmai ismeret.* (Budapest: Műszaki könyvkiadó, 1975):

Ziegenhals: ***Akustik von Kontrabässen***

Gunter Ziegenhals: „Akustik und Geometrie von Kontrabässen". In: Monika Lustig (szerk.): *Michaelsteiner Kontrabassberichte, Band 64: Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der tiefen Streichinstrumente.* (Dössel,Saalekreis: Janos Stekovics, 2004), 201-208.

Köszönetnyilvánítás

Hálával és köszönettel tartozom Pap Jánosnak, témavezetőmnek, akinek szakmai hozzáértése, lelkes és odaadó segítsége nélkül nem készülhetett volna el ez a kutatás.

Feleségem útmutató példája, letisztult, világos gondolatmenetei és jó fogalmazási ötletei szintén nagy segítségemre voltak mindvégig munkám során.

Megtisztelő volt azon kollégáim nagybőgőjén játszani, akik rendelkezésre bocsátották hangszerüket a mérések és a teszt időtartamára. Hálával gondolok rájuk.

Különös köszönet illeti azokat a barátokat, ismerősöket, kollégákat, akik a hangszíntesztet legjobb tudásuk szerint kitöltötték, így téve lehetővé, hogy dolgozatom magja hiteles legyen.

Családom ragaszkodó kitartása, türelme, folyamatos biztatása és támogatása mindig erőt adott a nehéz napokon.

Hálámat szeretném kifejezni azoknak a hangszerészeknek, kik szakmai tudásuk átadásával, inspiráló beszélgetéseikkel továbbvezettek engem a fejlődés útján, megmutatva az összefüggések csíráját.

Fervágner Csaba, 2013. november 11.

Bevezetés

A nagybőgő jó hangminőségnek kutatása

Úgy alakult az életem gimnazista koromban, hogy csellistából bőgőssé lettem. Sokakkal ellentétben ezt a változást én előnyként éltem meg. Belül ugyanaz a muzsikus maradtam, és bár egy nagy, nehezen kezelhető és nehezen hallható hangszert adtak a kezembe, az igényesség nem veszett ki belőlem. Hangképzéssel kapcsolatos problémáim folyamatosak voltak, sokáig a cselló hangszíne élt a fülemben. Csak lassan és fokozatosan ébredtem rá magam is, hogy zenekari játék során egy nagybőgőhöz a méretéhez hasonlóan kissé komótosan és erőteljesen kell hozzáállni, így teljesedik ki a hangja. Bele kell mélyedni a húrokba, leheletnyi időt hagyni, hogy a hang felépülhessen, s úgy meghúzni, ekkor adja ki a hangszer tudása javát, zengőn és erőteljesen fog szólni. A vonóhúzással keltett hangokra jellemző tehát a kimértség. A technikai felkészültség a dinamikus, pontos megszólalásban és a gyors játékban segít. Pengetett hangokra ezzel szemben azonnal erőteljesen és zengőn válaszol a hangszer. Csak a legkiválóbb mesterhangszerek nyújtják azt a felszabadító érzést, hogy könnyedén játszva is minden hang a legnagyobb igényességgel s a legszebb hangon szólal meg. Szóló és kamaraművekben mindenekelőtt a könnyű kezelhetőség és szép hang válik fontos szempontokká.

Ahogy a nagybőgőzés területén gyarapodott tudásom, úgy halmozódott fel bennem sok kérdés. Szerettem volna mind többet megtapasztalni a hangszerről, annak hangjáról, hangszínéről, hogy miért ilyen a bőgő hangszíne, miért van ennyi féle formájú és hangú hangszer. A válaszok egy részét ott találtam a környezetemben, értő füllel hallgatva, a tapasztalt kollégák megjegyzéseit meghallva, az eddig elért kutatási eredményeket elolvasva.

Ez a fajta belső kíváncsiság és érési folyamat váltotta ki bennem azt az elhatározást, hogy folytatom a vizsgálódást, s dolgozatom témája a nagybőgő illetve a nagybőgő hangjának széles határokon belüli kutatása lesz. Lehetett volna szűkebb keresztmetszeten keresztül kutatni, azonban célom elsősorban az volt, hogy a nagybőgő jellegzetességeiről, sajátosságairól, problémáiról minél több információt gyűjtsek és tárjak fel dolgozatomban. Kizárólag a nagybőgővel foglalkozó szakirodalom rendkívül csekély száma miatt igyekeztem a legtöbb elérhető adatot magyar nyelven közzétenni.

A címben található meghatározás – az akusztika – egy olyan gyűjtőfogalmat illetve tudományágat jelöl, amely minden, az emberi fül számára hallható hang keletkezésével és terjedésével foglalkozik. Fontos volt számomra, hogy egy, a többség által elfogadott nagybőgő hangszínt és hangminőséget meghatározzak, s ezen keresztül a nagybőgő fizikai tulajdonságait, akusztikai paramétereit, statikai problémáit, megoldásait megfigyeljem és közöljem.

Egy nagybőgősről és hangszeréről, a nagybőgőről sokféle kép él az emberekben, ezek többsége sajnos negatív. Ezért is szántam egy teljes fejezetet, illetve a második fejezet elejét arra, hogy bemutassam a kialakult negatív kép mögött rejlő igen sok és szerteágazó, a hangszerrel kapcsolatos létező problémát, melyek áthidalása, leküzdése komoly kihívást jelent nap, mint nap a hangszerkészítőknek és a nagybőgősöknek egyaránt. Az első fejezet hivatott továbbá bemutatni a nagybőgő múltból öröklött és jelenleg is sok célra alkalmas formai sokszínűségét.

A teljes második fejezetet az ideális nagybőgő hangszín és a jó hangminőség kutatása tölti ki, ugyanis rendkívüli módon érdekel az, hogy melyek azok a valódi tulajdonságok, melyek egy jó hanggal rendelkező nagybőgőt jellemeznek. Ennek meghatározására egy tesztet dolgoztam ki, melyet zenészek és nem zenészek egyaránt kitöltöttek. A kutatásban tizenkét hangszer vett részt, két hangszert – amelyek hangjellemzői a vizsgálatok időtartama alatt változott– kétszer mértünk. Az egyes hangszerek és a nagybőgő általános hangszínjellemzőinek meghatározása azért is vált fontossá, mert ezzel a területtel a fellelhető kutatási anyagok csak mellékesen foglalkoznak. Kitüntetett figyelemmel vizsgáltam a hangszínteszt eredményeit a formajegyek tükrében. Elgondolkodtató az elemzés végeredménye a szakirodalmak véleményeit figyelembe véve is. Sok meglepetéssel és fejleménnyel szolgáltak az eredményekből levont következtetések, többször nem úgy, mint ahogy azt vártam. Ezzel a fejezettel lezárul a hallgatott hangok elemzése, s ezek eredményei alapján kutatom tovább a jó hangminőség ismertetőjegyeit és okait a testrezgések, játszott hangok spektrális elemzésében, illetve a rezgőtest statikai, vastagsági jellemzőiben.

A nagybőgő hangszínének még teljesebb feltérképezéséhez az akusztika tudományát hívtam segítségül, s a zenész szakmától távol álló vizsgálat sorozatot folytattam le konzulensem hathatós támogatásával. A kutatás kezdetén, az anyag gyűjtése közben megdöbbentően sok hegedűvel kapcsolatos vizsgálatot találtam. A

nagybőgővel azonban kevesen és nagy vonalakban foglalkoztak. Elhatároztam, hogy célom a lehetőségekhez képest legteljesebb akusztikai vizsgálat megvalósítása. Így kerültem közelebb a hangminőség kialakulásának jobb megértéséhez. A harmadik fejezetben tehát a nagybőgők rezgetett és játszott hangjainak spektrális elemzésére kerül sor. Egy rövid történeti áttekintőt, és az alapfogalmak tisztázását követően a nagybőgők tetőlapjának kopogásával keltett testrezonanciáit többcsatornás FFT analizátorral logaritmikusan ábrázolva vizsgáljuk. Meghatározom az ideális ráfelelési görbe sarkalatos pontjait, illetve a gátló, kedvezőtlen hatásokat. Fontos kutatási téma az eredményül kapott ráfelelési görbék és a hangminőség, illetve a különböző formajegyek között kapcsolatot találni. Az akusztikusok által használt alapvető testmódusok bemutatása és elemzése a vizsgált hangszereken szintén a fejezet része. A játszott hang spektrumának jellegzetességeit bemutató szakaszokat húronként összegezve elemzem. Némely – az első és második fejezetben említett – probléma az elemzés során is kimutatható. A vonós hangszerek építési, konstrukciós hibája – mely hangminőségtől függetlenül bármely hangszernél előfordulhat– az úgynevezett farkashang, vagy buller. Sokféle érvelés létezik e különös jelenség megmagyarázására. A hangszerek húrjainak dinamikai átfogását vizsgálva, általánosságok és konkrét információk is kimutathatók. A pizzicato – pengetés – akusztikai vizsgálatára a berezgési idő rövidségének alátámasztása miatt volt szükség, mindamellett különös, a bőgőre jellemző tulajdonság is felfedezhető.

A dolgozat záró, negyedik fejezete általános statikai vizsgálatokat, számításokat és összehasonlításokat tartalmaz. Rendkívül hasznos ugyanis tudatában lenni annak, hogy egy hangszerben a húr húzóerejéből eredően mekkora erőhatások keletkeznek, és mik azok a lehetőségek, melyek a kényes és a hangminőség szempontjából szerfelett fontos egyensúly fenntartása érdekében rendelkezésre állnak. A különböző méretű és húrozású hangszerek más-más statikai környezetet teremtenek, melyek szintén összehasonlításra kerülnek. Az optimális belső vastagsági méretezések általános meghatározását – azt, hogy egy hangszer egyes részei mennyire vannak elvékonyítva, vagy vastagra hagyva – az adott faanyag minőségének pontos ismerete nélkül nem lehetett megadni, azonban a tendenciákat ismertetem.

A nagybőgő kialakulását és formai fejlődését a függelékben mutatom be, mert ennek kronologikus ábrázolása nem tartozott szorosan a dolgozat tárgyához. Mindezek mellett a szöveg megírásában ihletett adott a XVII. század elején kiadott Michael

Pretorius *Syntagma Musicum* második kötete, és A. H. König *Die Viola da Gamba* című könyve. A nagybőgő kifejezés sokféleségét és a történeti adatokat Alfred Planyavsky *Geschichte des Kontrabasses* című könyvéből és Bordás Tibor *Nagybőgők és nagybőgősök* című művéből vettem.

Pár mondat erejéig visszakanyarodnék a dolgozat megírásának gyökeréhez, a sok, hangszerrel kapcsolatos sajátossághoz, problémához, melyek időleges vagy végleges megoldása szoros kapcsolatot tételez fel a zenész és hangszere között. Ez a kapocs hihetetlen őszinteséggel és valósággal tárul föl Patrick Süskind *A nagybőgő* című remek monodrámájában, mely hűen ábrázolja egy nagybőgős lelkivilágát és mindennapjait.[1] Örömmel tölt el, hogy ennek az ambivalens, folyamatosan küzdő-teremtő lelkiállapotnak egy kis részét megmutathatom dolgozatomon keresztül.

Remélem, hogy a disszertációmban található részletes vizsgálatok felkeltik a szakemberek és a kutatók érdeklődését, újabb és teljesebb kutatásokra ösztönzi őket, hogy valóban előmozdítsa a professzionális hangszerkészítést, összekösse korunk fejlett technológiáját és tudományágait a hagyományos, ihletett, intuíción és gyakorlaton alapuló hangszerkészítéssel. Mindezt azért a nemes célért, hogy a nagybőgő széles értékhatáron belül jól, kiemelkedő hangminőséggel, könnyen artikulálhatóan szólaljon meg.

[1] A darab a magyar színházéletben is komoly szerepet töltött be s oly sikeres volt, hogy hosszú időn keresztül több százszor láthatta a publikum e fájdalmas s mégis fanyar humorú monológot. Az egy színészre írt drámát 1989. január 26-án mutatták be a Pesti Színházban Tordy Géza rendezésében Darvas Iván szereplésével.

1. A nagybőgővel kapcsolatos alapvető dilemmák

1.1.1 A nagybőgő mint gyűjtőfogalom

–Milyen hangszer ez?–kérdezik tőlem a villamoson.

–Nagybőgő.– válaszolom. A frappánsnak vélt, csattanósnak tűnő, unalomig ismételt vaskos humor sem marad el:

–Választottál volna inkább furulyát hangszerednek!

Igen, nagy hangszer, a legnagyobb, ami hordozható, de ez a legkönnyebben megoldható nehézség. Mindenki tudja, hogy a nagybőgő egy nagy, húros, csigában végződő, fából készült hangszer. De, hogy a tág értelemben vett meghatározáson kívül milyen tulajdonságok jellemzik, azzal az emberek csak nagyon kis hányada van tisztában. Kiragadott példaként az SH Atlasz-t[1] említve a nagybőgő egy lapos hátú, gamba formájú hangszer. Még a Brockhaus-Rieman lexikon[2] is elsősorban gamba formájú hangszerként ír róla, bár megemlíti, hogy előfordul viola da braccio, azaz karviola, hegedű formájú nagybőgő is. Az értelmezések nem világosak, árnyaltak eléggé. Inkább ez a meghatározás lenne a lexikonokban célravezető: A nagybőgő a mai napig nem nyerte el végső, standard formáját, számtalan méretezés és modell variáns keveréke alapján épül fel a csigában végződő fából készült legmélyebb vonós hangszer.

1.1.2 A korpusz

Egy ideális, általánosságban vett *jó* hang megszületéséhez és tartós kialakításához számtalan paraméter kedvező együttállása szükséges. Ezen tényező egyike a korpusz, vagy rezgőtest alakja. A hegedű jellegzetes formája Stradivari óta gyakorlatilag nem változott (a XVIII-XIX. század fordulóján végrehajtott változtatások – nyak döntöttebb, fogólap és basszusgerenda hosszabb - kivételével). Minimális formai eltérések mutatkoznak, de ezek egyedi hangszerkészítői jegyek.

---

[1]Ulrich Michels: *A zene atlasz.* (Budapest. Aetheneum 2000, 2003): 40. ; „A nagybőgő háta lapos, és a nyak felé csapottan lekerekített, csúcsban összefutó válla van, mint a gambának, a fedőlapon lévő két f-lyuk és az érintők nélküli fogólap viszont a hegedűkre hasonlít.”

[2] Brockhaus Rieman: *Zenei lexikon.* Carl Dahlhaus, Hans Heinrich Eggebrecht (szerk.): G-N. Második kötet. (Budapest: Zeneműkiadó vállalat, 1984): 605.; „A legnagyobb vonóshangszer […], mély fekvés és tömör hang jellemzi. A ma használatos nagybőgő a viola da gambák testéhez hasonló; háta lapos, felül csapottan lekerekített, csúcsban összefutó vállal. Ritkábban előfordul viola da braccio típusú testtel, olykor keverék formákban is.”

Mint a fenti rövid dialógus is mutatja, a nagybőgő általában kevéssé mobilis, igen kiterjedt korpusszal rendelkezik, s a testhosszak között akár 19 cm eltérés is lehet. Így, egységes forma hiányában akusztikai méréseket rendkívül nehéz végezni. Azonban nem lehet számos hangszertörténetileg jelentős méretezést, egyedi stílust figyelmen kívül hagyni, hiszen számtalan forma létezik, amit éppen a hangszer keletkezésének korában tartottak ideálisnak. A hangszerkészítők a mai napig folyamatosan kísérleteznek. Van, aki új formákat talál ki, van, aki a régi, jól bevált sablonokat másolja.[3] Korpuszméret tekintetében a brácsa helyzete hasonló, hiszen állandóan felvetődik az a kérdés, hogy mekkora az ideális brácsa? Azonban a violánál maximum 4-5cm-es korpuszhossz eltérésről beszélhetünk. A hegedű és a nagybőgő arányait részletesen a negyedik fejezetben tárgyalom.

A hangszer eltérő méretei között dúló kaotikus állapotok mérséklésére a hangszerépítők megpróbáltak standard méreteket megállapítani, mintegy viszonyítási alapokat kialakítani, hogy a hangszereket megfelelő osztályba be lehessen sorolni. Ez természetesen nem jelenti a méretek egzakt elhatárolódását egymástól, átfedések léteznek. Egy interneten talált táblázat segítségével könnyű bemutatni a szabványokat:

Méretek centiméterben	4/4	¾	½	¼
Teljes méret	190	182	167	156
Test méret	116	111	102	95
Lengő húrhossz	110	105	96,5	90
Felső ív szélesség	54	51,5	47,5	44
Alsó ív szélesség	68	65	60	55,6
Nyak	74	70,8	64,7	62,7
Felső szemöldök szélesség	4,6	4,3	4	3,8

1. táblázat Bőgők méretei szabvány.[4]

Ezt a méretezési sémát erősíti meg több hazai hangszerkészítő is, pár cm eltérés azonban előfordulhat. A legelterjedtebb a ¾-es méret, ez egy átlagos testalkatú és kéz méretű ember adottságainak felel meg.

1.1.3 Zenekari és szóló nagybőgő

Az egységes nagybőgő meghatározás bevezetésére tett kísérletet nehezíti, hogy mára élesen elvált a zenekari és a szóló nagybőgő, nagybőgőzés útja. A zenekari nagybőgő

[3] Ld. Függelék II. tábla.

[4] http://www.gollihurmusic.com/faq/2-SIZES_DOUBLE_BASS_SIZING_FAQ.html.

felépítése általában testesebb, masszívabb, szélesebb. Tónusára a sötét, erős, telt hangszín jellemző.[5] Ezzel ellentétben már a XVIII. század közepétől szólisztikusan is használták a zenekari basszus megszólaltatására szánt hangszert. Koncertek, előadási darabok, szonáták születtek, koruk kiváló virtuózai – Johann Matthias Sperger, Domenico Dragonetti, Giovanni Bottesini – játszották saját és kortársaik darabjait. Az oktatás területén napjainkban kizárólag szóló hangszereket használnak, csak zenekari gyakorlaton alkalmazzák a diákok a zenekari hangszereket. Ezért a hangszerészeknek egy új elvárással kellett szembesülniük, mégpedig, hogy olyan hangszert építsenek, melynek nem csak az alsó regiszterben van tömörsége és ereje, hanem a felső oktávokban is, ugyanis a szólisztikus, virtuóz darabok kihasználják a hangszer teljes hangterjedelmét. Újabb követelménnyé vált továbbá, hogy legyen könnyedén játszható, gyorsan reagáló és világosabb tónusú.

Látható tehát, hogy teljesen eltérő hangkaraktert, hangszínt kíván meg egy zenekarban illetve szólóhangszerként zongorával vagy esetleg zenekarral megszólaló hangszer. Szólóhangszer alatt nemcsak a hangszer formáját illetve hangkarakterét értjük, hanem a XX. század elejétől kezdve egy hangolást is, az úgynevezett szóló hangolást. A zenekari hangolás lentről-felfelé E-A-D-G, míg a szóló hangolás egy nagy szekunddal feljebb: Fisz-H-E-A. Habár ez utóbbi nagyobb húrnyomást nem jelent, ugyanis a húrgyártók szóló húrokat is készítenek temperált húrnyomással, mégis egy észrevehetően más hangszínt eredményez. A hangszerészek kínálatában általában többfajta szóló típusú hangszer modell is van. A fentiek tudatában tehát legalább két, külön fajta hangszerre kell azt mondanunk, hogy jó hangú.

1.1.4 Négy- vagy öthúros, és C-mechanikás nagybőgők

A hangszer sokféleségét tovább fokozza, hogy az európai zenekarokban négy- (E-A-D-G) és öthúros (H-E-A-D-G) nagybőgőt is használnak, ez utóbbi esetben kiterjesztve a hangszer hangterjedelmét lefelé a szubkontra H-ig. Észak-Amerikában, Ausztráliában, Angliában az ötödik húr helyett inkább az úgynevezett C-gépes mechanika[6] terjedt el (lásd következő oldal 1. ábra).

---

[5] Anders Askenfelt: „Eigenmodes and Tone Quality of the Double Bass”. *STL-QPSR* 1982/4 149-174. 167.

[6] A C-gépes mechanika lényege, hogy megmarad a bőgő négyhúros elrendezése, a legmélyebb E-húr hosszabbodik meg. A csigába egy kiegészítő fogólapot építenek. A kezdetleges módszernél nincsenek se csappantyúk, se billentyűk, melyek segítenék az így keletkező további hangok lefogását.

1. ábra. táblázat Egy öthúros és egy C-mechanikás négyhúros bőgő

A legmélyebb húr megszólaltatásának két lehetséges módja a nagybőgős társadalmat erősen megosztja. Eddig a zenész testalkata, és az, hogy hol, milyen minőségben játszik, határozta meg hangszerének típusát. Az öthúros illetve C-gépes rendszerrel a zenekarban megszólalható legmélyebb hangok megszólaltatására is lehetőség nyílt. Melyiket preferálja a zenész? Ezt egyrészt a környezeti hatások határozzák meg, másrészt, hogy melyek a zenész lehetőségei. Egy szimfonikus zenekarban jó ideje követelmény e legmélyebb hangok megszólaltatása, a nagybőgő szólam legalább felének képesnek kell lennie erre. Azonban, hogy milyen megoldással, azt a játékosra bízzák.

A kérdés az, hogy egy jó akusztikai tulajdonságú, értékes bőgőt át szabad-e alakítani pusztán azért, hogy C-gépes mechanikát kapjon? Vagy a jó négyhúros bőgőt öthúrossá változtassuk-e, azt kockáztatva, hogy ez a többletterhelés a hangra negatív hatással lesz? Maradjon-e meg az eredeti hangjelleg, miközben a csiga elcsúful, és a mély hangokat a kulcsszekrényben kell keresgélni, vagy kényelmesen játssza a játékos a mély hangokat, ám esetleg nem lesz elég karakteres a hangszín? Sajnos a fent említett kérdésekben leírt megoldások sokáig általánosan elfogadottnak számítottak. A meglévő hangszerparkot kellett a zenei igényekhez alakítani. Ennek következményeként sok jó hangú és értékes négyhúros hangszer lett az öthúros modernizálás és a C-gépes átalakítás áldozata. Az öthúrosokból gyengén teljesítő, nazális, rövid lecsengésű, kényelmetlen hangszerek születtek, melyek sérülékennyé váltak, mivel nem erre a terhelésre tervezték őket.

Szerencsére az utóbbi időben már minden hangszerkészítő palettáján megtalálhatók az eredetileg is C-mechanikásra, vagy öthúrosra tervezett nagybőgők,

melyek elkövetkezendő funkciójuk szerint vannak méretezve. A modern C-gépes hangszerek mechanikája halk és gyors, a billentők eléréséhez nem kell külön mozdulatot tenni, megtalálhatók fél fekvésben. A fogólap meghosszabbítása csak minimális mértékben csorbítja a csiga szépségét. (lásd 1. ábra) Az öthúros bőgők is tudnak kényelmesek, jól játszhatók, és intenzíven megszólalók lenni. Dolgozatomban csak a négy- és öthúros bőgőkkel foglalkozom.

1.1.5 Gamba és hegedű formájú nagybőgők

Alapvető eltérések mutatkoznak a formában a hangszer zenetörténeti fejlődésének eredményeként is.[7] A nagybőgő a viola családból annak is gamba – tehát térdviola – ágából származik.[8] Azonban az első hangszerkészítők, akik már valóban nagybőgőt építettek, az olaszországi Bresciában – a hegedűkészítés egyik bölcsőjében – alkottak a XVI. század végétől. Az itáliai mesterek szinte kivétel nélkül elkötelezett hívei voltak az új, erősebb és teltebb hangú hegedűformának. Következésképp az első ránk maradt híres érintő nélküli nagybőgők a hegedű formajegyeit viselik magukon. Az olasz nagybőgők ma is az egyik legkedveltebb mesterhangszereknek számítanak. A gamba markáns jegyeit öröklő hangszerek elsősorban német nyelvterületen, az osztrák, bajor és porosz fennhatóságú területeken készültek a XVII-XVIII. századtól, elsősorban Tirolban illetve Bécsben, bár ismert egy Páduában 1585-ben épített kontrabassszus gamba is. Később Mittenwald és Markneukirchen váltak a nagybőgőkészítés központjává. Franciaországban Mirecourt és Párizs volt az a terület, ahol a nagybőgőket építették a XIX században. Angliában is sajátos formajegyekkel találkozni.[9] Területi átfedések mindig voltak, s a formák hangszerkészítőnként is változtak, továbbá attól is függött, hogy hová rendelték a hangszereket.

Első ránézésre is kitűnnek a két hangszercsalád tipikus különbözőségei (lásd következő oldal 2. ábra), melyek a nagybőgőkön a mai napig visszaköszönnek. Lássuk a lényeges jellegzetességeket most rendszerezve:

---

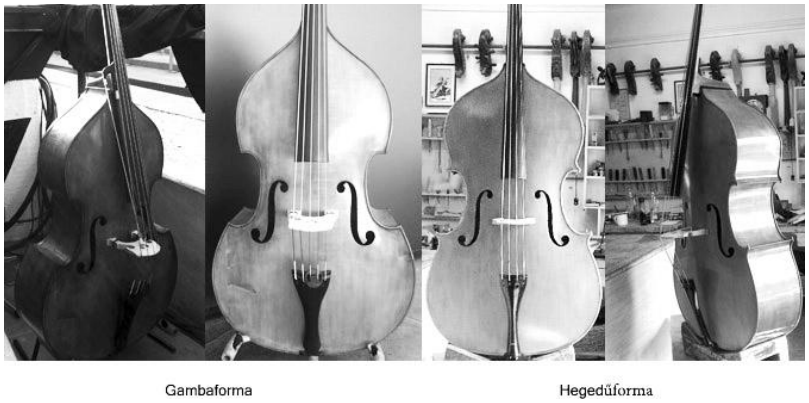
[7] Részletesebben lásd Függelék I. tábla.

[8] Gyakran találkozni a lábhegedű megnevezéssel is.

[9] Buzás Tibor: *Angol és francia nagybőgők.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Hangszerészképző Iskola, 1995. (Kézirat) 12-14.

- A gambaforma: szélesebb és peremnélküli káva, lapos, belső merevítő bordákkal ellátott csapott hát, a káva nem végződik csücsökben, a felső ív csapott a csiga testesebb.

- A hegedűforma: domború hát, viszonylag keskeny és peremes káva, az ívek csücsökben végződnek, íveltebb felső ív, kecsesebb csiga.



2. ábra A gamba- és a hegedűcsalád fő jellegzetességei a nagybőgőn.

A korabeli különbözőségek ennél jóval kiterjedtebbek voltak. Ennek teljes értékű bemutatására Arsenic Aleksandar vállakozott dolgozatában.[10] Az egykori feljegyzésekben konkrét utalások találhatók a hegedű- és a gambacsalád általános hangszínére is. A gamba hangjának általánosan használt jelzői a bársonyos, lágy, édes, nazális, az emberi hangot legjobban utánzó.[11] A hegedűt kialakulásának és térhódításának kezdetén túl érdesnek, nyíltnak találták. A hegedű formájú hangszerek hangszínére vonatkozó további jelzők: a gambánál teltebb, erőteljesebb, kifejezőbb hang. (lásd következő oldal 3. ábra)

Egy nagybőgőre azonban csak korlátozottan voltak érvényesek ezek a fentebb említett hangszínbeli és formai jelzők, mivel a hangszerkészítők keverték a tipikus formajegyeket.

Mindkét nagy vonós hangszercsalád a növekvő igények kielégítésére megalkotta legmélyebb vonós hangszereit, összefoglaló nevén nagybőgőt (Violone, Kontrabass-

[10] Arsenic Aleksandar: *Nagybőgő, mint a viola és a hegedűcsalád tagja.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola, 1993. (Kézirat) 14-26.

[11] Szabó Tamás: *A hegedűlábról.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Hangszerészképző Iskola, 2004. (Kézirat) 36-41.; A láb eltérő faragása eltérő hangszínt okozott. A barokk láb, mivel a rezgések direkt jutottak el a tetőre, a nazális jelleget erősítette. Ld. Függelék. V. tábla 1.

Geige).[12] A hegedűcsalád kiváló formája, és ebből kiindulva jobb hangja révén hamar nagy népszerűségre tett szert és a XVII. század végétől kiszorította a divatból a gambacsaládot, melyet sokáig szinte teljesen el is felejtettek.

3. ábra Illusztráció Christopher Simpson kódexéből. Anglia, 1659-1667, A hegedű osztályai.[13]

A gambakészítés hagyománya és lelkülete a nagybőgőben élt tovább, amelynél nem volt annyira fontos, vagy jelentős az előző bekezdésben említett hangszínkülönbség.

Tehát a mai napig mindkét forma és annak minden lehetséges keveréke tovább él. A nagy itáliai hangszerkészítő mesterek kísérletező kedvének is köszönhető ez, ugyanis már rég bebizonyosodott, hogy a fent említett formák nem feltétlenül vonzzák magukkal a hangszercsalád többi jellegzetességét. A legrégebbi olasz nagybőgők között találunk hegedű formájú és lapos hátú bőgőkre is példát – Maggini, Testore, Gaetano Guadagnini, Hieronymus Amati, Grancino –,[14] és egy gamba formájú bőgő is lehet domború hátú, peremes – Emmanuel Wilfer, Rubner –.

A két fő típusból merít ihletet minden hangszerkészítő, hogy saját egyedi formáját és eszményi hangját megalkossa. Van olyan mester, aki egy életen keresztül keresi az igazi nagybőgőjét, valaki hamar rátalál a sajátjára, s így vannak ezzel maguk a zenészek is.

[12] Ld. részletesen Függelék I. tábla.

[13] Forrás: http://pt.wikipedia.org/wiki/Viola_da_gamba.

[14] Forrás: http://www.thomasmartin.co.uk/instrumentsforsale/old-double-basses-sale.

Elsősorban hegedű formájú nagybőgőket készített a teljesség igénye nélkül Maggini, Stradivari, Grancino, Mengoli, Testore, Gasparo da Salo, Lott, Busan, és még sokan mások. Gamba formájú bőgőt leginkább Lemböck, Dallinger, Rubner, Thier, Teufelsdorfer, Brückner, Pilat épített. A gamba formájú modell egy variánsa a busetto forma. A káva alsó része itt nem csücsökbe, hanem ívbe hajlik.

Így jön, jött létre az a rengeteg formai és hangszínbeli variáns, mely az ideális bőgő hangot hivatott életre kelteni.[15]

1.1.6 Lapos és domború hátú nagybőgők

Az előbbiekben feltárt gondolatokat még tovább fűzve, lényeges különbség a vonós család többi tagjához képest a bőgőnél gyakran előforduló, gambától átvett, belső merevített bordákkal ellátott lapos hát. Ezt az eltérést, habár szorosan véve az előző fejezethez tartozik, külön is meg kell említeni.

4. ábra Lapos és domború hát.

A hát eltérő kialakítása hallható akusztikai különbséget eredményez. Mindazonáltal, hogy sok oka lehet annak, hogy a hangszerkészítő az építés során melyik hát típust választja, a nagybőgő hangkarakterét jelentősen befolyásolja.[16] Igen fontos kérdés tehát, hogy a hangszer formájától függetlenül lapos vagy domború hátú. A hát kialakításának területi és időbeli eloszlását mutatja a következő oldalon a 2. táblázat:

[15] Ld. Függelék II. tábla.

[16] Mag. Andrew William Brown: *Acoustical Studies on the Flat-backed and Roundbacked Double Bass.* PhD disszertáció, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, 2004. 1.

Ország	1700-1800	1800-1900	1900-2000
Olaszország	lapos/domború	lapos/domború	domború
Franciaország	lapos/domború	domború	domború
USA	—	lapos (német hatás)	lapos/domború
Anglia	lapos	lapos (olasz hatás)	lapos/domború
Németország	lapos	lapos/domború	domború
Ausztria	lapos	lapos/domború	lapos/domború

2. táblázat A hát kiképzése szerinti területi eloszlás[17]

A bőgősök és a hangszerkészítők valószínűleg mindig tudták, hogy a lapos és a domború hátú bőgőnek eltérő hangja van, ezért nem mindegy hogyan építik. Ám még a XX. században végzett akusztikai kísérletek sem foglalkoztak ezzel a kérdéssel, ez irányú konkrét tudományos vizsgálatok csak a 2000-es években kezdődtek meg. Az elmúlt 10 év kutatásai bebizonyították,[18] hogy a bőgők hangja a hát típusától függően eltér a régi megjelölésektől: a lapos hátra a közvetlen, kemény, koncentrált, fókuszált, domború hátra a kerek, sötét, telt hangszín a jellemzőbb. Brown tanulmánya csak arra vállalkozik, hogy bebizonyítsa, minden akusztikai területen érzékelhető a két háttípus közötti eltérés.

1.1.7 A játékos

Végezetül az, hogy milyen méretű, formájú és hangszínű nagybőgőt preferál a zenész, nagymértékben függ testi adottságaitól, beállítottságától, zenei nevelésétől. Természetesen a földrajzi elhelyezkedés és az anyagiak nemkülönben behatárolják a játékost. Maga a játékstílus is eltérő hangot eredményez.

Az akusztikusok ezért is igyekeznek az emberi tényezőt kizárni kutatásaikból, és a lehető legobjektívebben vizsgálni az adott hangszereket. Amikor rászorultak az emberi, zenészi segítségre, mindig megjegyezték, hogy miként torzította méréseiket egy-egy zenész.

[17] Ld. előző jegyzet: 3.

[18] Ld. előző jegyzet: 13-15.

A bőgőnek és készítőjének igen eltérő igényeknek kell megfelelnie, s épp ezért egyetlen, igazi, ideális hangszer nem létezik. Felállítható ugyanakkor egy rangsor, melyben a hangszer jellemzői bizonyos keretek között általánosságban vizsgálhatók. A következő fejezetekben ezen vizsgálatok beható tanulmányozására kerül sor. A nagybőgő egy rendkívül sokszínű, kreatív hangszer tele ötlettel, újítással, azért a célért, hogy a mély és magas hangok is erősek, teltek, tónusosak és karakteresek, ugyanakkor öblösek és nemesek legyenek.

2. A nagybőgő akusztikája, a szubjektív hangszínteszt

2.1 A vonós hangszerek meghallási problémái

Az előző fejezetben részletesen taglalt, a nagybőgő meghatározásával kapcsolatos nehézségek több további komplikációval is párosulnak. A vonós hangszerek közül a legmélyebb hangszerrel, a nagybőgővel kapcsolatos a legtöbb felmerülő akusztikai jellegű probléma.

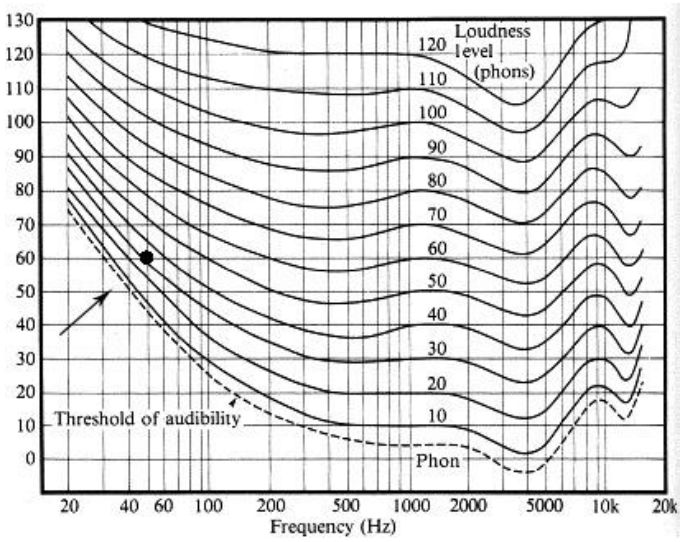
2.1.1 A Berezgés

Mint a hangszercsalád neve is mutatja a hangot vonóval keltjük, a vonó és a húr súrlódásából keletkezik a zenei hang. A vonó elindítása és a megszólaltatási pont között a meghúzás helyétől, erejétől, sebességétől[1] függően nagyobb vagy kisebb berezgési időre van szükség. A berezgési idő a játékmódtól függően széles sávban mozoghat. Mély, halk hangokra különösen igaz a nagy berezgési idő. Legegyszerűbb példa erre a templomi orgona lábbal megszólaltatott mély hangjainak késése. Mivel a mély sípok megszólaltatás mechanizmusa ugyanaz, mint a magas sípoké, törvényszerű, hogy a mély hangot később halljuk meg. Nagyobb levegőtömeget, nagyobb tömegű sípot kell rezgésbe hozni. Gyakorlatlan orgona játékos puha hangszín választással, és a mély sípok magasokkal való egyidejű megszólaltatásával predesztinálja a mély hangok később hallását. Nagybőgőnél van mód ennek kiküszöbölésére, dinamikusabb indítással a berezgési idő lerövidül, a játék kontúrosabbá, konkrétabbá válik, a hallgatóság is plasztikus basszusmenetekben gyönyörködhet.

[1] Pap János: *A hangszerakusztika alapjai.* Budapest,1995 (Kézirat). 103.

2.1.2 Az Érzékszerv

A mély hangok nehezebb meghallása a fül felépítéséből és működéséből fakad. Az emberi fül a magasabb, 3-4 kHz tartományban a legérzékenyebb.[2] Minél mélyebb hangokat hallgatunk, fülünk annál pontatlanabb, a mély hangoknak nagyságrendekkel hangosabban kell szólnia, hogy fülünk egyértelműen jól elkülönítse az egyes hangmagasságokat egymástól. Az alábbi táblázat (lásd 5. ábra) a phon görbesereg, mely megmutatja, hogy fülünk a frekvenciákat milyen hangosság mellett hallja egyformán hangosnak.[3] Látható, hogy pl. egy 50 Hz-es 60 dB hangerejű hangot fülünk körülbelül 32 dB hangosnak hall, egy 1000 Hz-es hang hangosságához viszonyítva.



5. ábra Phon görbesereg. Az ábrán fekete pöttyel jelöltem egy 50 Hz magasságú 60 dB hangosságú hang fülünk által érzékelt hangosságát, melyet a görbék mutatnak. Ezek szerint az 50 Hz-es hangot csak 32 phonnak halljuk.

2.1.3 A mély oktávok frekvencia szűkülése

Nem elég, hogy fülünk a mély sávban rosszul hall, a hangok hertz értékei a mély oktávokban egyre inkább összeszűkülnek. Míg a kellemes, 440 Hz tartományban egy szomszédos oktáv 440 Hz-nyire, vagy 220 Hz-nyire található – a kétvonalas és az egyvonalas oktáv között –, addig a kontra oktávban, például a nagybőgő alsó E húrja és annak oktávja között – 41,203 Hz - 82,407 Hz – körülbelül 41 Hz van. Ebbe kell beleférnie 12 egyenlő félhangnak, ahol már a hertz tizedes jegyeinek is súlya van. Ha az öthúros nagybőgő H hangja és a következő üres húr, az E-húr közti frekvencia távolságot megfigyeljük az eredmény 10,4 Hz lesz egy tiszta kvartra lebontva (lásd 6. ábra a következő oldalon)

---

[2] Ld. előző jegyzet: 43.

[3] Pap János: *A zenei akusztika alapjai.* Debrecen, 1992 (Kézirat). 58 -59.

Nem csoda, hogy a fül és az agy egy-egy félhang különbségnél ezeket az amúgy is halkabban szóló minimális frekvenciális különbségeket egy gyenge sugárzással – amit az alábbiakban fejtek ki – párosítva nehezen értelmezi, s a hangmagasság és hangszín érzete bizonytalanná válik.

	C_{-2}	C_{-1}	C	c	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	
	szub-kontra	kontra	nagy	kis	egy-vonalas	két-vonalas	három-vonalas	négy-vonalas	öt-vonalas	
C	16,352	32,703	65,406	130,813	261,626	523,251	1046,502	2093,005	4186,009	C
Cisz Desz	17,324	34,648	69,296	138,591	277,183	554,365	1108,731	2217,461	4434,922	Cisz Desz
D	18,354	36,708	73,416	146,832	293,665	587,330	1174,659	2349,318	4698,363	D
Disz Esz	19,445	38,891	77,782	155,563	311,127	622,254	1244,508	2489,016	4978,032	Disz Esz
E	20,602	41,203	82,407	164,814	329,628	659,255	1318,51	2637,021	5274,042	E
F	21,827	43,654	87,307	174,614	349,228	698,456	1396,913	2793,826	5587,652	F
Fisz Gesz	23,125	46,249	92,499	184,997	369,994	739,989	1479,978	2959,955	5919,91	Fisz Gesz
G	24,499	48,999	97,999	195,998	391,995	783,991	1567,982	3135,964	6271,928	G
Gisz Asz	25,957	51,913	103,826	207,652	415,395	830,609	1661,219	3322,438	6644,876	Gisz Asz
A	27,500	55,000	110,000	220,000	440,000	880,000	1760,000	3520,000	7040,000	A
Aisz B	29,135	58,270	116,541	233,082	466,164	932,328	1864,655	3729,31	7458,62	Aisz B
H	30,868	61,735	123,471	246,942	493,883	987,767	1975,533	3951,066	7902,132	H

6. ábra Frekvencia táblázat[4]

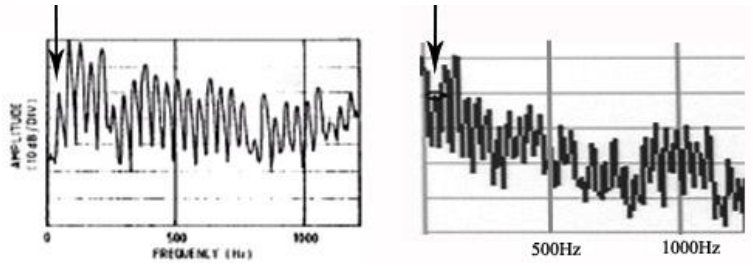
2.1.4 A gyenge sugárzás

Az előbb említett úgynevezett gyenge sugárzás nehezíti továbbá a nagybőgő hangjainak meghallását. Mivel a nagybőgő a zenekar legmélyebb vonós hangszere, nincs rajta kívül más hangszer, ami az alaphangját megerősítse. Tudvalévő, hogy a vonós hangszercsalád minden tagja kicsi a hangszer legmélyebb hangjának hullámhosszához képest, ami az alaphangon rossz sugárzást eredményez. A nagybőgő kontra E alaphangjának hullámhossza a levegőben kb. 8 méter. Ennek felét, 4 m-t kellene összehasonlítani a hangszer testének méreteivel, aminek legnagyobb értéke kb. 1 méter. Belátható, hogy a forrás kétségtelenül kisebb, mint a hullámhossz ezen a mély frekvencián, amely a hangsugárzás lehetőségeit erősen korlátozza. A hang spektrális összetevőkből, vagyis alaphangból és felhangokból – más néven részhangokból[5] –, illetve járulékos zajokból áll. Ezek együttese adja ki a zenei hangot, annak hangerejét, hangszínét. A forrás mérete a második részhang számára körülbelül negyede a hullámhossznak, amely sokkal hatékonyabb sugárzást eredményez. Levonható következtetésként, hogy nem szükséges markáns alaphang, ha a második és harmadik részhang erős, ezek ugyanis képesek az

[4] Kojnok József: *A hang idő és frekvencia-elemzése, hangspektrum, a zaj. 6.*
ELTE IV. Környezettudomány 2007/2008 II.félév. Akusztika és Zajszennyezés (Jegyzet)
http://szft.elte.hu/~kojnok/akuea08/Akusztikaea6.ppt.

[5] A spektrumoknál a fő rezonancia csúcsok az adott alaphang felhangjai, részhangjai is egyben.

alaphang élményét megerősíteni, de a jó, kiegyensúlyozott hangzáshoz az alaphangnak is meg kell jelennie.[6] Az alaphangot a hangszer körülbelül 20 dB-lel gyengébben sugározza, mint a második és harmadik részhangot. Saját mérésem kisebb eltérést mutatott 1. 2. és 3. részhangnál, de a mintázat 1000 Hz-ig rendkívül hasonló (lásd 7. ábra).



7. ábra Bal oldal: Anders Askenfelt mérése. Egy Sebastian Dallinger nagybőgő E-húrjának spektruma. Jobb oldal: Saját mérés. Egy Stowasser János nagybőgő E-húr spektruma. Látszik, amint az első részhang (alaphang) gyengébb a 2. és 3. részhangnál.

A gyenge sugárzás javítható a cuca vagy támasztóláb rezgések felerősítésével. A támasztóláb közvetett módon sugározza a bőgőben keletkezett hangot a levegőbe. Ha ezek a cuca rezgések elég erősek ahhoz, hogy a padlót is rezgésbe hozzák, akkor azok növelik a sugárzott hangban a mély részhangokat. A cuca rezgése segítséget tud tehát nyújtani a mély frekvencia hang összetevőinek jobb közvetítésében, ha a támogató padló anyaga és méretei optimálisak. Mivel a támasztóláb rezgés amplitúdója kicsi, nagy területet kell rezgésbe hozni, hogy jelentős mértékben hozzájáruljon a kisugárzott hanghoz. A gyakorlati tapasztalat az, hogy a mély frekvencia sáv megerősítése jelentős lehet megfelelő körülmények között.[7]

2.1.5 A hang késése

Fontos még megemlíteni a nagybőgő időbeli meghallásának problémáját. Zenekari próbán általános jelenség, hogy a karmester jelzi a nagybőgő szólamnak, késik a hang. A legjobban képzett karmesterek tisztában vannak a hangszer bizonyos tulajdonságaival, ezért mielőtt kritizálnak, vizuálisan is meggyőződnek arról, hogy a hangindítás pontos volt-e. Ha igen, de mégis később hallatszik az adott hangindítás, akkor túl puhán indult a hang, konkrétabban, keményebben kell indítani. Ez a nehézség a bőgő egyik alaptulajdonságából vezethető le, amit az 2.1.1 fejezetben már részleteztem. További magyarázat, hogy a húrok vastagok, idő kell, mire a vonó

[6] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 168.

[7] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 172-173.

berezgeti őket,[8] a hangszertest fája és a bennlévő nagy légtömeg megmozdításához is időre van szükség. A rendszer felállásához – amíg egy hang konkrétan megszólal – tehát több idő kell, mint a kisebb vonós hangszereknél.

Ahhoz, hogy a bőgő könnyen kezelhető legyen, és jól szóljon: kompromisszumra van szükség. Azt, hogy könnyen megszólaljon a bőgő, több tényező segítheti: vastagabb hangszer, kisebb hangszertest, vékonyabb húr, domború plasztikájú tető. Ezeknek a tényezőknek azonban hátrányai is vannak. „A megszólalásra a lemezek vastagsági méretezése van a legnagyobb hatással." [9]

- Minél több fa van a hangszerben, annál könnyebben berezeg, de hangja kicsi, fedett, nazális, lecsengése rövid lesz.
- Ugyancsak könnyedén megszólal a hangszer abban az esetben, ha kis építésű, viszont erősen kétségessé válik a hang testessége, teltsége, öblössége, mélysége
- A húrok súlya elhanyagolható a nagybőgőéhez képest, viszont a húrok keresztmetszete már számottevő a vonószőr szélességéhez képest. Az igaz, hogy a vastag húrba könnyebben belekapaszkodik a vonószőr, azonban ez a nagyobb felületen való megtapadás, nagy energia felvételt, majd hirtelen leadást, tehát erős impulzust idéz elő, a vonó nem tud rögtön újra belekapni a húrba, majd csak akkor, ha az kissé lecsillapodott. Erős, de súrlódásos hangszín keletkezik a hang mellett, és ilyenkor a játékos azt érzi, nehéz megszólaltatni a hangszert. „[…]Ezzel szemben a vastag húrok kevésbé tetszetős, de erőteljesebb hangot keltenek."[10] Azonos hangmagasságú vékony húr könnyen berezeg kis amplitúdója miatt, viszont nem biztos, hogy elég energiát termel ahhoz, hogy az egész hangszertestet átmozgassa. A mélyebb húrok vastagabbak, nehezebb megszólaltatni őket. Nagybőgőnél egy átlagos E-húr 3mm vastag. A többi vonóval és húrral kapcsolatos dolog már játék metodikai kérdés.

[8] Pap: *Hangszerakusztika:* 141.

[9] Vadon Géza: *Hangszerész (vonós) szakmai ismeret.* (Budapest: Műszaki könyvkiadó, 1975): 83.

[10] Apian Bennewitz: *A hegedűépítés alapismeretei.* (Budapest, 1992). (Kézirat): 46. [eredeti megjelenés: P.O. Apian Bennewitz: *Die Geige.* (Leipzig: Bernhard Friedrich Voigt, 1920); első kiadás: 1892]

- A plasztika, a boltív kiképzése is befolyásolja a megszólalást: a domború plasztikájú hangszer könnyen megszólal, ugyanis a tetőlap merev kupolaként viselkedik, könnyen veri vissza a hangot. A lapos plasztika lassabban rezeg be, nagyobb hullámot indít, lomhább, viszont erőteljesebb, tömörebb, hangja inkább fakó, felhangszegény.[11]
- A megszólalást nagyban elősegítheti a későbbiekben elemzett,[12] a lábon keresztül a tetőre jutó arányosan kevesebb vagy több nyomás.
- Nem utolsó sorban pedig a játékoson legalább annyi múlik, mint egy hangszeren. A játékmód folyamatosan helyes megválasztásával a késés minimálisra csökkenthető, azonban ehhez mindenkor fokozott figyelemre, koncentrációra és tudatosságra van szükség.

Most már talán elképzelhető, mennyi apró, ám mégis jelentős tényező kíséri egy hang megszólalását és meghallását. A hangszerészek mindig a lehető legjobb megoldást, az arany középutat keresik, minél kevesebb veszteséggel egyik, vagy másik oldalon. Ideálisnak tekinthető egy nagy, nemes hangon, dinamikusan és könnyen szóló nagybőgő.

2.2 Bevezetés a hangszínteszthez

2.2.1 A teszt célja

A zenei hang elsődleges jellemzői a hangmagasság, időtartam, hangintenzitás és a hangszín. E tulajdonságok nélkül adott valóságos hang nem meghatározható. A vonós hangszereknél a hang hangszíne az, amely a hangszer és a játékos számára egyaránt egy minőségi ismertetőjegy.[13] Ennek a lehető legpontosabb, objektív meghatározása a nagybőgőkön még nem történt meg. Az eddigi vizsgálatok során sok hangtulajdonság felderítésre került, de sosem állt az ideális, tökéletes bőgő hangszín és hangminőség a kutatás középpontjában. Elsősorban hangelemző akusztikai eljárásokkal próbálták a hallható hangjelleget megragadni. Az előző részekben elemeztem már, hogy milyen

[11] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 35.

[12] Ld. bővebben 4. fejezet.

[13] Jobst P. Fricke: „Wie erfüllt der Kontrabass seine Bassfunktion?”. In: Monika Lustig (szerk.): *Michaelsteiner Kontrabassberichte Band 64, Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der tiefen Streichinstrumente.* (Dössel,Saalekreis: Janos Stekovics, 2004), 191-199. 193.

nehézségekbe ütközhet az, aki általános jellemzőket keres. Mégis arra ösztönöz kutatásom, hogy választ kapjak arra, milyen összetevők jellemzik a jó hangot, hangminőséget, ez a hang mennyiben feleltethető meg a nagybőgő különböző funkcióinak, s vajon a különböző formajegyek milyen hallható akusztikai változást idéznek elő. A nagybőgő akusztikai tulajdonságait vizsgálom több oldalról, illetve formajegyei tükrében.

2.2.2 Vonós hangszereken végzett korábbi hangszín vizsgálatok

Már az akusztika tudomány kezdeteitől, a XIX. század fordulójától a hegedű állt a kutatás középpontjában, ami teljesen érthető, hisz ez a vonós hangszerek királynője. Hangjának minden részletét, összetevőjét, kitartóan vizsgálták és vizsgálják a mai napig. Jelentős akusztikai kutató központok: KTH Zenei Akusztikai Laboratóriuma (Stockholm), IWK Institut für Wiener Klangstil (Wien), Catgut Acoustical Society (Maitland, Florida, USA), PTB Zenei Akusztikai Laboratóriuma (Braunschweig), Müller-BBM (München), melyek egyik célja, hogy a méréseket, mérési eredményeket és módszereket hogyan tudnák a hangszerkészítői gyakorlatba átültetni, a tudományt a gyakorlatban kamatoztatni. A kutatások további célja az öreg, minőségi, olasz mesterhegedűk hangjának reprodukálása, és az okok megértése. Számos kudarcba fulladt – a még jobb hangért folytatott – kísérlet övezi a hegedű fejlődésének útját.[14] Erik V. Jansson, Jesus Alonso Moral és a többi akusztikus a kiváló minőségű hangból indult ki. Ők az elismerten jó hangú hegedűket vizsgálták, hogy hangkarakterük meghatározható legyen, törvényszerűségeket kerestek a sokféle összefüggés kusza rengetegében. A hangminőség tekintetében nem volt nehéz dolguk, ugyanis a viszonylag nagy számban fennmaradt öreg itáliai hegedűk kiváló hangalapanyagot szolgáltattak a tudósoknak.

2.2.3 Nagybőgőn végzett hangszín vizsgálatok. Megjegyzések a teszthez

Kiváló hangú nagybőgők mérésének lehetősége a teljes első illetve a második fejezet elején ismertetett sokféle szempont és különböző formajegy tekintetében azonban meglehetősen korlátozott. Jürgen Meyer az első, aki a nagybőgővel foglalkozik, de nem önmagába véve, hanem a vonós hangszerek csoportján belül. Ő az, aki a hangszer különböző hangmagasságainál a fő sugárzási irányokat meghatározza.[15] Anders

---

[14] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 8.

[15] Jürgen Meyer: *Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer und Architekten.* (Frankfurt/M: Das Musikinstument), 1972.

Askenfelt az első, aki a nagybőgő általános akusztikai tulajdonságainak megállapításával foglalkozik. Vizsgálatai során öt hangszert elemez, azonban a hangszerek minőségét ár szerint kategorizálja, majd megjegyzi, a zenészek véleménye is ezt tükrözi:[16]

> Ugyanakkor feltételezhető, hogy a hangszer ára néhány kivételtől eltekintve ésszerű és megbízható mutatója a hangszer hangminőségének. Professzionális bőgősök nem hivatalos játéktesztjei is alátámasztják az ár alapján történő rangsorolást.

Andrew Brown nagybőgővel kapcsolatos dolgozatának[17] egy szakasza azt vizsgálja, hogy hallható-e az azonos körülmények között készített, de eltérő hátú[18] nagybőgők közötti különbség. Azonban nem az általa elnevezett *Objektív összehasonlító hallgatási teszt,* hanem az addigi mechanikai és egyéb akusztikai vizsgálatok a kiindulási alapja tudományos dolgozatának. Brown leírja, hogy a helyesen kidolgozott és kivitelezett teszttel bizonyíthatóan hallható a két hát közötti hangbéli különbség. Két tesztet is elvégzett, az elsőben a színpadon, paraván mögött játszottak két nagybőgőn, egy lapos és egy domború hátún. Négy különböző foglalkozású embert – profi bőgős, tanuló bőgős, basszusgitáros, gambás – kérdezett meg, hogy mit vár, mit fog hallani. Nagyságrendileg 50%-ban tippeltek jól – ketten találták el –, ezért lefolytatott egy második, kiterjedtebb, és körülhatárolhatóbb tesztet is, amely az elsőre épült. Az első tesztben közelről és távolról is felvették a hangokat, összesen 5 különböző hangmagasságot és egy rövid zenei részletet mindkét bőgővel. Ezeket a felvett hangokat – egy skála hangjait – játszották le a második tesztben több mint 50, szintén 4 kategóriába sorolható embernek. 77,9 % jól válaszolt a kérdésekre, tehát immár statisztikailag bizonyított, hogy észlelhető a hangban megjelenő különbség, mely a két hát kiképzésből adódik. A részletes elemzés kimutatja, hogy különbség tehető a közelről és a távolról felvett bőgőhangok között is. Néhány hang a távolsággal arányosan nehezebben volt meghatározható annak erős irányítottsága és gyengébb vagy erősebb sugárzása miatt. Például a távolról felvett skálából a 185 Hz-es *fisz* hangot a lapos hátú bőgő gyengébben és túlnyomóan egy irányba sugározta, ezért nehezebben volt a lejátszáskor megállapítható, hogy lapos vagy domború hátú jellegzetességeket

[16] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 166.

[17] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 89.

[18] Lapos illetve domború hátú.

mutat-e (a hallgatók 59%-a találta el). A közelről felvett 185Hz-es hang tulajdonságát 88% találta el.

A különböző már említett források szűkmarkúak voltak a bőgő hangjának jelzőit illetően is. Anders Askenfelt így ír erről dolgozatában:

> A nagybőgő mély regiszterében kívánatos ismertetőjegy a „telt, mély hang". Ez a rész a hangminőségnek erre az aspektusára koncentrál. A „telt" meghatározást a sötét bőgő hang jellemzésére használják, melynek jellege egy mély orgonasíp hangjához hasonlít.[19]

Askenfelt eme meghatározásakor a telt hangszínt a sötéttel kapcsolja össze.

Andrew Brown munkájában a lehető legtöbb hangszerészt, muzsikust megszólítja a hangszín tekintetében, saját véleményt nem alkot. Már említettem, hogy ő a lapos és domború hátú bőgők hangjellegét kereste, nem volt célja egy általánosan elfogadott hangkarakter meghatározása. A szerző a következő megállapításokat említi a legtöbbször a nagybőgő hangjával kapcsolatban:

- A lapos hátú nagybőgőkre a legjellemzőbb megállapítások: kemény, közvetlen, koncentrált
- A domború hátú nagybőgőkre a legjellemzőbb megállapítások: teljes, kerek, sötét, teltebb

Mindezek után szükségesnek éreztem egy a nagybőgő hangszínével kapcsolatos teljes körű felmérést készíteni, hogy a nagybőgő az előzőekben taglalt nehézségei és különbözőségei ellenére a leginkább elvárt hangszíne konkréten megállapítható legyen. Sok zenész kollégával beszélgetve különös volt megfigyelni azt, hogy mennyire eltérőek a vélemények egy bőgő hangjával kapcsolatban.

A hangszínteszt eredményei és következtetései alapján a hang spektrális elemzésével folytattam a kutatást.

[19] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 167

2.3 Eszközök, eljárás ismertetése, előkészületek

2.3.1 Eszközök

A teszt kiötlése és megvalósítása között sok idő telt el. Másfél évbe telt a hangszerek összeválogatása, és minden részletében történő megmérése. A minél objektívebb körülmények kialakítására törekedve a felvételek során a helyszín minden alkalommal a Zeneakadémia Vörösmarty utcai épületének Akusztika terme más néven Hangszerészképző Iskola tanterme volt. A mérés minden esetben a terem ugyanazon pontján történt, az AKG C-4000 mikrofon a hangszertől egy méterre, egy méter magasságban lett elhelyezve. A mikrofon mono hangot vett fel. Ez lett a későbbiekben WaveLab LE7 programmal sztereóvá alakítva. A mikrofon jele a Symetrix SX 202 típusú erősítőbe futott bele, innen haladt tovább a jel a Sony CD-RW 33 felvevőbe. Mivel a nagybőgő hangszínére a játékos igen nagy kihatással van, az egységesség elvét követve minden egyes nagybőgőn én játszottam. A vonó kismértékben ugyan, de hallhatóan és mérhetően befolyásolja a nagybőgő hangszínét, ezért a teszt alatt ugyanazzal a vonóval húztam meg a hangszereket.

2.3.2 Az eljárás ismertetése

A szubjektív akusztikai vizsgálat során Beethoven IX. Szimfóniájának Recitativójából szólaltattam meg minden egyes nagybőgőn ugyanazt a részletet. Ez, a hangszer zenekarban alkalmazott spektrumát és dinamikáját megfelelően lefedte, így biztosan megállapíthatók voltak az egyes tulajdonságok. Miután a felvételek lezajlottak, stúdió utómunkával történt a mono hangok sztereóvá alakítása WaveLab LE7 programmal.

Mivel a nagybőgők felkutatása, begyűjtése, kölcsönkérése időigényes volt, számításba sem jöhetett egy koncertteremben az összes hangszer részvételével nagyszámú hallgatóság előtt lezajló valós idejű teszt lefuttatása. Ehelyett egy hangfájl és egy tesztlap interneten keresztüli szétküldését választottam. A tesztalanyok nem tudták, hogy éppen melyik bőgőt hallgatják, az eredményeket csak a visszaküldést követően ismertettem. Az eljárás a hallgatóknak nagy szabadságot adott a tekintetben, hogy mikor, hol, milyen készüléken hallgatják meg a felvételeket. A válaszok összesítése, átlagolása és statisztikai kiértékelése során viszont az egyéni szubjektivitások közös véleménnyé alakultak, ami bizonyos mértékben már objektívnak tekinthető, és amelyre alapként lehet hivatkozni a további kutatások során. Ebből kiderült, melyek az igazán fontos, mérvadó, illetve melyek a kerülendő tulajdonságok

egy nagybőgő esetében. Az teszt kialakítása során felmerült azonban egy probléma: az egymást követő zenei részletek egymásra hatása számottevő volt.

> A megítélés nehézségét a minden összehasonlításnál előforduló ellenhatás (kontraszt) is fokozza: nehezen szóló hangszer után könnyen szóló még könnyebb járatúnak, kemény hangú után a puha még puhábbnak, nyitott hangú után a befelé szóló még zártabbnak még fojtottabbnak, erős hangú után a gyengébb még gyengébbnek stb. tűnik, és megfordítva.[20]

Eszerint nem volt mindegy a hallgatási sorrend, mely esetleges szabad változtatásával az egyes hangszerekről kialakult vélemény is megváltozott. Ennek kiküszöbölésére a vakteszt összes zenei részlete egy fájlba lett összeillesztve egy, meghatározott sorrenddel. Az egymásra hatás csökkentésének érdekében minden egyes hangfájl elé 6 másodpercnyi 440Hz-es szinusz-hang került.[21] „Nincs olyan tökéletes megfigyelő képességű hallgató, aki néhány hegedű bemutatása után a korábbi hangjára pontosan emlékeznék…”[22]

Vadon Géza, noha a hegedű hallgatásáról ír, pontosan tisztában van azzal, hogy érzékszerveink könnyen megtéveszthetők, a viszonyítási pontok könnyen elmosódnak. Ez a tény is szerepet játszott abban, hogy hangfájl kiküldése mellett döntöttem. Kísérő levelemben mindenkit kértem, ne hozzon elhamarkodott döntést. Ha van ideje, többször hallgassa meg, szokja a sorrendet, a különböző színeket, és csak ezután írjon megfontolt ítéletet. Ez az élő teszten nem lett volna lehetséges. Le kellett azonban mondanom arról, hogy mindenki ugyanakkor, ugyanazt hallja. Más készülékeken, más hangszórón, fülhallgatón keresztül történt meg mindenkinél a kiértékelés. Véleményem szerint a viszonyítási alap ennek ellenére lényegében nem változott meg, a hangok belső arányai nem szenvedtek torzulást. Lehet tehát, hogy valaki egységekkel arrébb pontozott, azonban végig, következetesen, mely így jól értékelhetővé vált.

Mint említettem, a hangfájl mellett egy űrlapot is mellékeltem, mely a kitöltendő teszt volt. Minden játszott bőgő hanghoz külön tesztlap járt, egyenként kellett a hallott

---

[20] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 169-170.

[21] Simone Regina Zopf: *Untersuchung neuer und historischer akustisch- optischer Meßmethoden im Geigenbau. Empirische Versuche über das Schwingungsverhaltenvon Violinen.* PhD disszertáció, Geisteswissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, 2000. (Kézirat) 46.

[22] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 171.

zenei anyagot értékelni. Ahogy majd alább látható lesz, itt is egy fájlba tömörítettem az összes lapot, a könnyebb kezelhetőség kedvéért. A tesztlapon nagybőgők hangerejét, kiegyenlítettségét, de legfőképpen hangszínének főbb jellemzőit, különböző jellegzetes árnyalatait lehetett értékelni. Az űrlapon a különböző hangszín tulajdonságokat 9 ellentétpárba állítottam. A tapasztalatok a párok közötti könnyebb választást mutatták szemben az egyes tulajdonságokkal. Az összehasonlítás árnyaltabb képet ad. Egy ellentétpáron belül egy szavazat volt adható +3; 0; +3 értékek között. Tehát az egyik vagy a másik tulajdonság valamilyen fokú dominanciájára voltam kíváncsi. A 0 érték semlegességet jelöl, a kiértékeléskor is így vettem számításba.

A részletes értékelésen túl a hangszerekről alkotott általános benyomás különösen érdekelt. Minden résztvevőt megkértem, hogy rangsorolja a nagybőgőket, legalább az első három helyezettet. Ebből a végeredményből alakult ki tulajdonképpen a teszt magja, mely viszonyítási alap volt a hangszíntulajdonságokra nézve. Így kiderült, hogy az, aki végigpontozta az összes hangszert, majd utána közölte, hogy melyik három tetszett neki a legjobban, milyen szempontokat preferált inkább, mely hangszínek álltak hozzá a legközelebb.

2.3.3 A tesztben résztvevő hangszerek

Disszertációm megtervezésekor igyekeztem olyan hangszereket választani, melyek hűen reprezentálják a hazai hangszer viszonylatokat, illetve jól példázzák a kelet-közép-európai átlagos hangszerparkot. Ennek megfelelően a szocializmus idején az NDK-ból vásárolt zenekari hangszerek, új és régi német, osztrák és magyar mesterhangszerek, illetve manufaktúra és kópia – angol, olasz – hangszerek kerültek kiválasztásra. A felmérésben 12 hangszer vett részt,[23] ezek közül 2 – melyekben erőteljes változás volt megfigyelhető a felmérés 18 hónapja alatt – ismételten megmértem, összesen tehát 14 hangteszt volt a hozzá tartozó 14 tesztlappal. A hangszerek értéke 1.000.000-tól 7.000.000 Ft-ig terjedt. Sajnálatos, hogy igazán értékes hangszer nem volt hozzáférhető. Az értékelési szempontokat számba véve nem éreztem magam elkötelezve a hangszerek ár szerinti besorolása mellett. Valószínű, hogy egy nagybőgő ára a hangminőség bizonyos és fontos fokmérője, azonban nem tekinthettem teljesen objektívnek. Fontos szempont volt, hogy a hangszerek különbözősége hangsúlyosan jelenjen meg, ezért szükség volt lapos és domború hátú, gamba és hegedű formájú, kis és nagy testű illetve 4 és 5 húros hangszerekre. A hangszerek eloszlása formajegyeik alapján számszerűsítve

[23] Ld. Függelék III. tábla. A tesztben résztvevő 12 hangszer fényképe.

a következő: 8 négyhúros, 6 öthúros, 6 kis testű, 7 nagy testű, 7 lapos hátú, 7 domború hátú, 4 hegedű formájú, 10 gamba formájú nagybőgő, egy hangszer – Kovács Lajos bőgője – szóló hangolásban van (3. táblázat).

	4 húros	5 húros		Kis testű (korp 110 cm alatt)	Nagy testű (kor 110 cm felett)
1	Kovács Lajos 1938	Cavallini kópia 2005	1	Kovács Lajos 1938	Cavallini kópia
2	Manufaktúra	Kis Zoltán 2009	2	Manufaktúra	Kis Zoltán 2010
3	Manufaktúra 02 mérés	Kis Zoltán 2009 02 mérés	3	Manufaktúra 02 mérés	Krattenmacher 2009
4	Névt. mester Bécsi fej	Kis Zoltán 2010	4	Otto Rubner 1956	Névt. mester bécsi fej
5	Otto Rubner 1956	Krattenmacher 2009	5	Kis Zoltán 2009	Pöllmann
6	Rácz Barnabás Forster 1997	Pöllmann	6	Kis Zoltán 2009 02 mérés	Rácz Barna Forster
7	Rácz Barnabás dió hát 2010		7		Stowasser
8	Stowasser János		8		

	Hegedűforma	Gambaforma		Lapos hátú	Domború hátú
1	Cavallini kópia 2005	Kis Zoltán 2009	1	Krattenmacher	Cavallini kópia
2	Krattenmacher	Kis Zoltán 2009 02 mérés	2	Manufaktúra	Kis Zoltán 2009
3	Rácz Barna Forster	Kis Zoltán 2010	3	Manufaktúra 02 mérés	Kis Zoltán 2009 02 mérés
4	Rácz Barna dió	Kovács Lajos 1938	4	Névt. mester Bécsi fej	Kis Zoltán 2010
5		Manufaktúra	5	Rácz Barna dió	Kovács Lajos 1938
6		Manufaktúra 02 mérés	6	Rácz Barna Forster	Otto Rubner
7		Névt. mester bécsi fej	7	Stowasser	Pöllmann
8		Otto Rubner 1956	8		
9		Pöllmann	9		
10		Stowasser János	10		

	Lapos hátú **5 húros**	Domború hátú **5 húros**		Hegedű **5 húros**	Gamba **5 húros**
1	Krattenmacher	Cavallini	1	Cavallni	Kis Zoltán 2009
2		Kis Zoltán 2009	2	Krattnenmacher	Kis Zoltán 2009 02 mérés
3		Kis Zoltán 2009 02 mérés	3		Kis Zoltán 2010
4		Kis Zoltán 2010	4		Pöllmann
5		Pöllmann			

3. táblázat A tesztben részt vevő nagybőgők eloszlása formajegyeik alapján

Mindezek mellett a Függelékben, a IV. tábla alatt egy külön táblázatban összesítettem a tesztben résztvevő hangszerek sajátságait. Ebben szerepel a hangszerek megnevezése, rövidítése-kódja, melyet az egész dolgozat alatt használni fogok. Ezen kívül a fő formai jellemzőket, a fontos méretezési és lemezvastagságokat, továbbá a spektrális elemzéshez szükséges alapvető frekvencia csúcsokat tüntettem fel

Kivonat a Függelék IV. táblából. A hangszerek megnevezése ABC sorrendben:

Megnevezés	Kód
Cavallini kópia 2005 körül	**Cav-K05-hd5**
Kis Zoltán 2009 BPSO	**KisZ-09-gd5**
Kis Zoltán 2009 1,5 év után	**KisZ-09-gd5-02**
Kis Zoltán 2010	**KisZ-010-gd5**
Kovács Lajos 1938 szóló hang	**KovL-38-gd4**
Krattenmacher 2009	**Krat-09-hl5**
Manufaktúra 100 éves	**Man-Mo100-gl4**
Manufaktura hát bordák cseréje után	**Man-Mo100-gl4-02**
Névt magy bécsi stíljegy 100 éves MR	**Névt-Bécs100-gl4**
Otto Rubner 1956	**ORub-56-gd4**
Pöllmann 50 év	**Pöl-gd5**
Rácz Barnabás dió hátú 2010 körül	**RáczB-D09-hl4**
Rácz Barnabás Forster kópia1997	**RáczB-F07-hl4**
Stowasser János 80 év	**Stow-gl4**

4. táblázat A tesztben résztvevő nagybőgők rövidítése, kódja.

A kódban szereplő rövidítések a következők: A hangszerész neve, vagy ha nem ismert, akkor annak feltüntetése, a készítés évszáma, ha ismert (pl: Krat-09), **h**egedű vagy **g**amba formájú, **d**omború vagy **l**apos hátú, **4** vagy **5** húros.

2.3.4 A tesztlap. Kiértékelési szempontok

Nyomtatvány - Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése
Beethoven 9. szimfóniájának Recitativo részlete felvételről

HANGMINTA száma:
Hallgató neme:
Hallgató foglalkozása: Hangszer:

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak			Kiegyenlített			Felső húrok dominálnak

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét								**Fényes**
Kemény								**Puha**
Karcos								**Sima**
Fedett								**Nyílt**
Vékony								**Öblös**
Nyers								**Érett**
Éles								**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos								**Tömör, Telt**
Durva								**Nemes**
Egyéb:								

8. ábra A hangszínteszt kiküldött tesztlapja.

A 8. ábrán látható az a tesztlap, melyet a hallgatóknak ki kellett tölteniük.

E reprezentatív felmérést 35 ember végezte el, mely elégséges szám ahhoz, hogy következtetéseket lehessen levonni belőle. 31 ember írta meg a neki legjobban tetsző három bőgő sorszámát. A tesztlapokat kitöltőket több kategóriába összesítettem, ezen belül a zenészeket két részre osztottam: *bőgősökre*(12), és egyéb *zenészekre*(15). További két kategóriát hoztam létre, úgymint *összes* alany(35) és *nemzenész*(8). Az összesített tesztlapok a négy kategóriában a *Függelék VI. tábla b. c. a.* és *d.* pontjai alatt találhatók. A hangerő, kiegyensúlyozottság és tulajdonságpárok kielemzésekor a következő szabályok voltak érvényesek:

- Az elemzésben csak azok a tulajdonságok vannak feltüntetve, melyek a környezetükből legalább 2 szavazattöbbséggel kitűnnek, vagy egyik illetve másik oldal szavazat összegei 2 szavazatkülönbséget mutatnak.
- A 0 értékre adott szavazatok nem kerültek számításba.
- Az összes szavazó véleménye egy arányos középutat jelöl.
- A bőgős és a zenész szavazatok a mértékadóak. A nemzenész szavazatok inkább tájékoztató jellegűek, bár az összesítésbe beszámítanak.
- A tesztben lévő hangerő érzékelése erősen relatív. A teszt időben rendkívül kiterjedt volt, a teszt elindulásakor beállított jelszint értékeket a teszt folyamán kénytelen voltam változtatni, mivel olyan hangszerek is érkeztek, melyek a teszt elején lévőket messze túlmúlták hangerőben, s a hang torzult volna. A jelszint 2,5 és 2,0 között volt, ez nagyságrendileg 5 dB szintkülönbséget jelent. Minél magasabb volt a jelszint, annál érzékenyebb lett a felvétel, de így a halkabb bőgő hangosabbnak tűnt.
- Ahhoz, hogy egy tulajdonság markáns, meghatározó tulajdonsággá lépjen elő, a szavazatok legalább ⅔-át kellett elnyernie. Ezeket a tulajdonságokat a *szöveges értékelés végén*, **félkövér** betűtípussal jelöltem, illetve a 2.7 fejezetben a 9. 10. 11. és 12. táblázatban összesítve is látható. A szám a tulajdonság mellett azt a számot jelöli, ahány szavazattal több volt a másik, ellentétpár tulajdonságnál.

2.4 A hangszínteszt részletes összesítése. Szöveges hangszín ítélet

01				Hangszínteszt összegzés					
Manufaktúra bőgő	**Összes**	Hangerő 4-5, Kiegyenlített Kissé sötét, kissé puha, kissé karcos, nyílt, öblös, érett, tömör, kissé nemes							
Man-Mo100-gl4	**Bőgős**	Hangerő 5, kiegyenlített és alsó húrok dominálnak kissé, kissé sötét, kissé karcos, kissé öblös, kissé érett, kissé éles, kissé tömör,							
	Zenész	Hangerő 4, kiegyenlített és alsó húrok kissé, inkább sötét, puha, kissé karcos, nyílt, öblös, tömör, kissé nemes							
	Nemzenész	Hangerő 4, kiegyenlített, érett, gömbölyű, nemes							

A Függelék VI. c. táblján látható, hogy az összes szavazat nem mindig mutatja meg kellő árnyaltsággal az egyes tulajdonságokat. A nemzenészek kevesebb tulajdonság párt tudtak eldönteni, szavazataik nagyobb szórást mutatnak, a bőgősök öt tulajdonságpárnál egyértelműen hallották a jellemzőket, míg a zenészek csak egynél (öblös). Ez arra utal, hogy csak egy olyan tulajdonság volt, amely legalább 2 szavazatkülönbséggel kitűnt, a többi sajátságot egyenként össze kellett adni, hogy kiadja a szükséges 2 szavazat különbséget. A bőgő a tulajdonságpárok alapján egy komfortos, viszonylag kellemes bőgő benyomását kelti. **öblös22, tömör19, gömbölyű9**

02				Hangszínteszt összegzés					
Névtelen bécsi fejes bőgő	**Összes**	Hangerő 4, Kiegyenlített, kissé fényes, kissé puha, kissé sima, kissé nyílt, kissé vékony, kissé érett, kissé gömbölyű, kissé nemes							
Névt-Bécs100-gl4	**Bőgős**	Hangerő 3-4, inkább az alsó húrok, kissé fényes, kemény, kissé öblös, kissé éles, kissé levegős, kissé durva							
	Zenész	Hangerő 4, kiegyenlített, kissé puha, sima, érett, gömbölyű, kissé nemes							
	Nemzenész	Hangerő 4, kiegyenlített, kissé vékony, gömbölyű, kissé tömör							

Ez a bőgő a teszt nagy csalódása, fizikai méretei, illetve az akusztikai mérések alapján a legjobbak közé kellene tartoznia. Nagybőgős kollégák szintén egyértelmű véleménye alapján a ranglista élén lenne a helye. A felvétel alapján azonban összesen 1 szavazatot kapott. Feltételezhető, hogy ennek a hangszernek nem közelről kell megítélni a hangját, több térre van szüksége. A bőgősök voltak kritikusabbak a hangszerrel, a zenészek pozitívabb képet festettek róla, de az összkép negatív, az utolsó helyek egyikén végzett. **Nincs egyértelműen besorolható tulajdonság.**

03		Hangszínteszt összegzés
Kis Zoltán 2009	**Összes**	Hangerő 2, kiegyenlített, alsó húrok dominálnak, fényes, kemény, karcos, fedett, vékony, kissé nyers, kissé éles, kissé levegős, kissé durva
KisZ-09-gd5	**Bőgős**	Hangerő 3-2, fényes, kemény, karcos, fedett, vékony, nyers, kissé éles, kissé durva
	Zenész	Hangerő 3, kissé az alsó húrok dominálnak, kissé fényes, kissé puha, fedett,, kissé vékony, kissé nyers, kissé éles, kissé tömör
	Nemzenész	Hangerő 2-4, kiegyenlített, kissé puha, kissé sima, öblös, érett, gömbölyű, kissé nemes

Határozottan látható, hogy a szakértő fül – bőgős – jellemzi a legkörvonalazottabban ezt a hangszert, a zenész hallgatók elnézőbbek, a nemzenészeknek pedig kifejezetten tetszik a vékonyabb, simább, puhább, halkabb hangzás.[24] Itt ütközik ki először komolyabb véleménykülönbség bőgősök és nem bőgősök között. Mindamellett, hogy egyértelműen sok negatív kritikát kapott ez a mérés időpontjában szinte teljesen új hangszer és bőgős egyáltalán nem szavazott rá, zenész és nemzenész 2-2 szavazattal díjazta. A mester egyedi tervezésű modellje. **Fényes12, vékony11**

04		Hangszínteszt összegzés
Rácz Barna 98 modell 2009 dió hát	**Összes**	Hangerő 5-6, kiegyenlített, sötét, kemény, karcos, nyílt, öblös, érett, kissé gömbölyű, tömör, nemes
RáczB-D09-hl4	**Bőgős**	Hangerő 5, kiegyenlített, kemény, karcos, nyílt, kissé öblös, érett, kissé gömbölyű, kissé tömör, kissé nemes
	Zenész	Hangerő 5-6, kiegyenlített, sötét, kissé kemény, nagyon nyílt, öblös, érett, kissé éles, tömör, nemes
	Nemzenész	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé sötét, kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, tömör

Kétség sem férhet hozzá, hogy ez a bőgő nagy favorit lett a hallgatók körében. A magyar mester saját fejlesztésű modellje. Friss hangszer, meglepően határozott hangkarakterrel, kifejező hangszínnel. Habár a bőgősök mérsékelten, visszafogottan értékelték, a zenészek között abszolút sikert aratott, első helyen. Nagyszámú összesített szavazatát a zenészeknek köszönheti, de a bőgősök is az előkelő 3. hellyel értékelték, ami egy új hangszernél kiváló eredmény. A nemzenészek pár tulajdonságát nem tudták egyértelműen meghatározni. Sok egyértelmű tulajdonság megfogalmazódott. **Öblös27, Nyílt22, Tömör22, Érett13, Nemes13, Kemény12**

[24] Ld. 2.7 fejezet 9. 10. 11. 12. táblázat.

05				Hangszínteszt összegzés					
Otto Rubner 1956	**Összes**	Hangerő 2, Kiegyenlített, kissé sötét, kissé puha, kissé sima, kissé fedett, kissé vékony, kissé gömbölyű, levegős, fátyolos, kissé nemes							
ORub-gd4	**Bőgős**	Hangerő 2, kiegyenlített-alsó húrok dominálnak, sima, kissé fedett, vékony, levegős, fátyolos							
	Zenész	Hangerő 1-2, kiegyenlített, kissé sötét, kissé puha, kissé sima, fedett, kissé vékony, kissé érett, kissé gömbölyű, kissé levegős, kissé nemes							
	Nemzenész	Hangerő 2, kiegyenlített, puha, sima, kissé öblös, kissé nyers, gömbölyű							

Jellegtelen, kifejezéstelen hangszer. Habár érezhető rajta némi nemesség, alapvetően nem érintett meg senkit ez a semleges hang, melyet kis értékekkel jellemeztek. Meglepő módon a bőgősök és a nemzenészek nem voltak elég egységesek, szavazatuk több tulajdonságnál nem adódtak össze, érződik a bizonytalanság a hangszer hangszín sajátosságai körül. A zenészek konkrétabban megfogalmazták a jellemzőket. Fizikai paramétereket tekintve átlagos testű és méretezésű hangszer. Elképzelhető, hogy a jó faanyagnak köszönhetően az átlagos méretezés is túlzott vastagságot eredményezett. Egy szavazatot kapott egy bőgőstől. Utolsó helyen végzett. **Fedett19, gömbölyű14, Puha12, Sima11**

06				Hangszínteszt összegzés					
Stowasser János	**Összes**	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé sötét, kissé kemény, karcos, nyílt, öblös, érett, se nem éles se nem gömbölyű, tömör, nemes							
Stow-gl4	**Bőgős**	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé kemény, nyílt, öblös, érett, tömör, telt, nemes							
	Zenész	Hangerő 6, kiegyenlített, sötét, kissé kemény, karcos, kissé nyílt, öblös, érett, tömör							
	Nemzenész	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé kemény, kissé karcos, kissé nyílt, öblös, kissé nyers!, kissé tömör							

A hangszínteszt győztes hangszere. Idős, magyar mesterhangszer. A szavazók fele szavazott rá. Kissé kemény, öblös hang jellemző, mely nyíltsággal, mélységgel, teltséggel, tömörséggel párosul. Ez az ideális zenekari nagybőgő hang, nem túl sötét tónussal. Nincsenek benne túlzások. Nemes, mély, nagyon erős hang. Érdekes, hogy a bőgősöknél ez az abszolút favorit, a zenészeknél a Rácz Barna dió (04) mögé szorul. **Öblös26, Tömör21, Nyílt19, Nemes13**

07		Hangszínteszt összegzés
Rácz Barna 2007 Forster kópia	**Összes**	Hangerő 5, kiegyenlített, fényes, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, nyers, kissé éles, tömör, kissé durva
	Bőgős	Hangerő 5, kiegyenlített-kicsit a felső húrok dominálnak, fényes, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, kissé nyers, kissé éles, kissé tömör, kissé durva
RáczB-F97-hl4	**Zenész**	Hangerő 5, kiegyenlített, inkább fényes, kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, kissé nyers, kissé éles, tömör, kissé durva
	Nemzenész	Hangerő 6, kiegyenlített-felső húrok dominálnak, kissé kemény, karcos, kissé öblös, kissé nyers, kissé gömbölyű, kissé durva

Alapjában véve jó hangszer, már bejátszott állapotban, mégis ha a keménység és karcosság nem párosul kellő érettséggel és nemességgel, mélységgel, akkor a hang rideg marad. Itt is ez tapasztalható, és hiába van meg a kellő hangerő és szemcsésség, a hang túl agresszív maradt. Zenészek eggyel többen szavaztak rá, mint a bőgősök. Általánosan kissé durva. **Nyílt20, Kemény14, Tömör13, Durva10, Fényes9**

08		Hangszínteszt összegzés
Kis Zoltán 2010	**Összes**	Hangerő 4, kiegyenlített, kissé sötét, kissé kemény, kissé karcos, fedett, kissé öblös, nyers, kissé éles, kissé levegős, kissé durva
KisZ-010-gd5	**Bőgős**	Hangerő 4, kiegyenlített, kissé fényes, kemény, karcos, fedett, vékony, nyers, kissé éles, kissé levegős, kissé durva
	Zenész	Hangerő 4 kiegyenlített-alsó húrok dominálnak, sötét, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, kissé öblös, kissé nyers, kissé gömbölyű, tömör, kissé durva
	Nemzenész	Hangerő 3-5, kiegyenlített, kissé sötét, kemény, karcos, fedett, kissé öblös, kissé nyers, levegős

A mester 2009-es hangszerénél nagyobb és merészebb változata. Élőben meggyőzőbb hangzása volt, valószínűleg a térérzet jobb érzékelése miatt. Nagy szórás jellemző a tulajdonságokra, az összes rubrika ki van töltve. Hasonlít Rácz Barnabás Forster kópiájára, annál azonban sötétebb, levegősebb, jóval fedettebb hangszíne miatt nem az agresszivitása, hanem inkább a tompasága emelődik ki. A teszt első egészes korpusz méretű hangszere, vakmerően vékony tetővel, ennek megfelelően mély önhangokkal, mégis az összkép negatív, a hangszerész 2009-es modellje halványan, de jobban teljesít. Érdekes, hogy a bőgősök szerint inkább kicsit fényes hangja van. **Karcos14, Kemény13, Nyers11**

09		Hangszínteszt összegzés
Kovács Lajos szóló	**Összes**	Hangerő 3-4, Felső húrok dominálnak, fényes, kemény, karcos, kissé fedett, nagyon vékony, nyers, éles, levegős, fátyolos,
KovL-gd4	**Bőgős**	Hangerő 3, inkább a felső húrok dominálnak, nagyon fényes, kemény, karcos, fedett, nagyon vékony, nyers, éles, levegős, kissé durva
	Zenész	Hangerő 3-4, felső húrok dominálnak, fényes, kemény, karcos, nyílt, vékony, nyers, éles, levegős, kissé durva
	Nemzenész	Hangerő 3, felső húrok dominálnak, kissé fényes, puha, kissé sima, vékony, kissé nemes

A tesztben szereplő egyetlen szóló hangolású – egy szekunddal feljebb szóló – mester hangszer. Negatív megítélése azonban nem ebben keresendő. Látványosan elütő a nemzenészek véleménye, akik puhaságot, kis nemességet vélnek felfedezni a rendkívül vékony és nyers hang mögött. A nemzenészek talán a csellóhoz hasonlították ezt a hangszínt. Ezt a hangszert máshol is megemlítik, de más tulajdonságokkal felruházva.[25] Valószínűleg az évek óta kihasználatlan állapot okozta a hangszer fás hangját, amely ilyen kellemetlen volt. Másrészt a hangszer fizikai paraméterei sem az öblösséget, mélységet segítik, ugyanis ez a tesztben résztvevő legkisebb hangszer, korpusz és káva méretei egy feles hangszernek felelnek meg, méretezése viszont ennek tekintetében vastagnak mondható. Játszani rajta igen könnyű és kellemes volt, nem keltett ilyen rossz benyomást. Habár bőgős nem szavazott rá, 3 szavazatot kapott. Sok egyértelmű tulajdonságot lehetett meghatározni. **Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11**

10		Hangszínteszt összegzés
Cavallini kópia	**Összes**	Hangerő 2-3, kiegyenlített, kissé sötét, kissé puha, kissé sima, kissé fedett, kissé nyers, kissé tömör, kissé nemes
Cav-K05-hd5	**Bőgős**	Hangerő 3, kiegyenlített, kissé sötét, kissé kemény, fedett, kissé nyers, kissé fátyolos,
	Zenész	Hangerő 3, kiegyenlített-alsó húrok dominálnak, kissé sötét, kissé puha, fedett, öblös, gömbölyű, kissé tömör, kissé nemes
	Nemzenész	Hangerő 2-4 Kiegyenlített, puha, kissé sima, kissé nyílt, kissé öblös, kissé gömbölyű, kissé nemes

Igazi meglepetés hangszer, az általános jellemzés alapján egy semmilyen, kis hangú hangszer állapítható meg, azonban ezt az összesítést csoportokra lebontva kiderül, hogy a nemzenészeknek ez a hangszer tetszett a legjobban a többiekhez képest. A nemzenészeknél három szavazattal ugyan, de ez a hangszer a favorit. Meglepő továbbá,

[25] Kubina Péter: *Montag Lajos, a nagybőgőzés kiemelkedő egyénisége.* DLA disszertáció, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, 2009. (Kézirat). 25.

hogy két bőgős is szavazott rá, zenész viszont egy sem. Mikor a felvétel készült, sok fortyogó hangot hallatott a hangszer, ez a felvételen kevéssé jön át. Az alapvetően semleges karakterisztika hatalmas külsővel párosul. Korpusz magasságban elmarad ugyan két további öthúros hangszertől, de ez a teszt legnagyobb és legszélesebb hangszere. Általános hang. **Kissé sötét7**

11		**Hangszínteszt összegzés**
Krattenmacher b modell	**Összes**	Hangerő 7(max), kiegyenlített-felső húrok dominálnak, fényes, kemény, karcos, nyílt, öblös, kissé nyers, kissé éles, , tömör, durva
Krat-09-hl5	**Bőgős**	Hangerő 6-7, Kissé a felső húrok dominálnak, fényes, kemény, kissé karcos, nyílt, nyers, éles, tömör, kissé durva
	Zenész	Hangerő 7, kiegyenlített, kemény, nyílt, öblös, érett, tömör, durva
	Nemzenész	Hangerő 6-7 kiegyenlített, kissé kemény, kissé öblös, kissé nyers, kissé tömör, kissé durva

A mester egyik fiatal bőgője, hatalmas potenciállal és volumennel, pár tulajdonsága még nem alakult ki, nem elég érett, nemes a hangja, sőt inkább durva. Napjaink egyik legelismertebb európai hangszerkészítője, hangszerei felső árkategóriába tartoznak. A bőgősök szerint nyers és éles, de tömör hangszínnel párosul. A zenészek szerint nyílt, öblös és érett hangja van, viszont erősen durva. Ez éles ellentétben áll a bőgősök véleményalkotásával. A nemzenészek bizonytalanul alkottak véleményt, nem éreztek akkora különbségeket. Nagytestű, egyedi formájú hangszer. 3-3-2 szavazat arányával a negyedik pozíciót birtokolja, és első az öthúros nagybőgők között. **Tömör25, Nyílt21, Öblös20, Karcos18, Kemény16**

12		**Hangszínteszt összegzés**
Kis Zoltán 2009 2. mérés	**Összes**	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé fényes, kissé kemény, karcos, nyílt, kissé öblös, éles, tömör, kissé durva
KisZ-09-gd5-02	**Bőgős**	Hangerő 6, kiegyenlített, fényes, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, érett, éles, tömör, nemes
	Zenész	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé fényes, kemény, karcos, nyílt, kissé öblös, nyers, éles, tömör, kissé durva
	Nemzenész	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé kemény, kissé öblös, kissé nyers, kissé tömör

A 3. számú hangszer mérésének megismétlése másfél év elteltével. A hangszeren jelentős változás érezhető az eltelt idő alatt a folyamatos játéknak köszönhetően. Jelentősen hangosodott, nyílt, tömörödött, öblösödött a hangja. Karcossága elég feltűnő. Habár az összesítésben nem ért el jó eredményt (zenész nem szavazott rá), a bőgősök rendkívül pozitívan álltak a hangszerhez, érezték a benne szunnyadó erőt, hangszíne azonban még várat arra, hogy feljebb lépjen a ranglétrán. A bőgősök szerint a legjobb

domborúhátú bőgő. Szintén sok markáns tulajdonság volt. **Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6**

13				**Hangszínteszt összegzés**					
Manufaktúra 2. mérés	**Összes**	Hangerő 6, kiegyenlített, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, érett, kissé gömbölyű, tömör, kissé nemes							
Man-Mo100-gl4-02	**Bőgős**	Hangerő 5-6, kiegyenlített, kissé fényes, kissé kemény, kissé karcos, kissé nyílt, öblös, érett, kissé éles, kissé tömör, kissé nemes							
	Zenész	Hangerő 6, kiegyenlített, sötét, kissé kemény, kissé karcos, nyílt, öblös, kissé érett, kissé gömbölyű, tömör, kissé nemes							
	Nemzenész	Hangerő 4-5, kiegyenlített, kissé kemény,kissé sima, nyílt, öblös, érett, gömbölyű, kissé tömör, kissé durva							

Ez a bőgő az 1. teszt másfél év utáni ismétlése. A nagybőgőn hátgerendákat, bordákat kellett cserélni. Határozottan nyíltabb, öblösebb és érettebb lett a hang, viszont a puhaságát és jellegzetesen kissé sötét tónusát elvesztette. A többi hangkarakter a tesztelők szerint alapvetően nem változott. A bőgő sajáthangja és tetőhangja mélyült. Véleményem szerint a tesztben felsorakozott mezőnyben meghökkentő és elgondolkodtató dolog, hogy egy névtelen, manufaktúra hangszer olyan előkelő dobogós összesített helyen végezzen, mint a harmadik hely, sőt a bőgősök között a második pozíciót szerezte meg ez a tulajdonképpen kis testű, viszonylag vastagra méretezett hangszer. **Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11**

14				**Hangszínteszt összegzés**					
Pöllmann	**Összes**	Hangerő 2, kiegyenlített, sötét, puha, sima, fedett, kissé érett-érett, kissé gömbölyű, tömör, nemes							
Pöl-gd5	**Bőgős**	Hangerő 2, kiegyenlített-alsó húrok dominálnak, sötét, puha, sima, fedett, kissé érett, kissé gömbölyű, nemes							
	Zenész	Hangerő 2, kiegyenlített, puha, sima, fedett, vékony, érett, kissé gömbölyű, kissé tömör, kissé nemes							
	Nemzenész	Hangerő 2-4, kiegyenlített, puha, sima, kissé fedett, kissé öblös, érett, kissé gömbölyű, kissé tömör, nemes							

Talán az összesített jelzők alapján ez lenne a legideálisabb bőgőhang: sötét, puha, búgó, mégis tömör nemes. Csak itt sajnos halk, fedett és túl sima színnel párosul, ami miatt nem tud kibontakozni ez az egészen kellemes hangszín. Talán a legharmonikusabb nagybőgő, de ez is rendkívül semleges hangú. Ennek a hangszernek van a legnagyobb korpusza, tetője viszonylag vastag, a hát kifejezetten vastag, a káva a többi öthúros bőgőhöz képest keskeny. A legjobb domború hátú nagybőgőként összesítésben a hatodik helyen végzett. A bőgősök és a zenészek hátrébb sorolták a 9. 10. helyre. Ezen a bőgőn szintén érződik a nemzenészek pontozásának hatása, mely módosította a többiek véleményét. **Nemes19, Puha 14, Sima12, Fedett11, Érett10, Kissé gömbölyű7**

Az adatok összesítése során rajzolódtak ki a következő megállapítások:

- Egyes hangszerek tulajdonságai nehezen voltak meghatározhatóak, így még 35 fős részvétellel sem volt kimutatható minden egyes hangszer összes hangszín tulajdonsága.
- Voltak ugyanakkor hangszerek, melyek hangszíne viszonylag egységesen meghatározható volt.
- A tesztelők kitöltési szisztémája eltért egymástól. A nagy többség szórt elvet alkalmazott – szélsőséges pontozás a jellemzőkre –, illetve, ha egy tulajdonság nem volt kiugró, akkor a semleges 0 értéket adta meg. Többen azonban egy-egy hang meghallgatása után megállapodtak egy értéknél, például: kicsit nyers (+1) és végig ebben az értékhatárban mozogtak.
- A tesztelők nagy része komoly feladattal szembesült, mikor elvállalta, hogy kitölti a tesztet. Az elmondások alapján könnyebbre számítottak, sok tényezőre kellett figyelni. Többen panaszkodtak, hogy mennyire szubjektív és pillanatnyi a döntésük.
- Sokan meglepően hasonlónak ítélték a hangokat, nehezen tudtak különbséget tenni, főleg ennyi ellentét tulajdonságpárral. Úgy érezték, csak valamit bejelölnek. Többen kifogásolták egyes tulajdonságok megfoghatatlanságát, illetve, hogy a párok szerintük nem ellentétei egymásnak.

Egyes vélemények a tesztről:

> Nekem ami a bőgőről eszembe jut, mint a húros hangszerek édesapja, illetve az összes hangszer apukája, az az elegancia. Szerintem nagyon is elegáns hangzása tud lenni ennek a nemes hangszernek.

> Nagyon tetszik a feladat, nem is tudtam, hogy ennyiféleképpen lehet jellemezni egy hangot-hangszert. Sokszor kapásból beugrott egy adott jellegzetesség, és rögtön beikszeltem a sort, egyes tulajdonságokról viszont fogalmam sincs, milyen jellemzőt takar. Esetleg fizikailag is megfoghatók ezek a hangjellegzetességek (felharmonikusak száma, aránya, zaj...)?

Sok esetben nem volt könnyű dönteni, megítélni a hangot, néhol becsapós, de nagyon érdekes!

Nehéz volt választani: a negyedik meghallgatást követően "legjobban tetszettekkel" sem voltam maradéktalanul elégedett, mint ahogy más felvételekben is felcsendültek szép hangok.

Hogy lehet a bőgő hangja "vékony"?

Különösen a mély húrok magas húrok dominanciáját tudtam nehezen megítélni.

Többször is végighallgattam, ide-oda tekergetve. Nekem sokszor nehéz volt a pontozás, hiába hallottam a különbséget a hangszerek, a hangok, a hangzás között.

Valóban, néha egy kis beleérzésre volt szükség egy-egy tulajdonságpár megállapításánál. Sok bőgő sok tulajdonsága nem is lett egyértelműen meghatározva, nagy volt a szórás. Azonban ez egy igen beszédes vélemény. Ha egy tulajdonságot nem lehetett megfogni, és mindenki másképp hallotta, akkor az a hangkarakter nem volt elég markánsan jelen abban a nagybőgőhangban, így nem is volt számottevő.

A szöveges elemzésben néhány hangszernél a rangsort is megemlítettem. A táblázatok – 5. 6. 7. 8. táblázat – alább megtekinthetők kategóriák szerinti felosztásban.

A rövidítések jegyzéke a 4. táblázatban a 23. oldalon látható.

2.4.1 A nagybőgők rangsorolása hallgatói kategóriánként

A nagybőgők rangsorolása összes hallgató szerint rendezve

HANGSZÍNTESZT ÖSSZEGZÉS																	
BŐGŐ SZÁMA MEGNEVEZÉSE	BŐGŐS 11				ZENÉSZ 13				B+Z	NEMZENÉSZ 7				ÖSSZESEN 31			∑
	01	02	03	04= 01+02+03	05	06	07	08= 05+06+07	09 = 04 + 08	010	011	012	013= 010+011 + 012	14= 01+05+010	15= 02+06+011	16= 03+07+012 +	17= 14+15+16
	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	Ö	Ö	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	
06 Stow-gl4	4	3		7	3	4		7	14	1	1		2	8	8		**16**
04 RáczB-D09-hl4	1	3		4	4	3	1	8	12	1	1		2	6	7	1	**14**
13 Man-Mo100-gl4-02	1		4	5		3	2	5	10			2	2	1	3	8	**12**
01 Man-Mo100-gl4	3			3	3	1		4	7	1		1	2	7	1	1	**9**
11 Krat-09-hl5			3	3		1	2	3	6		2		2		3	5	**8**
14 Pöl-gd5	1		1	2			2	2	4			2	2	1		5	**6**
07 RáczB-F07-hl4		1	1	2	1		2	3	5					1	1	3	**5**
10 Cav-K05-hd5		1	1	2					2	1	1	1	3	1	2	2	**5**
12 KisZ-09-gd5-02		2	1	3					3		1		1		3	1	**4**
03 KisZ-09gd5					2			2	2	1	1		2	3	1		**4**
08 KisZ-010-gd5	1	1		2			1	1	3					1	1	1	**3**
09 KovL-38-gd4							2	2	2	1			1	1		2	**3**
05 ORub-56-gd4			1	1					1						1		**1**
02 Névt-Bécs100-gl4										1			1	1			**1**

5. táblázat A tesztben résztvevő hangszerek rangsorolása az összes hallgató szerint (a táblázat jobb oldala). Az első négy számozott oszlopban a bőgősök szavazatai találhatók, helyezésekre lebontva, majd összesítve. A zenészek és a nemzenészek szintén négyes egységet alkotnak, helyezésre lebontva, majd összesítve. A 9. oszlop a Bőgős és Zenész vélemények összesítése (4. és 8. oszlop összege). A 14. oszlop az összes első, a 15. oszlop az összes második, a 16. oszlop az összes harmadik helyezést mutatja. A ∑ jel – a 17. oszlop – az összes helyezést egyesíti magában. Azt mutatja, hogy helyezéstől függetlenül hány szavazatot kapott az adott hangszer.

A nagybőgők rangsorolása bőgős hallgatók szerint rendezve

	HANGSZÍNTESZT ÖSSZEGZÉS																
BŐGŐ SZÁMA MEGNEVEZÉSE	BŐGŐS 11				ZENÉSZ 13				B+Z	NEMZENÉSZ 7				ÖSSZESEN 31			∑
	01	02	03	**04= 01+02+03**	05	06	07	08= 05+06+07	09 = 04 + 08	010	011	012	013= 010+011 + 012	14= 01+05+010	15= 02+06+011	16= 03+07+012 +	17= 14+15+16
	I.	II.	III.	**Ö**	I.	II.	III.	Ö	Ö	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	
06 Stow-gl4	4	3		**7**	3	4		7	14	1	1		2	8	8		16
13 Man-Mo100-gl4-02	1		4	**5**		3	2	5	10			2	2	1	3	8	12
04 RáczB-D09-hl4	1	3		**4**	4	3	1	8	12	1	1		2	6	7	1	14
01 Man-Mo100-gl4	3			**3**	3	1		4	7	1		1	2	7	1	1	9
11 Krat-09-hl5			3	**3**		1	2	3	6		2		2		3	5	8
12 KisZ-09-gd5-02		2	1	**3**					3		1		1		3	1	4
07 RáczB-F07-hl4		1	1	**2**	1		2	3	5					1	1	3	5
14 Pöl-gd5	1		1	**2**			2	2	4			2	2	1		5	6
08 KisZ-010-gd5	1	1		**2**			1	1	3					1	1	1	3
10 Cav-K05-hd5		1	1	**2**					2	1	1	1	3	1	2	2	5
05 ORub-56-gd4			1	**1**					1						1		1
03 KisZ-09gd5					2			2	2	1	1		2	3	1		4
09 KovL-38-gd4							2	2	2	1			1	1		2	3
02 Névt-Bécs100-gl4										1			1	1			1

6. táblázat A tesztben résztvevő hangszerek rangsorolása a bőgős hallgatók szerint (4. oszlop)

A nagybőgők rangsorolása zenész hallgatók szerint rendezve

	HANGSZÍNTESZT ÖSSZEGZÉS																
BŐGŐ SZÁMA MEGNEVEZÉSE	BŐGŐS 11				ZENÉSZ 13				B+Z	NEMZENÉSZ 7				ÖSSZESEN 31			∑
	01	02	03	04= 01+02+03	05	06	07	**08= 05+06+07**	09 = 04 + 08	010	011	012	013= 010+011 + 012	14= 01+05+010	15= 02+06+011	16= 03+07+012 +	17= 14+15+16
	I	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	**Ö**	Ö	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	
04 RáczB-D09-hl4	1	3		4	4	3	1	**8**	12	1	1		2	6	7	1	14
06 Stow-gl4	4	3		7	3	4		**7**	14	1	1		2	8	8		16
13 Man-Mo100-gl4-02	1		4	5		3	2	**5**	10			2	2	1	3	8	12
01 Man-Mo100-gl4	3			3	3	1		**4**	7	1		1	2	7	1	1	9
11 Krat-09-hl5			3	3		1	2	**3**	6		2		2		3	5	8
07 RáczB-F07-hl4		1	1	2	1		2	**3**	5					1	1	3	5
14 Pöl-gd5	1		1	2			2	**2**	4			2	2	1		5	6
03 KisZ-09gd5					2			**2**	2	1	1		2	3	1		4
09 KovL-38-gd4							2	**2**	2	1			1	1		2	3
08 KisZ-010-gd5	1	1		2			1	**1**	3					1	1	1	3
12 KisZ-09-gd5-02		2	1	3					3		1		1		3	1	4
10 Cav-K05-		1	1	2					2	1	1	1	3	1	2	2	5

hd5																	
05 ORub-56-gd4			1	1					1						1		1
02 Névt-Bécs100-gl4										1			1	1			1

7. táblázat A tesztben résztvevő hangszerek rangsorolása a zenész hallgatók szerint (8. oszlop).

A nagybőgők rangsorolása zenész és bőgős hallgatók (B+Z) szerint rendezve

HANGSZÍNTESZT ÖSSZEGZÉS																	
BŐGŐ SZÁMA MEGNEVEZÉSE	BŐGŐS 11				ZENÉSZ 13				B+Z	NEMZENÉSZ 7				ÖSSZESEN 31			∑
	01	02	03	04=01+02+03	05	06	07	08=05+06+07	09=04+08	010	011	012	013=010+011+ 012	14=01+05+010	15=02+06+011	16=03+07+012+	17=14+15+16
	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	Ö	Ö	I.	II.	III.	Ö	I.	II.	III.	
06 Stow-gl4	4	3		7	3	4		7	**14**	1	1		2	8	8		16
04 RáczB-D09-hl4	1	3		4	4	3	1	8	**12**	1	1		2	6	7	1	14
13 Man-Mo100-gl4-02	1		4	5		3	2	5	**10**			2	2	1	3	8	12
01 Man-Mo100-gl4	3			3	3	1		4	**7**	1		1	2	7	1	1	9
11 Krat-09-hl5			3	3		1	2	3	**6**		2		2		3	5	8
07 RáczB-F07-hl4		1	1	2	1		2	3	**5**					1	1	3	5
14 Pöl-gd5	1		1	2			2	2	**4**			2	2	1		5	6
12 KisZ-09-gd5-02		2	1	3					**3**		1		1		3	1	4
08 KisZ-010-gd5	1	1		2			1	1	**3**					1	1	1	3
10 Cav-K05-hd5		1	1	2					**2**	1	1	1	3	1	2	2	5
03 KisZ-09gd5					2			2	**2**	1	1		2	3	1		4
09 KovL-38-gd4							2	2	**2**	1			1	1		2	3
05 ORub-56-gd4			1	1					**1**						1		1
02 Névt-Bécs100-gl4										1			1	1			1

8. táblázat A tesztben résztvevő hangszerek rangsorolása bőgős és zenész hallgatók szerint (9. oszlop)

2.4.2 Markáns, meghatározó hangszínek a rangsor tükrében

Ö=Összes hallgató, **B**=Bőgős hallgató, **Z**=Zenész hallgató **B+Z**=Bőgős és Zenész hallgató

		Fő tulajdonságok	Ö	B	Z	B+Z
Stow-gl4	Stowasser János 80 év	Öblös26, Tömör21, Nyílt19, Nemes13	**1**	1	2	1
RáczB-D09-hl4	Rácz Barna dió 2010 körül	Öblös27, Nyílt22, Tömör22, Érett13, Nemes13, Kemény12	**2**	3	1	2
Man-Mo100-gl4-02	Manufaktúra hát gerenda csere után 2.mérés	Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11	**3**	2	3	3
Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	Öblös22, Tömör19, Gömbölyű9	**4**	4	4	4
Krat-09-hl5	Krattenmacher 2009	Tömör25, Nyílt21, Öblös20, Karcos18, Kemény16	**5**	5	6	5
Pöl-gd5	Pöllmann 50	Nemes19, Puha 14, Sima12, Fedett11, Érett10, Kissé gömbölyű7	**6**	10	9	7
RáczB-F07-hl4	Rácz Barna Forster 2007	Nyílt20, Kemény14, Tömör13, Durva10, Fényes9	**7**	7	5	6
Cav-K05-hd5	Cavallini kópia 2005 körül	Kissé sötét7	**8**	9	-	10
KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	Fényes12, Vékony11	**9**	-	7	11
KisZ-09-gd5-02	Kis Zoltán 2. mérés	Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6	**10**	6	-	8
KisZ-010-gd5	Kis Zoltán 2010	Karcos14, Kemény13, Nyers11	**11**	8	10	9
KovL-38-gd4	Kovács Lajos 1938 szóló hang	Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11	**12**	-	8	12
Névt-Bécs100-gl4	Névt mo. bécs 100 éves MR	---	**13**	-	-	
ORub-56-gd4	Otto Rubner 1956	Fedett19, gömbölyű14, Puha12, Sima11	**14**	11	-	13

9. táblázat Markáns, meghatározó hangszínek a rangsorok tükrében, összes hallgató (Ö) sorrendje alapján rendezve

		Fő tulajdonságok	Ö	B	Z	B+Z
Stow-gl4	Stowasser János 80 év	Öblös26, Tömör21, Nyílt19, Nemes13	1	**1**	2	1
Man-Mo100-gl4-02	Manufaktúra hát gerenda csere után 2.mérés	Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11	3	**2**	3	3
RáczB-D09-hl4	Rácz Barna dió 2010 körül	Öblös27, Nyílt22, Tömör22, Érett13, Nemes13, Kemény12	2	**3**	1	2
Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	Öblös22, Tömör19, Gömbölyű9	4	**4**	4	4
Krat-09-hl5	Krattenmacher 2009	Tömör25, Nyílt21, Öblös20, Karcos18, Kemény16	5	**5**	6	5
KisZ-09-gd5-02	Kis Zoltán 2. mérés	Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6	10	**6**	-	8
RáczB-F07-hl4	Rácz Barna Forster 2007	Nyílt20, Kemény14, Tömör13, Durva10, Fényes9	7	**7**	5	6
KisZ-010-gd5	Kis Zoltán 2010	Karcos14, Kemény13, Nyers11	11	**8**	10	9
Cav-K05-hd5	Cavallini kópia 2005 körül	Kissé sötét7	8	**9**	-	10
Pöl-gd5	Pöllmann 50	Nemes19, Puha 14, Sima12, Fedett11, Érett10, Kissé gömbölyű7	6	**10**	9	7
ORub-56-gd4	Otto Rubner 1956	Fedett19, gömbölyű14, Puha12, Sima11	14	**11**	-	13
KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	Fényes12, Vékony11	9	**-**	7	11
KovL-38-gd4	Kovács Lajos 1938 szóló hang	Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11	12	**-**	8	12
Névt-Bécs100-gl4	Névt mo. bécs 100 éves MR	---	13	**-**	-	

10. táblázat Markáns, meghatározó hangszínek a rangsorok tükrében, bőgős hallgatók (B) sorrendje alapján rendezve

		Fő tulajdonságok	Ö	B	Z	B+Z
RáczB-D09-hl4	Rácz Barna dió 2010 körül	Öblös27, Nyílt22, Tömör22, Érett13, Nemes13, Kemény12	2	3	1	2
Stow-gl4	Stowasser János 80 év	Öblös26, Tömör21, Nyílt19, Nemes13	1	1	2	1
Man-Mo100-gl4-02	Manufaktúra hát gerenda csere után 2.mérés	Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11	3	2	3	3
Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	Öblös22, Tömör19, Gömbölyű9	4	4	4	4
RáczB-F07-hl4	Rácz Barna Forster 2007	Nyílt20, Kemény14, Tömör13, Durva10, Fényes9	7	7	5	6
Krat-09-hl5	Krattenmacher 2009	Tömör25, Nyílt21, Öblös20, Karcos18, Kemény16	5	5	6	5
KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	Fényes12, Vékony11	9	-	7	11
KovL-38-gd4	Kovács Lajos 1938 szóló hang	Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11	12	-	8	12
Pöl-gd5	Pöllmann 50	Nemes19, Puha 14, Sima12, Fedett11, Érett10, Kissé gömbölyű7	6	10	9	7
KisZ-010-gd5	Kis Zoltán 2010	Karcos14, Kemény13, Nyers11	11	8	10	9
Cav-K05-hd5	Cavallini kópia 2005 körül	Kissé sötét7	8	9	-	10
KisZ-09-gd5-02	Kis Zoltán 2. mérés	Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6	10	6	-	8
Névt-Bécs100-gl4	Névt mo. bécs 100 éves MR	---	13	-	-	-
ORub-56-gd4	Otto Rubner 1956	Fedett19, gömbölyű14, Puha12, Sima11	14	11	-	13

11. táblázat Markáns, meghatározó hangszínek a rangsorok tükrében, zenész hallgatók (Z) sorrendje alapján rendezve

		Fő tulajdonságok	Ö	B	Z	B+Z
Stow-gl4	Stowasser János 80 év	Öblös26, Tömör21, Nyílt19, Nemes13	1	1	2	**1**
RáczB-D09-hl4	Rácz Barna dió 2010 körül	Öblös27, Nyílt22, Tömör22, Érett13, Nemes13, Kemény12	2	3	1	**2**
Man-Mo100-gl4-02	Manufaktúra hát gerenda csere után 2.mérés	Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11	3	2	3	**3**
Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	Öblös22, Tömör19, Gömbölyű9	4	4	4	**4**
Krat-09-hl5	Krattenmacher 2009	Tömör25, Nyílt21, Öblös20, Karcos18, Kemény16	5	5	6	**5**
RáczB-F07-hl4	Rácz Barna Forster 2007	Nyílt20, Kemény14, Tömör13, Durva10, Fényes9	7	7	5	**6**
Pöl-gd5	Pöllmann 50	Nemes19, Puha 14, Sima12, Fedett11, Érett10, Kissé gömbölyű7	6	10	9	**7**
KisZ-09-gd5-02	Kis Zoltán 2. mérés	Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6	10	6	-	**8**
KisZ-010-gd5	Kis Zoltán 2010	Karcos14, Kemény13, Nyers11	11	8	10	**9**
Cav-K05-hd5	Cavallini kópia 2005 körül	Kissé sötét7	8	9	-	**10**
KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	Fényes12, Vékony11	9	-	7	**11**
KovL-38-gd4	Kovács Lajos 1938 szóló hang	Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11	12	-	8	**12**
ORub-56-gd4	Otto Rubner 1956	Fedett19, gömbölyű14, Puha12, Sima11	14	11	-	**13**
Névt-Bécs100-gl4	Névt mo. bécs 100 éves MR	---	13	-	-	**-**

12. táblázat Markáns, meghatározó hangszínek a rangsorok tükrében, bőgős és zenész hallgatók (B+Z)sorrendje alapján rendezve.

2.5 A rangsor (5. 6. 7. 8. táblázat) eredményei. Következtetések

A táblázatok a hangszerek rangsorolását mutatják részletesen. A táblázatok között csak a sorrend változik, attól függően, hogy melyik csoport van kiemelve. Látható, hogy melyik hangszerre melyik csoport hányadik helyezést adta. Ennek a helyezéstől eltekintett összesítése látható az egyes hallgatói csoportok táblázata jobb oldalán, sötétítve.[26]

Eredmény:

- Összes: 1. Stowasser János, 2. Rácz Barnabás dió hátú, 3. Manufaktúra 2. mérés
- Bőgős: 1. Stowasser János, 2. Manufaktúra 2. mérés, 3. Rácz Barnabás dió hátú
- Zenész: 1. Rácz Barnabás dió hátú, 2. Stowasser János, 3. Manufaktúra 2. mérés
- Nemzenész: 1. Cavallini kópia

Az összes szavazó tekintetében az első bőgőre (Stow-gl4) 51,6%, a második bőgőre (RáczB-D09-hl4) 45%, a harmadik bőgőre (Man-Mo100-gl4-02) 38,7% voks érkezett.

A bőgősök 63,6%-a szavazott az első, Stow-gl4-re, 45%-a a második Man-Mo100-gl4-02-re, és 36%-a a harmadik RáczB-D09-hl4 bőgőre.

A zenészek 8 voksa 61,5%-nak felelt meg az első, RáczB-D09-hl4 hangszernél, 53,8% szavazott a második Stow-gl4 bőgőre, és végül 38,4%-ot kapott a harmadik helyezett Man-Mo100-gl4-02 hangszer.

Az élvonal sorrendje eltérő a bőgősök és a zenészek között, azonban a hang tulajdonságoknál meglátjuk, hogy ennek nincs túl nagy jelentősége, árnyalatnyi különbségek tapasztalhatók csupán. Sokkal fontosabb, hogy mely hangtulajdonságokkal lettek dobogós helyezettek.

A hangszíntesztben összesen 35 ember vett részt, ebből 4-en nem szavaztak egy hangszerre sem. A szavazók közül a zenészek voltak a legtöbben (13), viszont ők szavaztak a legegységesebben, négy bőgőre egyáltalán nem szavazott senki. A bőgősök (11) az érett, öreg és jól szóló hangszer hangját preferálták (Stow-gl4, Man-Mo100-gl4-02), csak utána következtek az új hangszerek, három hangszerre nem szavazott senki. A

[26]A helyezéseket a részletesség kedvéért kívántam feltüntetni, felhasználásuk azonban nem volt lehetséges, mert sok hallgató a kérés ellenére nem a három legjobb sorrendjét írta, hanem csupán a három legjobbnak tartott bőgőt. Emiatt a helyezések sorrendjét nem érdemes tovább vizsgálni.

zenészek a nyílt, rugalmas, friss bőgő hangot részesítették előnyben, ezért kerülhetett náluk egy új hangszer az első helyre (RáczB-D09-hl4). A nemzenészek (7) a kisszámú részvétel és a nagy hallási különbségek, szórás miatt csak egy hangszert preferáltak, azt is minimális különbséggel (Cav-K05-hd5).

Az összes hallgató tekintetében az első négy helyezett négyhúros, az első öt helyezett lapos hátú hangszer volt. Az első öthúros hangszer az ötödik helyezett új mesterhangszer volt (Krat-09-hl5). Az első domború hátú hangszer (Pöl-gd5) összesítésben a hatodik helyezést érte el, mely a kiegyenlített szavazatoknak volt köszönhető. Az öthúrosok közül összesítésben Kis Zoltán hangszerei (KisZ-09gd5, KisZ-09-gd5-02, KisZ-010-gd5) a mezőny hátsó részében végezték. Az utolsó helyen mester hangszer végzett (ORub-56-gd4).

A nagybőgősöknél az első két helyen idős hangszerek végeztek. Az első öt helyezett megegyezik az összes hallgató szavazatával, a sorrend azonban kissé eltérő. A hatodik (KisZ-09-gd5-02) és tízedik helyezés (Pöl-gd5) felcserélődött. Ennek a csoportnak sokkal jobban tetszett Kis Zoltán 2009-es hangszere a második mérés után, mint Pöllmann 50-60 éves hangszere. Utolsó helyen a KovL-38-gd4 szóló hangolású kis testű hangszer került. Öthúros bőgőként a hallgatóknak KisZ-09gd5 hangszere tetszett legkevésbé, mely a mérés pillanatában még valóban új, bejátszatlan volt.

A zenészek csoportja, mint említettem egy új Rácz Barna mesterhangszernek (RáczB-D09-hl4) adta az első helyet, majd ezután következtek az idős bőgők. Ötödik helyre Rácz Barna másik hangszere (RáczB-F07-hl4) ért fel. Nem kis eredmény ez új, bár már bejátszott hangszerek tekintetében. Hatodik helyen van az első öthúros (Krat-09-hl5), melyet szorosan követ Kis Zoltán az előző csoportban nem is értékelt öthúrosa (KisZ-09gd5). A bőgősök szintén nem értékelték a szóló hangolású hangszert (KovL-38-gd4), mely a zenészeknek két szavazatot ért. Két öthúros és két négyhúros hangszer található a mezőny végén, melyeket nem értékelt ez a csoport.

A nemzenészek – az összes szavazó ötöde – inkább a cselló hangot keresték a nagybőgőben. Ezért lehetséges, hogy egy olyan öthúros hangszerre adták a legtöbb, három szavazatot, mely jellemzőit tekintve kevéssé behatárolható. Nem volt se túl hangos, se kemény (Cav-K05-hd5). További két öthúros hangszert preferált a többiekkel szemben a nemzenészek csoportja (Pöl-gd5, KisZ-09-gd5)

A felmérésből kitűnt, hogy a leginkább preferált hangszerek 4 húrosak voltak.

A bőgősök a puha kifejezést használták a legritkábban, csak egyszer, az utolsó, Pöllmann (Pöl-gd5) bőgőre. A gömbölyű kifejezést kétszer használták, inkább élesnek, mintsem gömbölyűnek találták összességében a nagybőgőket. A levegős, fátyolos kifejezés is csak négy hangszernél tetten érhető, alapjába véve tömör hangú hangszerek voltak. Mintha a gömbölyű és puha kifejezések nehezen lennének összeegyeztethetők egy elvárt bőgő hangszínnel, és inkább a nyíltság, tömörség az uralkodó hangszín. Az is igaz, hogy igazán jól szóló, puha, telt, meleg, ugyanakkor tömör, öblös és nyílt hangszínű nagybőgő nem vett részt a tesztben.

A zenészek több bőgőt jellemeztek sötét és puha jelzőkkel bőgős társaiknál. A bőgősök sötét hangszín érzete elütött a zenészekétől, még sokkal többet toleráltak volna a sötétből.

2.6 Markáns tulajdonságok a rangsor tükrében. Eredmények (9. 10. 11. 12. táblázat)

Az összes hallgató (35) eredményét elemezve elmondható, hogy a dobogós, vagy előkelő helyezéshez elsősorban az *öblös, nyílt* (65%) és *tömör* (61%) tulajdonságok kellettek.[27] Ezeken a hangszereken a hallgatók 75%-a az *öblösség*et preferálta a legjobban.

A legjobban tetsző nagybőgő kiemelkedő tulajdonsága volt továbbá a *nemes*sége (37%), mely a második helyezettnél is megjelenik, azonban *kemény*séggel (34%) párosul. Az 1. és a 2. 3. helyezett között a különbség a keménység megjelenése. Az öblösséget a ranglétra második felében a *tömör*ség a *nyílt*ság, *fényes*ség, majd a *levegős*ség, *vékonyság*, *karcos*ság vette át. Az utolsó helyen a *fedett*ség a legfőbb tulajdonság. Szakaszhatár húzható a Pöl-gd5 hangszernél, mely után már a fényes vékony hangú levegős és fedett nagybőgők következtek (9. táblázat). Ez a rajzolat a zenészeknél kissé máshogy alakul. Ott a fényes bőgők a Pöllmann előtt végeztek (11. táblázat).

A bőgősök összesítésében megtekintett hangszín tulajdonságok felváltódása a ranglistában még következetesebben jelentkezik (10. táblázat). Az első helyezett *öblös, tömör, nyílt, nemes* a 2. 3. helyezett legfontosabb tulajdonságai az *öblös, nyílt, tömör*

[27] A dobogós helyezettek tulajdonság-szavazatainak átlaga.

mellett az *érett* és *kemény*. A 4. helyezett öblös és tömör tulajdonsága mellé a *gömbölyű* lett megjelölve Az 5. helyezettől lefelé eltűnik az öblösség az első helyről, helyét a *tömör*ség, majd a 6. 7. helyen a *nyílt*ság, *kemény*séggel párosulva, ezt követően *karcos*ság és a *kissé sötét* megjelölés marad. Még két rangsorolt bőgő marad, melyek tulajdonságai eltérnek az előbbiektől. Feltűnik a *nemesség puhaság, simaság*, és *fedettség*, mint negatív jelző. A nem értékelt nagybőgők a lista végén túl *fényes*en és *vékony*an szóltak. Egyértelműen látható, hogy bár viszonylag kevés számú hallgató alkotta e véleményt, nagyon tudatos, egybehangzó és logikus következtetésre jutottak.

Említést érdemel még a névtelen bécsi fejes bőgő (Névt-Bécs100-gl4), mely olyannyira nem tűnt ki a mezőnyből, hogy nincs is értékelhető jelentős tulajdonsága. Ez meglepő a hangszer ismeretében, zenekarban igen kiválóan teljesít, meggyőző mind hangerejével, mind hangszínével. Több kolléga elmondása szerint a tapasztalatok alapján az 1. helyezett Stow-gl4 hangszer méltó párja. A teszt azonban egyértelműen leszavazta.

A teszt legtöbb szavazatát Kovács Lajos kis testű hangszerének (KovL-38-gd4) *fényes* tulajdonsága kapta. A szavazók 83%-a egyetértett ebben. Ez jól hallható negatív tulajdonság volt.

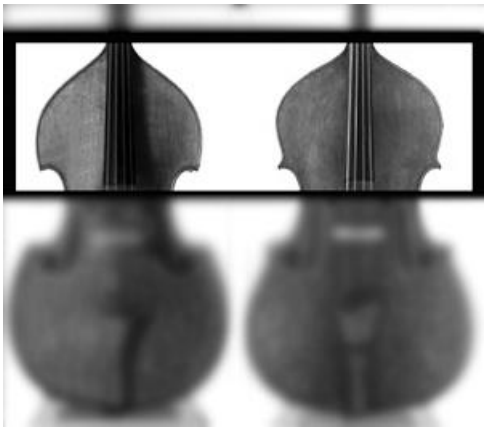
Már meglévő összefüggésekre is sor került a háttéradatok birtokában: vastagra méretezett tető, vastag domború háttal gyenge, fedett hangot eredményez (Pöl-gd5, ORub-56-gd4) extrém kis testű hangszer szintén gyenge, nyers és éles hangot produkál (KovL-38-gd4), míg vastagra méretezett hát a hang erejéből, intenzitásából vesz le és fedett, puha lesz (Pöl-gd5).

A hangszínteszt tanúsága szerint egy jó bőgő ismérve az *öblös, tömör, nyílt és nemes hang,* melyet két hangszer tudott maradéktalanul teljesíteni.

2.7 A hangszínteszt eredményei a formajegyek tükrében

2.7.1 Gamba-, hegedűforma

Az 1.1.5 fejezetben már tárgyaltuk, hogy a régi meghatározás szerinti besorolás sok különféle stílusjegyet egyesít magában. Jelen megjelöléskor azonban mára már csak arra vonatkozik a fenti formajegy, hogy milyen a tető kiképzése: csücsök nélküli és csapottabb, vagy csücskös és a felső öv szélesebb:



9. ábra Gamba- és hegedűforma mára megmaradt stílusjegye

Itt a felső öv eltérő kiképzése okozhat hangszínbeli eltérést. A gambaforma felső öve csapottabb, ívei lekerekítettek, a hajlatok tompább szögben találkoznak. A hegedűforma felső övének felülete kissé nagyobb és több benne az ívelt felület.

Az előző fejezetben a különböző formajegyekhez kapcsolódóan megállapítottam hangszín tulajdonságokat is. Ezek a következők voltak: a gamba általánosan használt jelzői a bársonyos, lágy, édes, nazális, az emberi hangot legjobban utánzó. A hegedűforma hangszínére vonatkozó jelzők: érdes, nyílt hang, teltebb, erőteljesebb hang, kifejezőbb.

Az elemzésből azonban nem derült ki erre vonatkozó egyértelmű hangtulajdonság. Az első helyeken egyaránt előfordult gamba és hegedű formájú nagybőgő, majdnem teljesen azonos hangkarakterisztikával.

2.7.2 Négyhúros, öthúros

A hangszínteszt alapján egyértelmű, hogy a tesztalanyok a négyhúros bőgőket választották az első helyekre. Ezeknek volt meg ugyanis az az öblössége, amit fő hangszín jellegzetességnek határoztam meg. Ha a 9. 10. 11. és 12. táblázaton

végigtekintünk, láthatjuk, hogy az első négy helyezett első tulajdonságaként az öblös van megjelölve. Bár még két öthúros bőgőben megjelenik az öblös jelző (Krat-09-hl5, KisZ-09-gd5-02) de már nem fő tulajdonságként. A tesztben részt vevő előkelő helyen végzett öthúros nagybőgő (Krat-09-hl5) tömör, nyílt, öblös hangú. Karcossága és keménysége minden bizonnyal hamarosan eltűnik. Még mindig jobb, ha egy hangszer kissé karcos, kemény. Könnyebb puhítani, mint egy vékony, éles, fedett hangot nemesíteni, *harciasítani,* megtölteni erővel.

Véleményem szerint az öthúros nagybőgők a tesztben az elvárt módon szerepeltek. Egyetlen idősebb kb. 50-60 éves mester hangszer volt csak (Pöl-gd5), amely minősége és kora ellenére sem hozta a bőgősök és a zenészek között azt, amit vártam tőle. Bár jellemző tulajdonsága a nemes (54%) lett, s puhasága is kellemes tulajdonság, simasággal és fedettséggel párosulva nem tűnt ki, az összesítésben azonban jól szerepelt. A legnagyobb korpuszhosszú hangszer, azonban felső és alsó öve, illetve kávája keskeny, mely fizikai tulajdonságok vastag méretezéssel párosulnak.[28] Zenekarban minden bizonnyal megállja a helyét, megfelelő hangminőséggel alátámasztva a cselló szólamot. Mindazonáltal az öthúros bőgők ⅔-a az összesítő táblázat második felében kapott helyet (KisZ-09-gd5, KisZ-09-gd5-02, KisZ-010-gd5). Sokféle hangkarakter megtalálható, elsősorban a nyílt, karcos, fényes, kemény tulajdonságok dominálnak. Zenekarban inkább az öblösség, tömörség fontos tulajdonság. Ezek a hangszerek azonban még fiatalok, várhatóan komoly bejátszó évek várnak még rájuk. A Cav-K05-hd5 hangszerről már volt szó. Kissé sötét, kellemes, semleges hang jellemzi, melyből nem derül ki hatalmas mérete.

A sort sajnálatos módon az összes szavazat alapján 4 húros bőgők zárják, a fényes, vékony, éles, karcos, négyhúrosként egyetlen nyers hangkarakterű hangszer (KovL-38-gd4) mely kis korpuszméretével nem tudja az ideális bőgőhangot hozni, és egy mesterbőgő, mely szintén kis testével és vastag méretezésével fedett, gömbölyű, puha és sima hangot produkál (ORub-56-gd4).

2.7.3 Szóló, zenekari felépítésű hangszer

Erre a kérdésre nem adható egyértelmű válasz. Hajlamos volnék azt kijelenteni, hogy a kis testű hangszer jó szóló játékra, azonban a Kovács Lajos (KovL-38-gd4) hangszertől

[28] Ld. Függelék IV. tábla.

eltekintve – mely inkább ½-es méretű – mindegyik ¾-es hangszert zenekarban, vagy kamaraegyüttesben használják. Az viszont bizonyított, hogy a mester és Montag Lajos (1906-1997) – a XX. század egyik legkiválóbb honi nagybőgőse, pedagógusa – közösen azon fáradoztak, hogy ideális hangú és méretű szólójátékra alkalmas nagybőgőt építsenek.[29] Így született meg az előbb említett kis hangszer. Montag Lajos idős korában azonban belátta, hogy egy kistestű, de a bőgő jellegzetes hangszínét maradéktalanul megőrző hangszerre tett kísérlete nem járhat sikerrel.[30] A teszt eredménye alapján kijelenthető, hogy nem ezen hangszer fő tulajdonságai – Fényes29, Vékony25, Éles24, Karcos17, Nyers16, Levegős11 – az igazi szóló hang kritériumai.

Szóló játéknál mindazonáltal nincs szükség a legmélyebb hangok különös kiemelésére, melyet a zenekari hangszereknél az extra mérettel próbálnak meg megadni. Inkább a közép és magas fekvés kiemelése a kedvező, mivel ebben a regiszterben mozog a legtöbbet a játékos. Nem a zenekarban megszokott hosszabb idejű, de nagy hangerejű hangok megszóltatására, hanem rövid, impulzusos, gyors és könnyed játékmódra terelődik hangsúly. A könnyű megszólalás is fontos szempont. A jó kezelhetőség is a kisebb méretnek kedvez. Ezért alkalmasabb a kisebb testű hangszer szólójátékra.

Ezen kívül az irányítottság is fontos szerepet játszik abban, hogy milyen funkció vár egy nagybőgőre. Andrew Brown dolgozatának sugárzott frekvencia mérései[31] rámutattak arra, hogy a domború hátú nagybőgők széles frekvencia sávban 0 sugárzóak voltak, azaz egyenletesen terjedt minden irányba a hangjuk, míg a lapos hátú bőgők 140 Hz felett erősen irányított mintákat mutattak. Ezek a hát kiképzésbeli különbözőségek a zenekari és szóló játékra is kihatnak. Meglepő tény, hogy a nagybőgő zenekari irodalmának jelentős része ezen frekvencia határ alatt, vagy körül van. Ez a frekvencia a kis cisz és d közé esik. E fölött valóban ritkán és rövid ideig tartózkodik a nagybőgő szólama. A szóló játék viszont e körül kezdőik, így nem mindegy hogy mennyire egyenletes a sugárzás a felső oktávokban. Általánosan megállapítható ezek szerint, hogy

[29] Kubina Péter: *Montag Lajos, a nagybőgőzés kiemelkedő egyénisége.* DLA disszertáció, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, 2009. (Kézirat). 24-27.

[30] Ld. előző jegyzet: 27-28.

[31] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 77-79.

irányítottság szempontjából zenekarban viszonylag mindegy, hogy milyen bőgőn játszik a zenész, szólóban viszont a domború hát a kedvezőbb.

Így a már meghatározott szempontokat[32] figyelembe véve valóban a kisebb testű, elsősorban domború hátú hangszerek váltak be inkább szólójátékra. Ilyen irányú konkrét kísérleteket azonban nem folytattam le, ezek gyakorlati tapasztalatok.

A hangszínteszt irányadó jó hangtulajdonságai a fentiek említése mellett tehát nem mondanak ellent egy szóló játékra optimalizált hangszer hangjának.

2.7.4 Lapos illetve domború hát

E reprezentatív hangszínteszt eredményei meglepő következetességgel tárták fel a lapos hátú bőgők jelentős előnyét, fölényét a domború hátúkkal szemben (5. és 9. táblázat). A teszt összes hallgatója szempontjából az első öt hangszer (Stow-gl4, RáczB-D09-hl4, Man-Mo100-gl4-02, Man-Mo100-gl4, Krat-09-hl5), a bőgősök szemszögéből (10. táblázat) szintén az első öt hangszer, míg a zenészek nézőpontjából (11. táblázat) az első hat nagybőgő – az előző öt és RáczB-F07-hl4 – lapos hátú. A hallgatóknak a lapos hátú bőgők hangkaraktere tetszett jobban.

A zenészek összesítése[33] alapján látható a legerőteljesebben a két hát kiképzés egyértelmű elszakadása, tömbösödése. A további értékelés előtt feltétlenül meg kell vizsgálnom egyes valószínűsíthetően felmerülő befolyásoló tényezőket, hogy feltárjam hatásukat végeredményre.

1. Földrajzi elhelyezkedés

   Felelőssé tehető-e a Kelet-Közép-Európára jellemző erős német ajkú befolyás a lapos hátú nagybőgők hangkarakterének preferálása tekintetében.

2. Hangszerek minősége

   Képviselteti-e magát mindkét hátkiképzési forma minőségi, elismert hangszerkészítő mesterek által készített hangszerekkel.

[32] Ld. 1.1.3 fejezet.
[33] Ld. 11. táblázat.

3. Mikrofon beállítás

   Más hangszínt eredményezett volna eltérő mikrofon beállítás több kutatási program megfigyelései alapján. Nem kísérleteztem egy távolabbi mikrofon elhelyezés hangszín módosító hatásával.

1. A fellelhető szakirodalom nem ad kellő támpontot a földrajzi elhelyezkedés fülünkre gyakorolt befolyásoló hatásának megdöntésére. Az bizonyos, hogy nem esetleges egybeesések következménye a tesztben a lapos hátú nagybőgők ilyen mértékű dominanciája. Valószínű, hogy az eddig tudományosan vizsgált első osztályú nagybőgők is – nem véletlenül – lapos hátúak voltak. Anders Askenfelt cikkében[34] a vizsgálat legértékesebb hangszere Sebastian Dallinger[35] hangszerépítő mester 1804-ben Bécsben készített bőgője.[36] A bécsi nagybőgő építési jellegzetességei ebben az időszakban a gamba formájú test lapos hátoldallal.[37] (Lásd továbbá 2. táblázat) Következésképp, a fent említett Dallinger hangszer lapos hátú volt. Mindezen eredmény azonban csekély, ugyanis mind az öt vizsgált hangszer németajkú mesterektől származik.

Pap János *A Hangszerkausztika alapjai* című művében a nagybőgő fő sugárzási irányait (lásd következő oldal 10. ábra), Jürgen Meyer *Akustik und Musikalische Aufführungspraxis* tanulmányából veszi át.[38] E kép Andrew W. Brown *Acoustical Studies on the Flat-backed and Roundbacked Double Bass* című akusztikai tanulmányában[39] jelentőséget kap akkor, mikor a képen látott kísérletet lapos és domború hátú bőgőn is elvégzi. Meg is jegyzi továbbá:

> Érdekes összehasonlítani ezeket az adatokat egy korábbi irányhatás tanulmánnyal (J. Meyer Akustik und Musikalische Aufführungspraxis Verl. das Musikinstr., Frankfurt/M. 1972). Meyer nem jelzi, hogy milyen hátú nagybőgővel végezte el

[34] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 156-158.

[35] http://www.nagybogo.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=1455:dallinger-sebastian&catid=41:hangszerepitk&Itemid=75

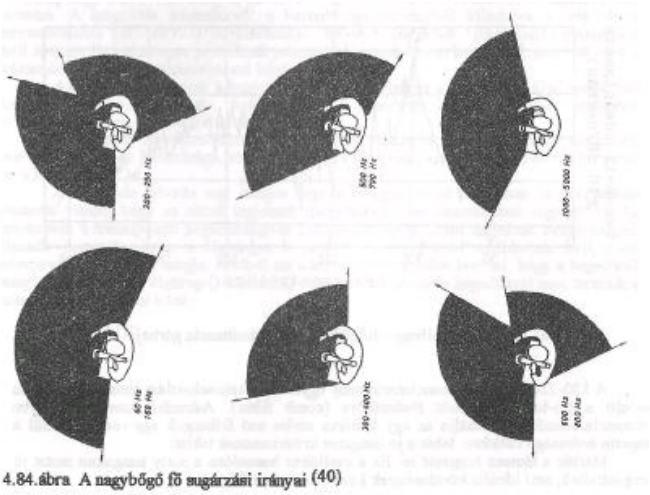
[36] Ld. Függelék V. tábla 2.

[37] Simon Zsolt: *A „Wiener Klang". A hangszerek és muzsikusok szerepe a bécsi hangzásban.* DLA disszertáció, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, 2009. (Kézirat). 106-108.

[38] Pap: *Hangszerakusztika:* 141.

[39] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 77.

kísérleteit, de valószínű, hogy a lapos hátú bőgők fontos részét képezték a tanulmánynak, mivel a sugárzási irányítottság annyira hangsúlyos.[40]



10. ábra Jürgen Meyer sokat idézett irányhatás tanulmánya nagybőgőre

Csupán burkoltan utal arra az idézett szövegben Brown, hogy Meyer tanulmánya nem tünteti föl a hátkiképzést. Számunkra azonban megmutatja, hogy Meyer mérésre érdemes hangszere eredeztethetőleg lapos hátú volt. Ennek bebizonyítása alapproblémánkat szintén nem oldja fel, ugyanis Meyer kísérletét német nyelvterületen végezte el.

Kapaszkodónk az – melyet az első fejezetben is említek –,[41] hogy már a bőgő készítés hajnalán, mikor a nagy olasz mesterek első – vitathatatlan értéket és hangminőséget képviselő nagybőgőiket elkészítették – sok lapos háttal készült (Maggini,[42] Testore, Amati, Gasparo da Salo),[43] illetve, hogy a 2. táblázat (9. oldal) tájékoztatása alapján, német nyelvterületen is készültek minőségi domború hátú mesterhangszerek.

2. A 4. táblázatban láthatjuk, hogy mindkét kategóriához sorolható elismert, minőségi mesterhangszer.

---

[40] Ld. előző jegyzet: 78.

[41] Ld. 1.1.5 fejezet 7. oldal.

[42] Buzás Tibor: *Angol és francia nagybőgők.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola, 1995. (Kézirat).: 10.

[43] Ld. 1.1.5 fejezet 13. jegyzet.

3. Más mikrofon beállításokkal, a hang konkrétsága eltűnt, a puhaság inkább előtérbe került volna. A hangból sokkal kevesebb információt lehetett volna kinyerni, ami a további feldolgozást elégtelenné tette volna. Ezért a mikrofon állás megfelelő volt.

Összességében elmondható, hogy a hallgató földrajzi elhelyezkedése igenis hatással van arra, hogy milyen hang fajtát részesít előnyben, viszont a többi tényező zavaró hatása elhanyagolható.

A tesztből kitűnik, hogy lapos hátú bőgőt építeni valószínűleg üzembiztosabb, kiszámíthatóbb, mint domború hátút. A domború hát viszonya a tetőhöz, boltozatának magassága, vastagságának kidolgozása, mind további olyan tényező, ami a még tovább formálja a hangszínt, s nehezen megjósolható végkifejlete. Az öthúrosoknál viszont előnyösebb a domború hát, mert statikailag jobban viseli a megnövekedett terhelést.

Andrew Brown megállapítja erre vonatkozóan, hogy a hát formája és a kereszt bordák jelenléte jobban meghatározza a hangszer hangját – közvetlenebbül érinti a sugárzott választ –, mint a hát anyaga (nyár vagy jávor).[44] Ami igen fura kijelentés, ámbár logikus, tudományos alapokon nyugvó következtetés.

Különös, de a tesztben részt vevő hangszerész mesterek is csak lapos hátú nagybőgőkre szavaztak. Egyikük a hangszer fő hangi tulajdonságaiért felelős részeket így nevezte meg: a tető felel a mély hangokért, a hát a magasokért.[45] Lapos hátú nagybőgőnél a hátnak csupán a magas hangoknál sokkal több szerepe van a hang ereje, tömörsége, sugárzási irányai tekintetében. A vékony és széles káva nélkülözhetetlen a jó bőgő hangszínhez.

Még mindezek ismeretében sem teljesítettek jól a domború hátú hangszerek. Empirikus megközelítés alapján a domború hátú nagybőgőknek is az élvonalban kellett volna határozott és egyedi hangszíntulajdonságaikkal képviseltetni magukat. A lista első felére azonban csak egy hangszer került fel, többségük a ranglista hátulján helyezkedik el. A kevésbé fókuszált hang simaságot, puhaságot, gömbölyűséget eredményezett,[46]

---

[44] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 79.

[45] Bősz Károly hangszerésszel való beszélgetésre hivatkozva.

[46] Idézzük fel az 1.1.6 fejezetben tett általános kijelentést, miszerint a domború hátú nagybőgőre a kerek, sötét, telt hangszín jellemző inkább.

amely nem járt együtt keménységgel, tömörséggel, öblösséggel. Ide tartozott a kissé sötét jelző (Cav-K05-hd5) is, mivel semmilyen más tulajdonság nem fogta meg a hallgatóságot, ez is csupán kis fölénnyel emelkedett ki. Több a jellegtelen, vagy éppen túlságosan harsány, de vékony hangú hangszer. A domború hátú öreg mesterhangszerekre a fedett, sima, puha, gömbölyű jelzők illenek, az újakra a fényes, vékony, nyílt. Két domború hátú hangszer két alanytípusnál lett a hatodik helyezett[47] (KisZ-09-gd5-02, Pöl-gd5).

A két domború hátú négyhúros bőgő a ranglista legalján foglal helyet (KovL-38-gd4, ORub-56-gd4), Ez a tény azonban nem azt jelenti, hogy a – domború hát, kisebb test – párosítás kevéssé működik, hanem, hogy a jelen tesztben részt vevő hangszereknél nem ezek a jellemzők domináltak. A két említett nagybőgő tulajdonságai eltértek egymástól, más negatív tulajdonságaik miatt kerültek a lista aljára.

A két eltérő hát közötti hangszínjellemzők összehasonlításakor figyelembe kell venni azt, hogy a külső hallgató a bőgő hangszínét annak sajátos fizikai és akusztikai tulajdonságai miatt alapvetően sokkal puhábbnak és sötétnek hallja. Egy mély regiszter o illetve u formánssal,[48] és a nehezebb hallhatósággal együtt puha érzet párosul. Ezért gyakoribb a nem bőgősöknél ezeknek a jelzőknek a használata. Ezt részletezve kiderül, hogy a zenészek három lapos hátú (Stow-gl4, Man-Mo100-gl4-02, RáczB-D09-hl4) és három domború hátú bőgőt (ORub-56-gd4, KisZ-010-gd5, Cav-K05-hd5) jellemeztek a kissé sötét, vagy sötét jelzővel.[49] A lapos, *sötét* bőgők dobogós helyezésen, a domború hátú bőgők a táblázat második felében és az alján végezték. A zenész szavazók között relevánsan fedezhető fel a sötét hangszín, mint jellemzés, azonban az összes alany tekintetében ez a tulajdonság nem jelent meg erőteljesen .

---

[47] Ld. 10. és 11. táblázat.

[48] A formáns (Formanten) elnevezést először Ludimier Hermann használta 1894-es cikkében a zöngés hangokat megformáló rezonanciahelyekre. (Ludimar Hermann: „Beiträge zur Lehre von der Klangwahrnehmung”. *Pflügers Arch*. (1894/56.) 467-499.) Magyarországon Tarnóczy Tamás vezette be 1941-ben. (Tarnóczy Tamás: *A magyar magánhangzók akusztikai szerkezete* (Budapest: Kir. Magy. Pázmány Péter Tudományegyetem Általános Nyelvészeti és Fonétikai Intézete, 1941). A mély regiszterre az o, u magánhangzó rezonanciáinak kiemelése jellemző.

[49] Ld. Függelék VI. c. tábla. illetve 2.4 fejezet.

Összességében tehát elmondható, hogy Anders Askenfelt általános nagybőgő hangítélete[50] részben igazoltnak vehető: sötét, telt, mély, orgonasíp szerű hang. A teszt azonban sokkal árnyaltabb képet mutatott, mélyebb betekintést engedett a nagybőgők hangszínének, hangjellemzőinek világába. Így a lapos hátú bőgőre az *öblös, nyílt, tömör* volt jellemző, nem fő hangszín volt a kemény (négy bőgőnél), nemes (két bőgőnél) és érett (szintén két bőgőnél). A domború hátú bőgők hangszínítélete eltért lapos hátú társaiktól. Az idős mesterhangszerek tesztben meghatározott hangszínei a fedett, sima, puha, gömbölyű lett, az új hangszerek fényes, vékony, nyílt hangon szóltak a résztvevő hallgatók szerint.

2.7.5 Manufaktúra hangszer két mérésének összehasonlítása
Man-Mo100-gl4 és Man-Mo100-gl4-02

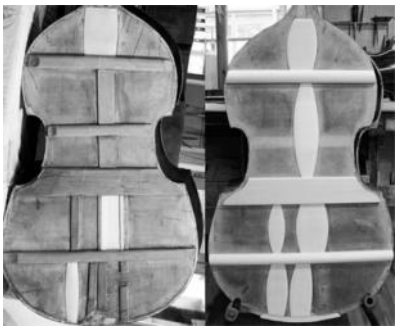
E nagybőgő rövid jellemzése a következő: kis testű, vastag belső méretezésű, gamba formájú, lapos hátú, négyhúros hangszer. Nem képvisel különösebb értéket, a hangja azonban magáért beszél.

11. ábra Man-Mo100-gl4.

Különös érdeklődéssel elemeztem ennek a bőgőnek a két mérési eredményét. A két mérés között másfél év telt el. Itt az átalakítások miatt volt szükség az újabb vizsgálatokra. Kíváncsi voltam, hogy hallható-e mások által is a végbement változás. Az első mérést követően a régi hátbordák cseréjét javasolta a hangszerész. Úgy vélte, a

[50] Ld. 19. jegyzet.

hang jobb, frissebb lesz az új fából készült merevítőkkel. A mester statikai vizsgálatai és megérzése nyomán a szokásos négy borda helyett csak három bordát épített be, elégségesnek ítélte meg a hangszer méreteit figyelembe véve.



12. ábra Manufaktúra bőgő átalakítás a háton. A jobb oldali képen a bordák szélei még nincsenek eldolgozva.

Miután a bőgő elkészült, hangja valóban sokkal frissebb, rugalmasabb, ugyanakkor direktebb, keményebb, tömörebb, általában véve szebb és nagyobb lett. A bőgő sajáthangja mélyült. A meghatározó hangszínek a rangsor tükréből vettem ezt a kivonatot (9. táblázat):

Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	Öblös22, Tömör19, Gömbölyű9
Man-Mo100-gl4-02	Manufaktúra hát gerenda csere után 2.mérés	Öblös26, Nyílt25, Tömör21, Kemény12, Érett11,

Míg a felújítás előtt egy kis petyhüdtség, ernyedtség volt érezhető, azt követően az egész hangszer felélénkült. Az ebben a konstellációban gömbölyű jelző azt jelenthette, hogy a lapos hát kissé elvesztette a harciasságát – mely különben oly fontos jellemzője –, lekerekedett, a bordák rugalmassága elfáradt. Erre vonatkozóan a hangszerészek véleménye az, hogy az idős vonós hangszereknél a tetőgerenda cseréje frissítőként hathat.[51] Ezt figyelembe véve úgy tűnik, hogy a fenti észrevétel a lapos hátú nagybőgő hát bordáira is érvényes.

2.7.6 Kis Zoltán 2009 hangszere két mérésének összehasonlítása
KisZ-09-gd5, KisZ-09-gd5-02

A hangszer jellemzése: kis testű, keskeny felső és széles alsó övvel, széles kávázattal rendelkező gamba formájú, domború hátú öthúros hangszer.

[51]Simone F. Sacconi: *Stradivari „titkai”* (Kézirat): 119. [eredeti megjelenés: Simone Fernando Sacconi: *I "segreti" di Stradivari*. (Cremona: Libreria del Convegno, 1972.)]

13. ábra KisZ-09-gd5

Az első mérés időpontjában – mikor pár hónapja játszottak még csak rajta – a hangszer nagyon visszafogott hanggal rendelkezett, a test azonban intenzíven rezgett, ezért remény volt a hangosodásra. Emellett vékonyan, fényesen, nazálisan és szétszórtan szólt (9. táblázat).

KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	Fényes12, Vékony11
KisZ-09-gd5-02	Kis Zoltán 2. mérés	Nyílt20, Öblös19 Karcos18, Tömör10, Kissé Fényes6, Kissé Kemény6

Másfél év intenzív játék után, a vékonyság jelentős öblösségbe fordult, megjelentek a jó hangszín jegyek. A bőgő kinyílt, hangja tömörödött, hangereje a sokszorosára nőtt. Ritka nagy változáson ment keresztül a hangszer, sok kolléga nem fűzött reményeket e bőgő hangjához. Ilyen esetekben mondják azt a zenészek, hogy a hangszert be kell játszani, át kell rezgetni. Ez egy nagybőgő esetében még sokkal fontosabb. Valószínű, hogy a hangszer fejlődése nem állt még meg, átgondolt húrozással, lábcserével a nemesedési folyamat fokozható. Gerhard Alfred von Reumont *Theorie und Praxis des Vibrationsentdämpfens zur Resonanzverbesserung von Musikinstrumenten* című könyvében egy olyan módszerről ír, mely véleménye szerint a hangszerek bejátszási idejét rövidíti le. Az eljárás lényege, hogy a hangszer lábára szerelhető, rezgéseket, impulzusokat keltő berendezés gyakorláson kívüli használata segíti a hangszer átrezgetését. Terveim között szerepel ennek a módszernek a kipróbálása.

2.8 Összefoglalás

Az elvégzett kísérlet fényében megállapítható, hogy a hangszínteszt sok meglepetéssel szolgált. Kiderült, hogy a nagybőgősök és a zenészek eltérően ítélnek meg sok

hangszert, azonban szavazataikat összeadva helyes értékeket mutatnak, így a dobogós helyek nem voltak kérdésesek. A nemzenész csoport képzetlenségéből adódóan a jó hangszerek jó tulajdonságai mellett egyéb, inkább simaságra, kiegyenlítettségre utal hangjellegeket is kiemeltek.

Az első három helyezett hangminőség ítélete egységes hangjellemzőket takar, ezért a várt sötét, telt, mély hangszín helyett az **öblös, tömör, nyílt és nemes** tulajdonságok domináltak. Egyenértékűnek tekinthető a telt az öblös és tömör megjelöléssel. Bár markáns tulajdonságként nem jelent meg a végeredményben, de meg kell említeni, hogy a zenészek mindhárom győztes hangszert a sötét tulajdonsággal is jellemezték.

Nem lehetett előre megjósolni, hogy milyen korú és anyagi értékű hangszerek fognak az élen végezni, azonban az előzetesen ismertetett nagybőgővel foglalkozó dolgozatok alapján arra lehetett számítani, hogy drága és idős mesterhangszerek lesznek a figyelem középpontjában. A szavazatok több mint felével az összes szavazó között első Stow-gl4, valóban idős drága mesterhangszer. Az őt követő nagybőgők viszont vagy fiatal mesterhangszerek (RáczB-D09-hl4, Krat-09-hl5), vagy nagy értéket nem képviselő idős manufaktúra hangszerek (Man-Mo100-gl4, Man-Mo100-gl4-02) voltak. Annak ellenére, hogy a tesztben öt hangszer 50 évesnél idősebb volt, bejátszott, érett állapotban, kijelenthető, hogy csupán a hangot figyelembe véve a megszokott tendenciától eltérően fiatal, és nagy értéket nem képviselő hangszerek is megnyerővé, dominánssá váltak.

A hangszín és hangminőség vizsgálata a formajegyek tükrében igen összetett feladatnak bizonyult, biztosat mondani a számtalan egyéb tényező miatt lényegében lehetetlen. Ennek következetes kutatása még nem valósult meg. Ami bizonyossággal megállapítható az a következő: 4 húros, ¾-es méretű nagybőgők nyertek. Mindegyiknek lapos, keresztbordákkal ellátott háta volt. A méretet és a húrok számát tekintve racionálisan is ez tűnt optimálisnak a jó hang szempontjából. A lapos hátú nagybőgők sikere azonban elgondolkodtató, nem várt fölényt eredményezett.

3. A nagybőgő hangjának spektrális elemzése

3.1 Bevezetés

Lenyűgöző és zenészként néha tüneménynek tetsző mindaz a számos mérés és mérési eljárás, melyet az akusztikusok annak érdekében végeztek, hogy a vonós-hangszerkészítés, azon belül a hegedűkészítés gyakorlatát mind jobban megértsék és tökéletesítsék. Akusztikai méréseimmel csupán e terület határmezsgyéjét érintem. Mégis a rendelkezésemre álló korlátozott technika és zenész végzettségem ellenére, e kísérletek közelebb juttattak a nagybőgőhang összetevőinek, minőségi kritériumainak megértéséhez, elemzésük alátámasztja, vagy cáfolja a hangszínteszt eredményeit és következtetéseit.

3.2 A hangszín és a hangminőség kutatása. Történeti, technikai áttekintés

Kevés tudós szentelt időt és energiát a nagybőgő akusztikai tulajdonságainak, mivel ez a hangszer ritkán volt előtérben. A hegedűkutatások – fizikai, statikai, mechanikai, kémiai, anyagtani, akusztikai – motorja a régi hegedűk nemes hangjának keresése volt. Ez indított számos kutatót arra, hogy megfejtse a Stradivarik, Magginik, Amatik, Guarnerik titkát. Igyekeztek a legteljesebb mértékben feltérképezni ezeket a hangszereket, hogy rájöjjenek, a saját korukban milyen módszerekkel lehet a nagy elődökhöz méltó hangszert építeni. Úgy vélem, hogy mindez hasznos a jelenkor számára. Legteljesebben a hegedű szakirodalmán keresztül lehet átfogó képet nyerni az eddigi vizsgálatokról.

Már az itáliai nagy hegedűkészítő mesterek halála után elkezdték kutatni hegedűik lenyűgöző hangjuk titkait. Az eredményekért akár barbár munkára is képesek voltak, sok értékes hangszert szedtek teljesen szét, hogy megtalálják a módszer kulcsát. A XIX. század elején egy francia és egy német fizikusnak – Felix Savartnak és Ernst Chladninak – is abban lehetett része, hogy több Stradivari-hangszert elemeire bonthattak szét, így analizálva az egyes lapok vastagságát, sajáthangját. A hangminőség kutatása szempontjából fontos mérföldkő volt az e hangszerekhez méltatlan tett. Savart trapéz hangszere,[1] Chladni-porábrái,[2] és H. Helmholtz rezonátorai[3] a mai napig a zenei

[1] A történetet ld. 4. fejezet 99. oldal

akusztika meghatározó alapkövei. A kiváló hangminőség létrehozása, a jó hang meghatározása, kritériumainak megállapítása a hatalmas mennyiségű összegyűjtött tudás mellett a mai napig nagy feladat. A XX. században a Chladni-féle porábrák test rezgéseinek további vizsgálata vált elsőrendű fontosságúvá. Ezek méréséhez a technika fejlődésével egyre több eszköz áll rendelkezésre.

A korai mikrofonos kísérletek úttörője F. A. Saunders volt az 1930-as években, aki a hegedű ráfelelési görbéit vizsgálta részletesen. A vizsgálatot süketszobában végezte egyenletes hangkeltéssel, és arra volt kíváncsi, hogy mely frekvenciák szólalnak meg legerősebben. Az akusztikai vizsgálatok a 60-as évek végétől – az akusztikai laboratóriumok elterjedésével – szaporodtak el. F. Winckel egy kitűnő hangú hegedű jellemzőit határozta meg, ezeket egészítette ki C. M. Hutchins (1976) öt Stradivari-hegedű összehasonlításával. Jürgen Meyer (1979) az öreg olasz hangszerek általános jellemzőit próbálta meghatározni, ehhez 100 különféle hegedű üreg- (léghang) és első tetőrezonancia (fahang) csúcsait vizsgálta meg a láb szinuszos gerjesztésével. H. Dünnwald (1988) összesen 560 – egyesek szerint 800 – különböző minőségű hegedűt elemzett. Célja az objektív hegedű hangítélet feltételeinek kidolgozása volt. H. Müller (1997) a szubjektív hegedű minősítéssel foglalkozott, rámutatott az ítélet nehézségeinek a pszichológiai tényezőkkel való szoros kapcsolatára. Jelenkorunk néhány híres hangszerésze egyben tudós is. Nem elégednek meg a tapasztalat és a gyakorlat régi paradigmáival, hanem ezeket kiegészítik a legmodernebb fizikai, kémiai, akusztikai vizsgálatokkal. Európában, Németországban Martin Schleske, illetve az USA-ban Joseph Nagyvary alkotnak a legjobb hangminőség – a régi itáliai hegedű által felállított hangszín mérce – elérése céljából ezeknek az eszközök segítségével.

A rezgések egyedi módusainak, illetve ennek a hegedűhangban lévő jelentőségének kutatása már az 50-es évektől datálható. Felix Savart a Chladni-féle porábrákkal kapcsolatos eredményeit C. M. Hutchins és I. Beldie kutatta tovább. A

---

[2]Florens Chladni 1787-ben kísérletében rezgő lemezekre port szórt, mire az ábrákba rendeződött. Más méretű, vastagságú lemezen más ábrába rendeződött. A jelenség magyarázata a következő: a homokszemcsék rezgetésre a lemez azon területére gyűlnek össze, ahol a lemez nyugalmi állapotban van. Ezek a helyek a csomóvonalak. Az ábrák csak a lemez sajátfrekvenciáikor jelennek meg. Egy lemeznek több sajátfrekvenciája van, miáltal más és más ábrák láthatók.

[3] H. L. von Helmholtz találmánya tulajdonképpen egy egyszerű eszköz a Fourier-elemzésre (magyarázatot ld. 67. oldal) az elektronika előtti korszakból. Létrehozott egy üregrezonátort. Ha a keskeny végű nyílást a fülünkre helyezzük, akkor a nagyobb nyíláson bejutó hangspektrumból az a frekvencia fog felerősödni, amely az üreg sajátfrekvenciája is. Egy sorozat ilyen eszközzel megvizsgálható a hangspektrumok összetétele, a komponensek erőssége.

Chladni-féle porábrák közül három különböző mintázatot emelhetünk ki: az 1. a 2. és 5. módusét. Az 1. módus kereszt alakú († mód), a 2. módus X alakú, míg az 5. módus gyűrűs elrendeződésű (O mód) (lásd 14. ábra). Ezek az elrendezések meghatározott frekvencián jelentkeznek, és meghatározott magatartások vonatkoznak rájuk.

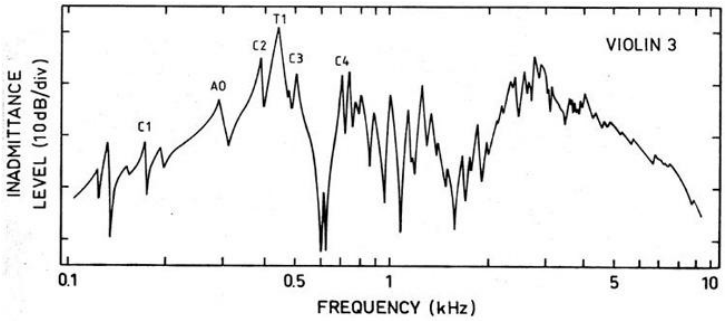
14. ábra A Chladni által felfedezett porábrák holografikus megfelelője. A vonós hangszereknél az 1. † vagy kereszt, 2. X és 5. gyűrűs, vagy O mód fontos.[4]

Amikor a hegedűt rezgették, észrevették, hogy különböző frekvenciákon más és más területek válnak aktívvá, intenzívvé, illetve inaktívvá, semlegessé. Ezen területek a XX. század második felében az elektronika korában a bemeneti admittancia görbékkel váltak láthatóvá. Ezek alapján Erik Jansson és Alonso Moral a móduselnevezéseket a dominánsan rezgő részekről nevezte el. Így alakultak ki a levegő- (A), a nyak- (N), a tető- (T), a korpusz (C) módusok. Hutchins később a további kutatások során más elnevezéseket adott a különböző területeknek. Én a Jansson-féle jelölésrendszernél maradok. Egy hegedűnél a legfontosabb rezgésmódusok A0, T1, C2, C3 és C4 (lásd következő oldal 15. ábra). Tehát a testbe bezárt levegő rezgése, a tető 1. rezgése illetve a korpusz 2. 3. és 4. rezgése. Jelen dolgozatban A0 és T1 rezgésekkel foglalkozom a leggyakrabban.[5]

---

[4]Carleen Maley Hutchins: „The Acoustics of Violin plates" *Scientific American* 245/4 (1981.10):170 ff. 4.

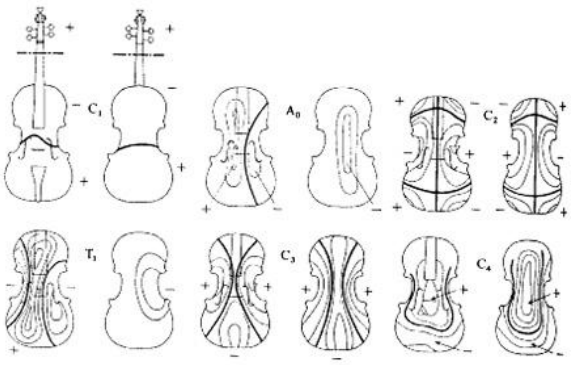
[5]Az A0 és T1 meghatározó rezgéscsúcsokat egy görbében viszonylag könnyű definiálni. A módusok sajátosságait a következőképpen képzelhetjük el: egy üvegpalack száját oldalról megfújva hangot ad. Ahogy fogy az ital a palackból, úgy mélyül a hang. Ezzel meg is határoztuk A0-t, azaz a bezárt levegő hangját, mely a korpusz méretétől függően magasabb vagy mélyebb. T1 pedig az üvegpalack megkocogtatására adott hang, az egyik lemez, a tető első hangja. Azért nem a korpusz első hangja (C1), mert ez nem sugároz hangot a hangszerben. Egy vonós hangszer testét a steeldrum nevű ütős hangszerhez lehetne legjobban hasonlítani, mely kör alakú, homorúan ívelt, és minden játszó felülete eltérően van kiképezve, így hangsorokat lehet játszani rajta. Az azonosság a két hangszerben az, hogy a különböző területek vékonyítással izoláltak. Az eltérő belső vastagsági méretek miatt rezgetés hatására a vonós hangszerek testének minden területe más hangmagasságot fog adni. Ezért nagyon nehéz összeegyeztetni a testben keletkező különböző rezgéseket. Ennek a sokféle rezgésnek az eredőjétől is függ a hangszer hangja, s az hogy melyik hangtartományban mi lesz az uralkodó hangszín.



15. ábra Egy hegedű bemeneti admittancia görbéje.

Az akusztikusok különösen fontosnak tartják, hogy a különböző testmódusok a fa faragásának hatására milyen irányba indulnak el, mélyülnek, avagy magasodnak.

> Lényegében elmondható, hogy a csomóvonalakat azért kell tanulmányozni, mert ha a fát a csomóvonalról távolítjuk el, magasodik a frekvencia, ha rezgési maximumhelyről, akkor mélyül.[6]



16. ábra A teljes hangszer holografikus interferogrammal mért rezgésformái. A csomóvonalak utólagosan berajzoltak. C3 X típusú, C4 gyűrűs típusú.

Azt is fontos tudni, hogy a különböző testmódusok melyik Chladni-féle rezgésképhez tartoznak (16. ábra). Egymáshoz való viszonyaikat is behatóan tanulmányozták és tanulmányozzák. A hangszer egyes részeinek sajátfrekvenciáin, egymáshoz viszonyított ideális rezgésén túl a tudósokat az egész hangszer rezgésvizsgálata is rendkívüli módon izgatta. Ez az eljárás a modálanalízis, a korpusz rezgésmódusainak együttes és valós idejű vizsgálata. C.M. Hutchins sokféle módon próbálta az eljárást tökéletesíteni. Az első tényleges modálanalízis vizsgálatot 1997-ben K. D. Marshall végezte el.

A hanganalízisnek több fajtája ismert. Ennek legegyszerűbb formái a valamilyen formában berezgetett hangszer hangjának mikrofonnal vagy gyorsulásmérővel mért

[6] Pap: *Hangszerakusztika:* 120.

spektrum analízise. A hangszer berezgetéséhez több módszer létezik. Az akusztikusok szempontjából nagyon fontos volt, hogy a mérések objektívek, és könnyen reprodukálhatók legyenek, azonban a hangszeres művész által felvett hangok mindig tartalmazzák a szubjektív elemeket. Ilyen mérések voltak a játszott hang ráfelelési görbéi, a hangossági görbék. A későbbi mérési eljárások a szubjektív alkotók kiszűrését tűzték ki célul. A korai kísérletek olyan gépezeteket alkottak, mely a vonót teljesen egyenletesen húzzák, hogy a kísérlet könnyen ismételhető legyen. A legelterjedtebb rezgetési módszer mégis a vonó nélküli elektromechanikus rezgetés. Itt egy gép, melynél változtatható a frekvencia, egy tű segítségével rezgeti a lábat. A rezgést mikrofonnal vagy a hangszerre helyezett gyorsulásmérővel rögzítik. Bevett módszer továbbá egy impulzuskalapáccsal enyhén megütni a lábat, és a választ gyorsulásmérővel mérni.[7] Tömören foglalja össze az előbb elmondottakat Dániel István:

> Rugalmas anyagokból felépített szerkezet dinamikai viselkedésének méréséhez egyrészt mechanikailag gerjesztenünk kell azokat (pl. sékerrel, impulzuskalapáccsal), másrészt meg kell mérjük a gerjesztésnek és a rendszer válaszának (pl. a rezgésgyorsulásnak) a tulajdonságait, időbeli lefolyását. Ezen mérésekhez megfelelő mérő átalakítókat használunk, rezgésérzékelőket, erőmérőket. A mérő átalakítók itt is, mint sok más területen, a mérendő fizikai mennyiséget, valamely más, könnyebben kezelhető, többnyire elektromos mennyiséggé alakítják. Ezek az impulzusok számítógépre vezetve, megfelelő programmal analizálva kiértékelhető eredményeket produkálnak. A rezgő rendszerek mechanikai analíziséhez általában gyorsulásérzékelőket használnak.[8]

A hanganalízis alapja az FFT-vel kapott spektrum elemzése, azaz a Fast Fourier Transform –Gyors Fourier Transzformáció–, melynek a hang megjelenítése terén van szerepe. Az FFT spektrum a hang digitális leképezése. Fourier arra jött rá, hogy minden periodikus rezgés felbontható tiszta szinuszos rezgések összegére. Egy hangban a különböző felhangok aránya határozza meg a hangszínt. A hang spektrumábráján az x tengelyen a frekvenciát, az y tengelyen a hangnyomásszintet ábrázoljuk. A hangból végtelen számú mintát véve határtalan időbe telne a görbe kiszámítása, ezért a mintavételezés idejét és mélységét, minőségét meg kell határozni. A cd minőségről gyakran beszélünk digitalizálás során, ez 44.1 kHz, 16biten. Ez azt jelenti, hogy a mintavételezés szintje, gyakorisága 44.1 kHz, ami annyit tesz, hogy a forrásból egyenlő

[7] Egyéb, most nem részletezett, kevésbé közismert eljárások is léteznek.

[8] Dániel István: *Mechanikai-dinamikai mérések eszközei, használatuk, kalibrálásuk*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, 2005. (Jegyzet) 1.

időközönként ennyi mintát vesz a rendszer, mélysége 16 bit, amely dinamika átfogásra átszámolva 90dB. Így tapogatja le a hangot az FFT. Az FFT spektrum nagyon sok mindent jelölhet attól függően, hogy milyen eljárással, hol, mit mértek. A technika fejlődésével egyre bonyolultabb és kifinomultabb műszerek segítenek a hegedű rejtélyeinek kikutatására. A hangelemzéshez tartozik még a holografikus interferometriás[9] illetve a lézervibrométeres vizsgálat.[10]

A nagybőgővel kapcsolatosan sokáig, mint csupán a vonós hangszercsaládba beletartozó egységként végeztek méréseket. Jürgen Meyer *Akustik und musikalische Aufführungpraxis* dolgozatában a játszott hangok irányítottságával és a pengetés erősségével foglalkozik. *Zur Dynamik und Schalleistung von Orchesterinstrumenten* című dolgozata a dinamikai átfogást vizsgálta. Elsőként foglalkozik magával a nagybőgővel Gerhard Alfred von Reumont: *Stiefkind Kontrabass* című írása. Anders Askenfelt *Eigenmodes and tone quality of the double bass* című dolgozata az első, amely beható akusztikai vizsgálatoknak veti alá a nagybőgőt. Többek között bemeneti admittancia méréseket végez, meghatározza a hangszer fő módusait, illetve a hangminőséggel kapcsolatosan kutat. Az 1989-ben Ebbas Esmat által közreadott *Klangliche Eigenschaften des Kontrabasses, spektralanalytische und historische Untersuchungen zum Bau und zum Klang* igen átfogó és széles látókörű könyv.

A XXI. század elején német nyelvterületen Gunter Ziegenhals zwikaui, Jobst P. Fricke kölni és Andrew W. Brown bécsi székhellyel folytatott kiterjedt vizsgálatokat a nagybőgőn. Gunter *Ziegenhals Akustik und Geometrie von Kontrabässen* című dolgozatában ráfelelési görbéket vizsgált, és elvégzte a tető és hát modálanalízisét. Először kísérelte meg a nagybőgő kisugárzási karakterisztikáját általában meghatározni, majd ezeket az ismertetőjegyeket az egyes korpuszrezgésekhez hozzárendelni. Jobst P. Fricke *Wie erfüllt der Kontrabass seine Bassfunktion?* dolgozata a funkcionalitást helyezte előtérbe. Andrew W. Brown *Documentation of Double Bass Plate Modes Using the Scanning Laser Vibrometer* című munkájában a szkennelő lézer vibrométerrel

[9] Holografikus interferometria: A fény kettős exponálása. Egy rezgő testről kaphatunk összképet, a berezgetést hangszóró, vagy séker (rezgető) végzi. Nagyon érzékeny, már nagyon kis változás, szögelhajlás, elmozdulások, deformálódások láthatóvá válnak. A módusok meghatározására alkalmazzák.

[10] Lézeres-doppler vibrométer: A lézersugarat a lemez egy adott pontjára irányítják. A küldött és beérkezett sugár különbségét méri. Lehetővé válik általa a rezgő felületek érintés nélküli mérése. A módusok egyértelmű meghatározására alkalmazzák. A lézeres vibrométer alkalmazásával a módusok formája a háton és a tetőn megjeleníthető.

határozta meg a lemezek módusait. Szintén Brown *An Acoustical Study of Double Bass Bridge Height Adjusters* című dolgozata a különböző anyagú lábmagasítók[11] nagybőgő hangra gyakorolt hatását kutatta. Lapos és domború hátú nagybőgők különbözőségeit vizsgálta többféle mérési eljárással az *Acoustical Studies on the Flat-backed and Roundbacked Double Bass* című PhD disszertációja.

3.3 A spektrumelemzés célja

Határozott szándékom volt dolgozatomban zenészként a hangot, hangminőséget, hangszínt előtérbe helyezni, s csak erre alapozva elvégezni a spektrális elemzéseket. A hangszínteszt eredményét kívántam akusztikai vizsgálatokkal és jellemzőkkel bővíteni, magyarázatot keresvén némely kevésbé érthető tényre. A játszott hangok átlagspektrumainak vizsgálatakor megállapítottam annak fő jellemzőit. Remélem, hogy részletes vizsgálataim újabb kutatásokra ösztönözhetik a tudósokat, így előmozdítva a professzionális nagybőgőépítés ügyét.

3.4 Mérési eljárások

3.4.1 A vizsgálatban résztvevő eszközök

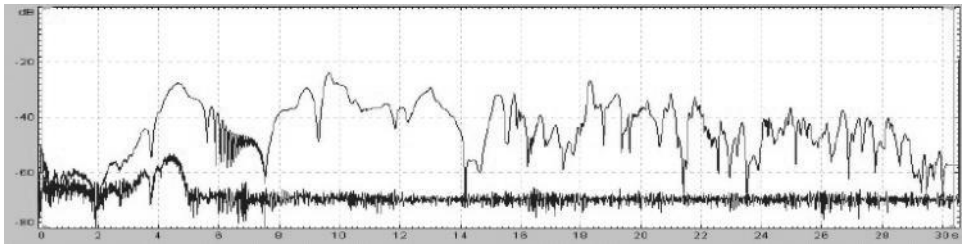
A felvételi eszközök megegyeznek a hangszíntesztben résztvevő eszközökkel. A helyszín minden alkalommal a Zeneakadémia Vörösmarty utcai épületének Akusztika terme, más néven Hangszerészképző Szakközépiskola tanterme volt. A mérés minden esetben a terem ugyanazon pontján történt, az AKG C-4000 mikrofon a hangszertől egy méterre, egy méter magasságban lett elhelyezve. Minden egyes nagybőgőn én játszottam ugyanazzal a vonóval. A mikrofon mono hangot vett fel, ez további után állítást nem igényelt. A mikrofon jele a Symetrix SX 202 típusú erősítőbe futott bele, innen haladt tovább a jel a Sony CD-RW 33 felvevőbe. A jel spektrális megjelenítéséhez és elemzéséhez az ONO-SOKKI CF5520 ill. CF 7200 spektrométerek – továbbiakban FFT – voltak segítségemre. A spektrométer jelét kivetítőn keresztül vászonra kinagyítva elemeztük. A jel digitalizálása fényképezőgéppel történt.

3.4.2 A bőgő rezgési módusainak – testspektrumának – mérése

A bőgő saját rezgései egy, a tetőre méhviasszal rögzített kistömegű gyorsulásmérő segítségével váltak érzékelhetővé. Az érzékelő jelét töltéserősítővel 10dB-lel megnöveltük a jobb kiértékelhetőség miatt. Az így kapott jelet az FFT-vel elemeztük

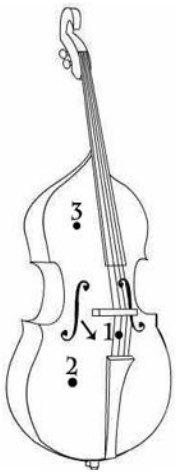
[11] A lábmagasító működési elvével és hangra gyakorolt hatásával a 4.4 fejezetben a 108. oldalon foglalkozom.

közvetlen módon. Abból az okból kifolyólag, hogy a hangszer ne érintkezzen a kemény, rezonáló felülettel, mely a mérést befolyásolta volna, a hát széleinél és a csigánál, három ponton kemény habszivacs háromszögekre fektettük a hangszert, mely a legkisebb felületű felfekvési pontokat eredményezte, ugyanakkor rezgéseket nem vont el. A húrokat le kellett némítani, ellenkező esetben azok rezgése módosította volna a valós rezgésképet.



17. ábra Egy bőgő sugárzásakor fellépő RMS görbék (Root mean square: jel/zaj viszony négyzetes átlaga) gördülő spketruma (dB/sec táblázat) 26-3000 Hz-ig. A csillapítatlan húrok befolyása jelentős, míg a csillapított húrok ideális jel/zaj viszonyt teremtenek a mérésekhez.[12]

A húrok teljes csillapításával csak a korpusz berezonálása alkotta a rezgésgörbét. A gyorsulásmérőt a tetőlapok három – a 18. ábrán megjelenített – pontjára illesztettem. A test berezgetését a tetőlap gerenda oldalán a láb alatt körülbelül 5 cm-rel való kopogtatással értem el. Minden egyes a kopogás hatására az FFT-ben megjelenő rezgésképet rögzítettük. 10 kopogás átlaga határozta meg a korpusz sajátrezgéseinek spektrumát.



18. ábra A gyorsulásmérő elhelyezése (1. 2, 3) a test rezgések méréséhez. A megütés helyét a nyíl jelzi.

[12] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 63.

3.4.3 A játszott hangok spektrumának mérése

A vizsgálat második része a mikrofonos vizsgálat volt. A mérés minden esetben a terem ugyanazon pontján történt, az AKG C-4000 mikrofon a hangszertől egy méterre, egy méter magasságban lett elhelyezve. A mikrofon mono hangot vett fel. Minden egyes nagybőgőn én játszottam ugyanazzal a vonóval. A mikrofon jele a Symetrix SX 202 típusú erősítőbe futott bele, innen haladt tovább a jel a Sony CD-RW 33 felvevőbe. A jel spektrális megjelenítéséhez és elemzéséhez az FFT volt segítségemre. A hangokat CD-re rögzítettük, majd a felvétel után elemeztük az adatokat az FFT-ben, melynek képe egy kivetítőn jelent meg. A képeket fényképezőgéppel digitalizáltuk. Egyes összehasonlító tercsávokat az ONO-SOKKI 2CH CF7200A típusú FFT-vel rögzítettük.

3.5 A vizsgálat mérései

A vizsgálat 6 részből tevődött össze, úgymint:

- Adott bőgő testrezgésének mérése 3 ponton logaritmikusan ábrázolva
- Dúr skála vonóval húzva, húronként összesítve
- Beethoven IX. szimfónia Recitativo, átlag spektruma
- Dúr skála pengetve, húronként összesítve
- Dinamikai sáv mérése egy hangon, húronként összesítve
- Buller hangok keresése

Az összes adat felhasználása mellett, e dolgozatban terjedelmi okokból nem került minden vizsgálat részletes kifejtésre.

3.6 A nagybőgők ráfelelési görbéinek tanulmányozása és elemzése

3.6.1 A ráfelelési és bemeneti admittancia görbék jellemzői

A hangszertest kopogtatása a testben rezgést kelt, melyet a gyorsulásmérő alakít át gyorsulásértékekké. Ezt tárja elénk az FFT *ráfelelési görbeként*. Azért nevezzük ráfelelési vagy rezonancia görbének, mert a hangszer teste a kopogásra *ráfeleléssel* válaszol, azaz az így keletkezett görbe megmutatja, mely frekvenciákon mekkora hangnyomással jött rezgésbe a test. Szokásos elnevezése még az átviteli görbe, mert arról tudósít, hogy a megütés pontjából hogyan terjed át az energia a mérési pontba.

A rezgési maximumok jelentik a legkönnyebben rezonáló frekvenciákat, a hangszer sajátrezgéseit. A ráfelelési görbe a rezonanciák sorozataként jön létre. Egyes területek sajátos kiemelkedő mintázattal bírnak, ezeket a területeket nevezzük formánsoknak.[13] A kutatók már korábban rájöttek, hogy nem csak az számít, hogy mely frekvencián rezeg jól a test, hanem ezeknek a csúcspontoknak és területeknek az egymáshoz való viszonya is nagymértékben befolyásolja a hangszínt.

A vonós hangszerekre alacsony frekvencián két jól felismerhető és elkülöníthető rezonanciacsúcs jellemző. A léghang (A0) – a Helmholtz által leírt bezárt levegőüreg alapmódus –, és a fahang (T1) – a tető első módusa – (lásd következő oldal. 19. 20. ábra).

A kutatók először a hegedűn végezték el méréseiket, vizsgálataikat.[14] Az akusztikusok *bemeneti admittancia* – engedékenység – méréseket végeztek a vizsgált hangszereken. Ennek lényege, hogy a hangszer egy pontjában mérik egyszerre a külső gerjesztés mértékét (F erőt), és az így létrehozott rezgés sebességét (v). Az egységnyi gerjesztésre jellemző sebességet nevezzük az adott pont bemeneti admittanciájának. $Y = v/F$.

A Zeneakadémia Hangszerakusztika termében sajnos nem volt mód mérőeszköz hiányában a bemeneti admittancia mérésre, azonban ahhoz nagyban hasonlító eljárást alkalmaztunk, melynek eredménye az átviteli – ráfelelési – görbe. Összehasonlítás-képpen bemutatok egy admittancia és egy ráfelelési – átviteli – görbét (lásd következő oldal 19. és 20. ábra). Mivel csak nagy vonalakban hasonlítanak egymásra, hiszen az utóbbi módszernél a gerjesztési és berezgő pontok különböznek, összehasonlítani nem lehet őket. A közös vonásokra, tendenciákra ugyanakkor fel lehet hívni a figyelmet. A ráfelelési görbe vizsgálataim Gunter Ziegenhals kísérletsorozatával mutat nagyfokú hasonlóságot.[15]

A jó minőségű nagybőgő *bemeneti admittancia* görbéjének jellemzőit Anders Askenfelt a következőképpen fogalmazta meg (19. ábra):

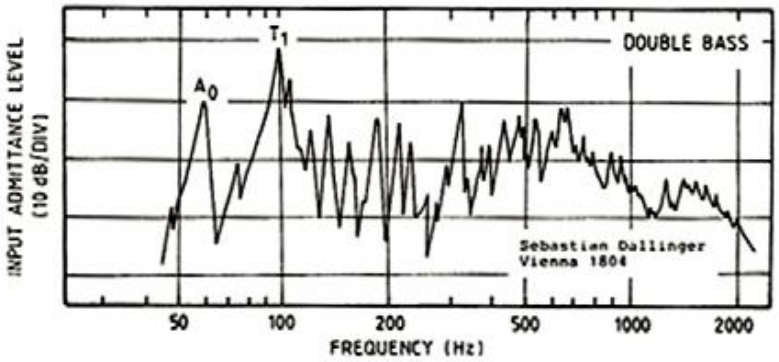
> A bemeneti admittancia görbének magas, különálló frekvencia csúcsokat kell mutatnia a mély frekvencia tartományban, a frekvenciáknak kissé szeparáltnak kell lennie. Ebben a

[13] Ld. 2. fejezet 33. jegyzet, 48. oldal.

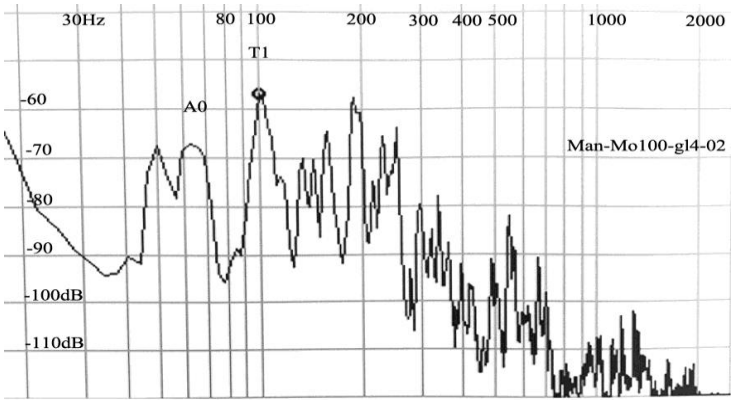
[14] Nagybőgőn hasonló kutatás csak a XX. század végére datálható.

[15] Részletesen ld. 3.6.4 fejezet, 74. oldal.

tartományban a fő rezonanciák a Helmholtz-féle levegő rezonancia (A0) és az első tető módus (T1), ez utóbbi valószínűleg a C3 és C4 testrezgésekkel együtt. Konkrétabban fogalmazva kívánatos, ha az A0 rezonancia frekvencia nem magasabb 60 Hz-nél és a T1-C3-C4 csoport nem magasabb 100 Hz-nél. A nagybőgő építésében ez határozottan azt jelenti, hogy nagy hangszert kell építeni vékony tetővel és háttal. A középső frekvencia tartományban, 150-400 Hz között előnyös, ha a bemeneti admittancia görbe egymástól egyenlő távolságra lévő csúcsok mintázatát mutatja. Ennek a frekvencia tartománynak a tulajdonságait a magasabb tető módusok határozzák meg. Végzetül, 400 Hz felett kedvező a láb legmélyebb rezgésének erős hatása, amely egy markáns emelkedést ad a görbének.[16]



19. ábra Anders Askenfelt bemeneti admittancia görbéje egy jó minőségű Sebastian Dallinger nagybőgőről



20. ábra A hangszínteszt 3. helyezett nagybőgőjének ráfelelési görbéje, sajátspektrumai az első mérési pontban (a görbe első csúcsa mérési hiba, a jól ismert 50 Hz-es hálózati feszültség következménye).

Kétségkívül a görbék kezdeti szakaszán a meghatározó csúcsok A0 és T1. Látható, hogy a 20. ábrán feltüntetett ráfelelési görbe mennyire eltér egyébiránt az admittancia görbétől. Épp ezért a jó hangú nagybőgők ráfelelési görbéjének kritériumai is különbözőek lesznek. E görbék jellemzőinek kutatása mellett a XXI. század fordulóján Gunter Ziegenhals elvégezte a nagybőgő tető és hátlapjainak modálanalízisét

[16] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass:* 164.

a *ráfelelési görbék*[17] tükrében. Ő az első, aki ezek alapján a nagybőgő minősítési ismertetőjeleit is meghatározta. A megadott frekvenciasávok értékei az átviteli görbe mindenkori átlag hangnyomásszintjéhez képest értendők:

- 40-100 Hz (kontra E-nagy G között) Hangosság az alsó alaphang területen: A magas érték kedvező.
- 100-300 Hz (nagy G-egyvonalas d között) Hangosság a felső alaphang területen: A magas érték kedvező.
- 100-400 Hz A hangvolumen hatása: A magas érték kedvező.
- 400-600 Hz Nazális, kellemetlen hangösszetevő: A mély érték kedvező.
- 600-1000 Hz A hang világossága, fényessége, tisztasága érthetősége: A magas érték kedvező.
- 40-1000 Hz Átlag hangnyomásszint: A magas érték kedvező.[18]

Fontos megállapítás, hogy a többi vonós hangszerrel ellentétben – amelyeknél inkább a hát és valószínűleg kismértékben a tető kombinációja játssza az alaphangterületen a fő hordozó szerepet – a nagybőgőnél a tetőnek van 400Hz-ig domináló funkciója.[19]

3.6.2 A kísérletben részt vevő nagybőgők legfontosabb testmódusai a hangszínteszt rangsora tekintetében. A nagybőgők lég- (A0) és fahangjai (T1)

Még mielőtt a teljes spektrum analizálására rátérnék, részletesen megvizsgálom a ráfelelési görbe két első és egyben legfontosabb csúcsának egymáshoz való viszonyát. Táblázatban összesítettem az összes vizsgált nagybőgő lég- és fahangját, a hozzájuk tartozó hangnyomásszinteket és a lég- és fahang frekvenciák és hangnyomásszintek átfogását (lásd következő oldal 13. táblázat)

---

[17] Ráfelelési görbe vagy más néven rezonancia görbe vizsgálatokat végzett tizenkét hangszeren Gunter Ziegenhals annak érdekében, hogy megállapítsa, melyik hangszerrezgés, melyik kisugárzási karakter módus hordozója. Azt vizsgálta továbbá, hogy a frekvencia görbe ismertetőjelei hogyan hatnak ki a hangszer hangítéletére.

[18] Gunter Ziegenhals: „Akustik und Geometrie von Kontrabässen". In: Monika Lustig (szerk.): *Michaelsteiner Kontrabassberichte, Band 64: Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der tiefen Streichinstrumente.* (Dössel,Saalekreis: Janos Stekovics, 2004), 201-208. 206.

[19] Ld. előző jegyzet.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ö	**B**	**Z**	**Kód**	**Mérési sorrend**	**A0 (Hz/dB)**		**T1 (Hz/dB)**		**A0-T1 hertz átfogás (8.-6. oszlopok eredménye)**	**A0-T1 Decibel átfogás (9.-7. oszlopok eredménye)**
1	1	2	Stow-gl4	06	59,3	-68	93,7	-62	34Hz	6dB
2	3	1	RáczB-D09-hl4	04	62,5	-74,5	106	-58	43,5	16,5
3	2	3	Man-Mo100-gl4-02	013	62	-67	100	-56	38	11
4	4	4	Man-Mo100-gl4	01	65	-74	103	-63	38	11
5	5	6	Krat-09-hl5	011	52	-67	90	-59	38	8
6	10	9	Pöl-gd5	014	62,5	-67	90	-62	27,5	5
7	7	5	RáczB-F07-hl4	07	62,5	-70	100	-58	37,5	12
8	9	-	Cav-K05-hd5	010	52	-67	96	-52	44	15
9	-	7	KisZ-09-gd5	03	68	-80	103	-67	35	13
10	6	-	KisZ-09-gd5-02	012	68	-68	103	-58	35	10
11	8	10	KisZ-010-gd5	08	56	-67	93	-63	37	4
12	-	8	KovL-38-gd4	09	68	-65	112	-59	44	6
13	-	-	Névt-Bécs100-gl4	02	59	-68	96	-57	37	11
14	11	-	ORub-56-gd4	05	65	-77	106	-67	41	10

13. táblázat A tesztben résztvevő nagybőgők lég- (A0) és fahangjainak (T1) frekvencia (6. és 8. oszlop) és hangnyomásszint (7. és 9. oszlop) értékei, illetve A0-T1 frekvencia és hangnyomásszint átfogása (10. és 11. oszlop). A táblázatban közölt negatív dB értékek a mikrofon kalibrálatlanságának következményei. A 0-hoz közelítő érték a hangosabb.

Anders Askenfelt dolgozatában[20] úgy találta, hogy egy átlagos nagybőgő első rezonanciája (A0) 65 Hz, míg az első tető módus (T1) 110 Hz környékén van. Andrew Brown dolgozatában[21] résztvevő tesztnagybőgők léghangja (A0) 67 Hz, míg fahangja (T1) 115 Hz környékén mozgott.

Az általam mért nagybőgők átlagos léghangja (6. oszlop átlaga) 61,5 Hz, fahangja (8. oszlop átlaga) 99,4 Hz volt. Az átlagos léghang egy kissé, a fahang viszont, mely a tetőlap első rezgési módusa, jelentősen mélyebben volt a fent említetteknél. Az A0 és T1 módusok frekvenciaátfogása az én kísérletemben nagyrészt 40 Hz alatt volt, míg a két kutató által vizsgált nagybőgőknél a 40-50 Hz közötti átfogás volt a jellemző. Az A0 és T1 hangnyomásszint maximumainak átfogásai (13. táblázat 11. oszlop) a saját méréseimnél széles skálán mozogtak (5-16 dB), bár kilenc nagybőgőre 10 dB, vagy

[20] Askenfelt: *Eigenmodes Dbas:* 158.

[21] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 81.

annál nagyobb átfogás volt jellemző. Anders Askenfelt mérései 10 dB környéki ideális átfogás értéket állapított meg.

A fentiek alapján kijelenthető, hogy a tesztben résztvevő hangszerek általánosan megfelelnek a jó minőségű nagybőgő kritériumának.

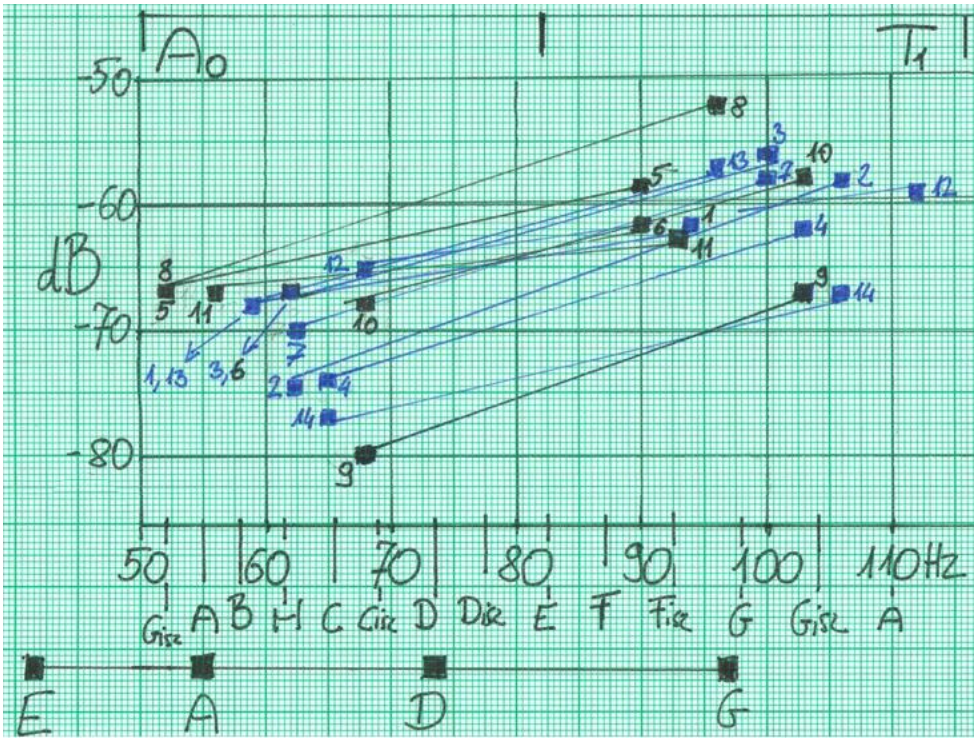
Hogy a 13. táblázat adatai árnyaltabbak és jobban kezelhetőek legyenek, két csoportba osztottam a tizennégy hangszert: négy- és öthúrosokra. A0 és T1, ez a két jól meghatározható frekvenciacsúcs szoros összefüggésben van egymással, illetve a hangszer méretével, tető- és hátlapjának vastagságával. Hogy az A0 rezonancia mély legyen, nagy korpuszra, vékony tetőre és hátra van szükség. Ez a kialakítás mély A0 frekvencia mellett – a szoros összefüggés miatt – mély T1 rezonanciát is ad.[22] Logikusnak tűnik tehát a hangszerek méretbeli szeparálása, hogy nagyjából azonos feltételek mellett legyenek az adatok kielemezve. Az öthúros nagybőgők ⅔-ának A0 és T1 frekvencia csúcsa alacsonyabb volt négyhúros társainál. A hangszíntesztben első helyezett Stow-gl4 és a 13. helyezett Névt-Bécs100-gl4 szintén mély rezgésekkel rendelkezett. A KisZ-09-gd5 hangszer kisebb korpuszméretéből adódóan magasabb A0 és T1 rezgéseket produkált. A számolást elvégezve a kisebb testű négyhúros hangszerek (nyolc nagybőgő) átlagos léghangja (A0) 63 Hz, fahangja (T1) 102 Hz volt. Az öthúros nagybőgők (hat nagybőgő) átlagos léghangja (A0) 60 Hz, fahangja (T1) 96 Hz volt.

A hangszíntesztben is résztvevő tizennégy nagybőgő 1. mérési pontban vett testspektrumai alapján a lég- és fahang kapcsolatát a következő oldalon a 21. ábra mutatja. A hangszínteszt győztes nagybőgői az 1. (Stow-gl4), 2. (RáczB-D09-hl4) és 3. (Man-Mo100-gl4-02) bőgő voltak. Az elemzés során összefüggést keresek a teszt és az akusztikai jellemzők között.

Azonos nagybőgők a 9. és 10. bőgő (KisZ-09-gd5 és KisZ-09-gd5-02), illetve az 4. és 3. bőgő (Man-Mo100-gl4 és Man-Mo100-gl4-02). Ezeket másfél év elteltével akusztikai okok miatt újra mértük. A 9. és 10. bőgőknél látható, hogy A0 és T1 frekvenciájuk nem változott, ugyanis nem történt belső változtatás a hangszeren, látványos ugyanakkor a 10. bőgő jelentős hangosodása (A0 12 dB-lel, T1 9 dB-lel), mely a tartós használat és az alapos bejátszás eredménye. A 3. bőgő – két fő rezonanciacsúcsa – A0 és T1 frekvenciája a korábbi méréshez (4. bőgő) képest azonos

[22] Askenfelt: *Eigenmodes Dbass*: 160.

méret és méretezés mellett, pusztán a hátgerendák cseréjével és elhelyezésének újragondolásával, egyaránt mélyült. A hát adottságainak megváltoztatása is befolyásolja tehát A0-t és T1-t. Mindezek mellett 7 dB-es hangnyomásszint emelkedés is megfigyelhető.



21. ábra A 4. ábrán közölt nagybőgők két rezgési módusának (A0 és T1) ábrázolása rezonancia-frekvencia és hangnyomásszint szerint. Az összetartozó A0 és T1 értékek össze vannak kötve. A vízszintes tengelyen jobbra egyre magasodik, a függőleges tengelyen felfele egyre erősödik a hang. Legalul az üres húrok helye van jelölve. A számokhoz tartózó nagybőgők a 8. ábrán láthatók.

- A jelölések a következők: kék szín: négyhúros, fekete szín: öthúros.
- A számok a 2.7 fejezet 9. táblázata alapján a *hangszínteszt rangsorát* követik.

Ha a 13. táblázatban, vagy a 21. ábrán az A0 csúcsokat megvizsgáljuk, azt látjuk, hogy a hangszerek nagy része a 60-70 Hz-es sávban mozog. Zenei nyelvre lefordítva a bezárt levegő üreghangja kontra H és nagy Cisz között található. Öt további hangszer léghangja ennél mélyebb. Ezek részletesen: három öthúros hangszer (5. Krat-09-hl5 8. Cav-K05-hd5 11. KisZ-010-gd5) és két négyhúros (1. Stow-gl4, 13. Névt-Bécs100-gl4) –melyek nagytestűek– kontra Gisz és B hang között van A0 frekvenciájuk.

Ha az első tetőmódusokat (T1) vizsgáljuk, szoros összefüggés tapasztalható A0-val, ugyanis a legmélyebb tetőfrekvenciák szintén a három öthúros nagybőgőhöz (5. 8. 11.) és a két nagytestű négyhúroshoz (1. 13.) kapcsolhatók. A 6. (Pöl-gd5) nagybőgő kis A0-T1 átfogása miatt szintén alacsony frekvenciájú T1-hez vezetett. Zeneileg kifejezve a

fahangok nagy F és G között találhatók. A többi nagybőgő – zömmel négyhúrosok – magasabb fahanggal rendelkeznek, nagy G és A közötti magassággal.

Összefoglalva elmondható, hogy az öthúros nagybőgők léghangja a 2. üres húr (kontra A), négyhúros nagybőgőké pedig a 2. (kontra A) és 3. üres húr (nagy D) között, nagy C hang körül, fahangjaik a legmagasabb üres húr (nagy G) környékén találhatók.

Kiemelendő a 12. (KovL-38-gd4) bőgő, melynek fahangja (T1) rendkívül magas volt. Könnyen érthető ez a kis testű hangszer méreteinek és hangszínének ismeretében.

Érdekes jelenséget tapasztalhatunk az 21. ábrán, mégpedig, hogy eltérő formájú és karakterű nagybőgők A0 rezgése azonos frekvenciájú és sugárzású tud lenni. Az 5. 8. az 1. 13. és a 3. 6. bőgő is ilyen. A párok egyike a hangszíntesztben igen jól szerepelt, a hallgatóknak tetszettek, míg a párok másik tagja kevésbé.[23] Hangszínbéli különbözőség az A0-T1 frekvencia átfogásában is keresendő. Míg az első és második pár négyhúros, a kisebb frekvencia átfogás az előnyösebb, addig – mivel a harmadik pár különböző felépítésű: egy négyhúros és egy öthúros bőgő – a harmadik párnál a nagy átfogás jelenti az előnyt. Az öthúros bőgő frekvencia átfogása túl kicsi.

Hangnyomásszint eloszlását nézve a 12. bőgőnek (KovL-38-gd4) volt a leghangosabb léghangja (A0), majd ezt követi a tulajdonképpeni mezőny, a nagybőgők zöme: a 1. 3. 5. 6. 8. 10. 11. 13. bőgő (Stow-gl4, Man-Mo100-gl4-02, Krat-09-hl5, Pöl-gd5, Cav-K05-hd5, KisZ-09-gd5-02, KisZ-010-gd5, Névt-Bécs100-gl4), a 7. RáczB-F07-hl4 kissé leszakadva következik. Az 2. és 4. 4 dB-lel halkabb volt ennél. A sort 9. és 14. bőgő (KisZ-09-gd5, ORub-56-gd4) zárja, ezek voltak a legkevésbé sugárzók. Míg az egyik egy új hangszer, mely másfél év bejátszás után jelentősen megerősödött (9. bőgő), addig az 14. hangszer egy idős mester hangszer. A legerősebb fahangja a 8. (Cav-K05-hd5) hangszernek volt.

A hangszínteszt eredményének fényében[24] a nagy hangnyomásszint, vagyis az erős sugárzás A0-nál és T1-nél előnyös, de nem mértékadó.

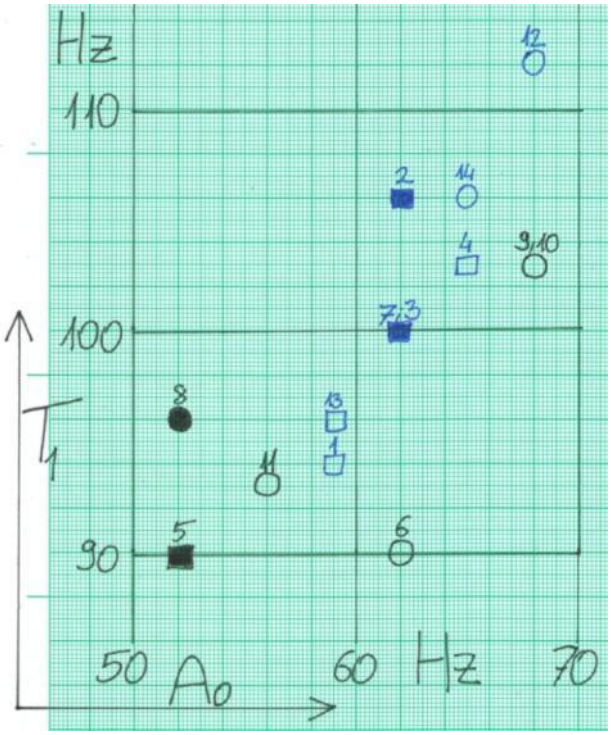
A léghangok (A0) továbbá sávosan is elemezhetők (22. ábra). Egy rezgésszámon van:

---

[23] Lásd 2.7 fejezet 9. táblázat 37. oldal

[24] Ld. előző jegyzet.

1. 5. és 8. bőgő (Krat-09-hl5, Cav-K05-hd5)
2. 1. és 13. bőgő (Stow-gl4, Névt-Bécs100-gl4)
3. 2. 3. 6. és 7. bőgő (RáczB-D09-hl4, Man-Mo100-gl4-02, Pöl-gd5, RáczB-F07-hl4)
4. 4. és 14. bőgő (Man-Mo100-gl4, ORub-56-gd4)
5. 9. 10. és 12. nagybőgő (KisZ-09-gd5, KisZ-09-gd5-02, KovL-38-gd4)



22. ábra 14 nagybőgő A0 léghangja (vízszintes tengely) és T1 fahangja (függőleges tengely) látható összesítve a frekvencia magasságok tekintetében.

- A jelölések a következők: kék szín: négyhúros, fekete szín: öthúros,
- kör: domborúhát, négyzet: laposhát,
- üres: gambaforma, teli: hegedűforma.
- A számok a 2.7 fejezet 9. táblázata alapján a *hangszínteszt rangsorát* követik.

Egyértelmű összefüggés mutatható ki a korpuszméret[25] és a léghang között az 1. 2. és 4. összehasonlítás során. Az első összehasonlításnál a két nagytestű öthúros hangszer igazolja az összefüggést, a másodikban a két nagytestű négyhúros hangszer, a negyediknél a két kisebb testű négyhúros hangszer. A test méreténél a magasság mellett az övek szélessége és a kávák szélessége is meghatározó.

[25] Ld. Függelék IV. tábla.

A 3. és 5. összehasonlítás eltérő nagybőgői azonban arra engednek következtetni, hogy a bezárt levegő mennyiségétől függetlenül más szempontok is figyelembe veendők. Az 5. összehasonlítás a legkisebb testű nagybőgőt és a kis testű öthúros bőgőt foglalja magába, melyek fő hangtulajdonsága a fényes, vékony volt. A KisZ-09-gd5-02 tulajdonságában is megmarad a kissé fényes tulajdonság. A 3. összehasonlítás négy nagybőgőt foglal magába igen eltérő jellemzőkel, melyeknek azonban egy közös léghangja (A0), eredője van.

A 8. bőgő külön áll. Nem tartozik az igazán mély A0 frekvenciájú öthúros és mély A0 hangú négyhúros hangszerekhez sem. A fahangok (T1) nagyobb szórást mutatnak a léghangoknál, nem lehet biztonsággal összefüggéseket megállapítani.

A 22. ábrán látható elrendezést tovább elemezve feltűnik, hogy egy-egy nagy egységű mezőben öt-hét nagybőgő található, míg néhány nagybőgő nem illik bele ezekbe a csoportokba. Egyfajta linearitás bontakozik ki, melyen a 6. és 12. bőgő kívül esik. Ez a kívülállás az A0 és T1 túl kicsi – Pöl-gd5, átfogás 27,5 Hz –, vagy túl nagy – KovL-38-gd4, átfogás 44 Hz – átfogásának eredménye.

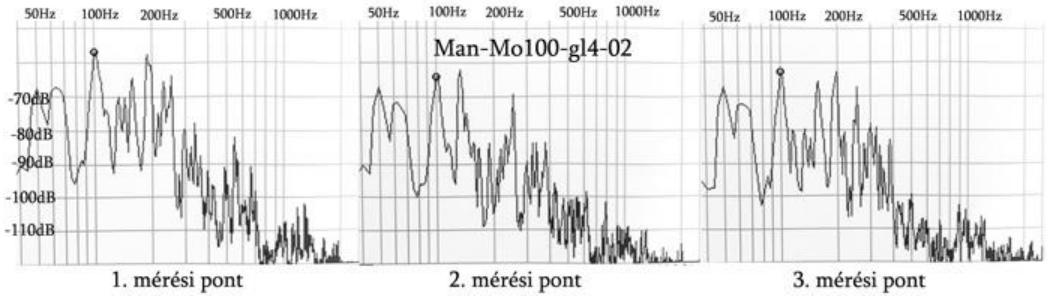
Könnyen észrevehető, hogy az öthúros nagytestű bőgők (5. 6. 8. 11.) egy területre koncentrálódnak. A kistestű öthúros nagybőgő (KisZ-09-gd5) a kistestű négyhúros bőgővel (KovL-38-gd4) mutat rokonságot. A két nagytestű négyhúros hangszer (1. 13.) szintén erős hasonlóságot és rokonságot mutat egymással. A 9. és 10. hangszer ugyanaz (KisZ-09-gd5). 2. és 14. bőgő fahangjában (T1) látható azonosság. A 3. és 7. hangszer léghangja és fahangja is azonos.

A két utóbbi példa bizonyítja, hogy ugyan fontos és könnyen mérhető a hangszerek léghangja (A0) és fahangja (T1), de a hangszínteszt dobogós hangszerei alapján még számos formáns és egyéb rezonanciacsúcs befolyásoló hatását kell ahhoz figyelembe vennünk, hogy a kérdésünkre – milyen kapcsolat van a testrezgés és a hangminőség között – pontos és kimerítő választ kapjunk.

3.6.3 A mérési pontok ráfelelési-átviteli görbéinek különbözőségei

A görbe kezdeti szakaszán található jól szeparált két fő rezonanciacsúcs – A0 és T1– alapos vizsgálata után, a teljes görbe jellegzetességeit veszem számba.

A különböző mérési pontok a 3.4.2 fejezetben láthatók,[26] melyeket azért határoztuk meg, hogy szélesebb rálátásom legyen az egyes nagybőgők testrezgéseire, s kiválasszuk az eljárás szempontjából leginkább megfelelőt. Eszerint a későbbi elemzéshez az 1. mérési pont volt a legcélszerűbb, ugyanis itt produkálta a hangszer a legmagasabb A0 és T1 csúcsokat, a 100-300 Hz-es tartomány itt volt a legkevésbé árokmentes, a magasabb frekvenciájú formánsterületek jól láthatóak voltak, és alacsony frekvencián az admittancia görbéhez hasonló tendenciákat mutattak (23. ábra). A 2. és 3. mérési pont az alsó illetve felső övben volt a gerenda oldalon. Az 1. és 3. mérési pont bár egymástól távol volt, mégis látszanak a hasonló tendenciák, bár a magasabb frekvenciák formánsait az 1. mérési pont emeli ki a legjobban. A 2. mérési pont 100-300 Hz-es tartománya széles kiterjedésű elszívódást, energiaminimumot jelez a legtöbb görbében, a formáns kiemelések is gyengék. 50 Hz-nél itt is a mérőrendszer által gerjesztett csúcs van, ez tehát a mérésektől független, külső zajtényező.

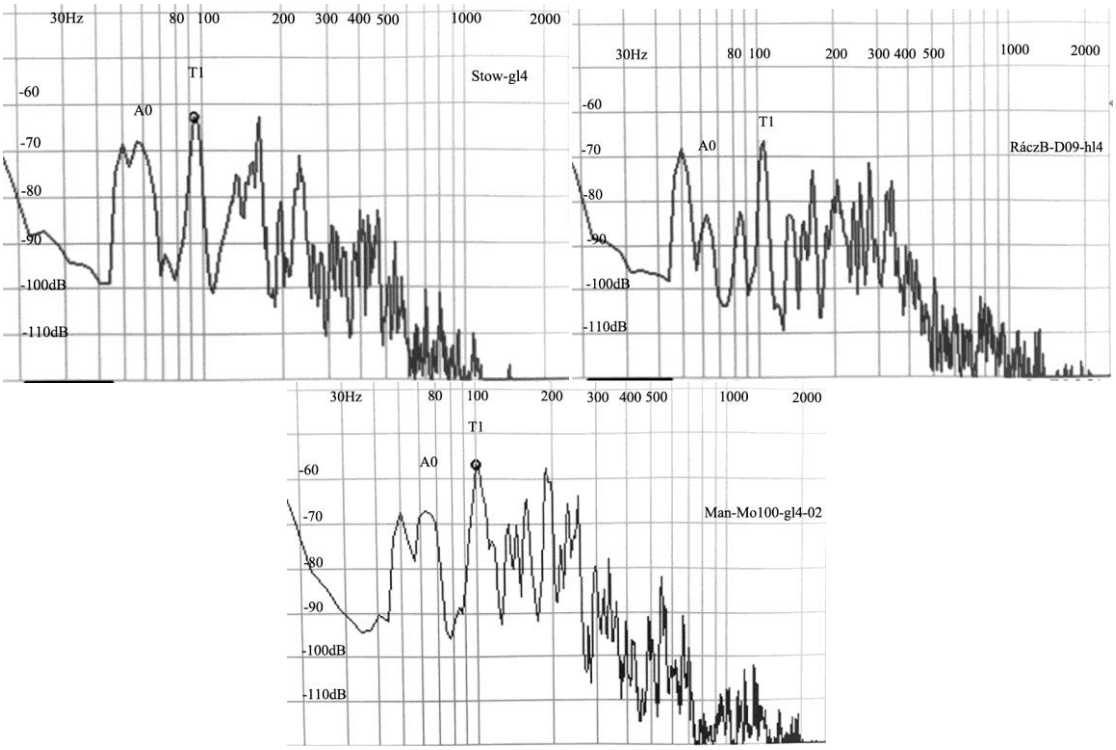


23. ábra A mérési pontok megválasztásának hatása a görbében.

Ha az érzékelőt egy adott rezgési módus csomóvonalára tesszük, akkor a rezonanciagörbén az a módus kicsi dinamikával jelenik meg, ellenben ha maximumhelyre kerül, a spektrumábrán a környezetéből kiemelkedik. Ennek köszönhetően a különböző mérési pontokban eltérő rezgésspektrumot kapunk.

[26] Ld. 18. ábra 62. oldal.

3.6.4 A ráfelelési görbe jellemzői és a hangminőség-rangsor kapcsolata



24. ábra A hangszínteszt 3 legjobb nagybőgőjének rezgési spektruma.

A 24. ábrán a hangszínteszt három legjobb nagybőgőjének ráfelelési görbéje látható. A források, a hangszínteszt eredménye és az összes mért testspektrum alapos összehasonlító vizsgálata alapján az alábbi kijelentések tehetők: Kedvező, ha a görbe legmagasabb rezonancia csúcsa T1, s innen csökkenek az értékek. Kedvező továbbá, ha 250-270 Hz-ig nagy különálló csúcsokkal tartja magát T1 szintje környékén, s utána legalább 10-15 dB-es visszaesés található, melyet egy jellegzetes formáns követ 300-380 Hz-es tartományban. Ez a domború ív jó, ha kismértékben 500 Hz környékén ismétlődik. 600-700 Hz körül 8-10 dB-es hirtelen esés van és előnyös egy kicsi ívű formáns 800-1000 Hz környékén. Ez utóbbi már kitolódhat 1000 Hz fölé attól függően, hogy melyek a hangszer jellegzetességei.

A rangsor szerinti 6. bőgőtől gyakori jelenség, hogy egy vagy több csúcs a magasabb frekvencia tartományban T1 fölé kúszik, amit a rangsor alapján nem tekinthetünk jó tulajdonságnak. Szintén a 6. bőgőtől tapasztalható, a T1 utáni 1. vagy 2. csúcsot követi egy mély, 40 dB átfogású szakadék. A jó bőgőknél ez a szakadék közvetlenül T1 után van, majd a további rezonancia csúcsok a T1 közeli sugárzás szinten maradnak.

Nem tekinthető jó tulajdonságnak, ha a csúcsok egyenletessége túl széles frekvencia tartományon keresztül megmarad. Ilyen például a 9. 10. 11. bőgő, ahol a formánsok alig láthatók a nagy csúcsoktól.[27] Kellemetlenül befolyásolja a hangszer hangszínét a magasabb frekvenciaterületek tartósan erős hangnyomásszintje, jelenléte (9. 14. nagybőgő). Szintén kellemetlen tulajdonság, ha 250-270 Hz-től a rezgés csúcsok nagy amplitúdójúak és nagyon sűrűk.[28] Nem kedvező tulajdonság és valószínűleg a vékony, nyers hangszínért felelős, ha 280-290 Hz környékén egy, a környezetéből jelentősen kiugró rezonancia csúcs található. A 400-600 Hz közötti terület erős kiemelkedése, esetleg csúcsosodása a nazális hangszín fő mutatója.[29] A 600-1000 Hz tartomány kiemelése a fényes hangszínért felelős, melynek kis kiemelése kedvező, markáns jelenlétekor inkább éles, fedett, tompa lesz a hang.[30]

Tudni kell, hogy minél szélesebb a rezonanciacsúcs, annál csillapítottabb rezgést végez a bőgő. A jelenség ellentmondásos, mert a túl konkrét rezonanciacsúcsok következménye egy kiegyenlítetlenebb hangzás lesz; egyes hangok nagyot szólnak, mások kisebbet. A túl egybefüggő testrezgés-spektrum pedig tompább hangzásra utal.

3.6.5 Lapos és domborúhátú bőgők testrezgési jellemzői

A nagybőgő legmarkánsabb formajegyének a különböző hátkiképzések tekinthetők. A lapos- és domborúhátú nagybőgők testrezgési spektrumainak elemzésekor különböző sajátosságok tapasztalhatók. Alacsony frekvencián a 100-250 Hz-es tartományban a lapos hátú nagybőgőket T1 csúcs után a kisebb amplitúdójú, alacsonyabb, de kiegyenlített hangnyomásszintű csúcsok jellemzik (lásd következő oldalon 25. ábra). Ezen a területen két negatív csúcs jellemző, rögtön a T1-et követően, 110-120 Hz körül és 180-190 Hz körül. A 250 Hz környéki kiemelkedő csúcsot követően körülbelül 15 dB-es csökkenés tapasztalható. Jól kivehetőek a 280-370 Hz és 370-490 Hz között elterülő formánsok. 500 Hz környékén újabb törés látható, majd 800 Hz körül ismét egy kis formáns fedezhető fel. Ha megrajzoljuk a nagybőgő spektrumburkolóját, szögletességet tapasztalunk.

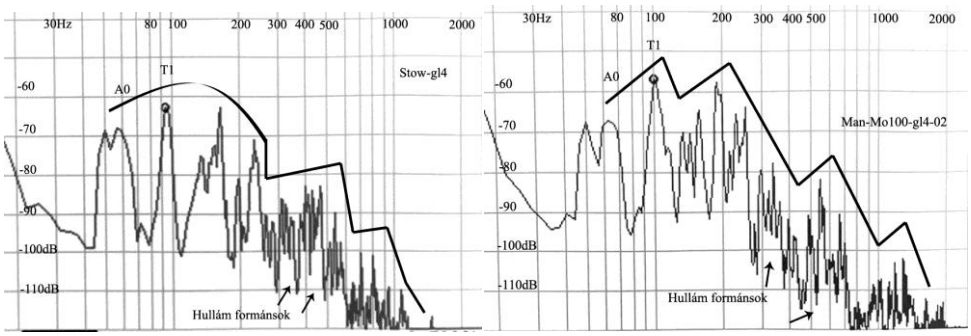
---

[27] Ld. Függelék VII. tábla.

[28] Ld. előző jegyzet.

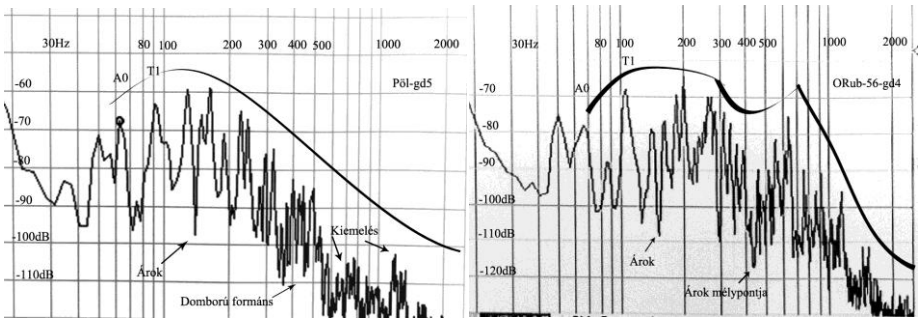
[29] Ziegenhals: *Akustik von Kontrabässen.: 207.*

[30] Ld. előző jegyzet.



25. ábra Lapos hátú nagybőgőkre jellemző rezgésspektrum-burkolók.

Domború hátú nagybőgőknél, melyek a rangsorban hátrébb foglaltak helyet, a 100-250 Hz-es tartományban sokkal inkább nagy amplitúdójú, 30-40 dB átfogású, fokozatosan ereszkedő csúcsokat figyelhetünk meg (26. ábra). 150 Hz környékén tipikus egy nagy árok. Általánosan elmondható, hogy nem T1 a legerősebben rezgő módus, a ráfelelési görbe magasabb frekvenciáján éri el maximumát. A 220-270 Hz környékén kiugró csúcsot követően fokozatos ereszkedés tapasztalható. 400 Hz-es középponttal egy 100 Hz kiterjedésű árok figyelgető meg, Ezt követi közvetlenül egy domború formáns. 1000 Hz környékén újabb domborulat következik erős csökkenés mellett. A rangsor végén elhelyezkedő bőgők spektrumában kevés formáns látható, a 400 Hz mélypontú árok jelentős. 700 Hz-nél erős kiemelés van. A rezgés a magasabb frekvenciákon is erős marad, csak 1000 Hz után csökken jelentősen.

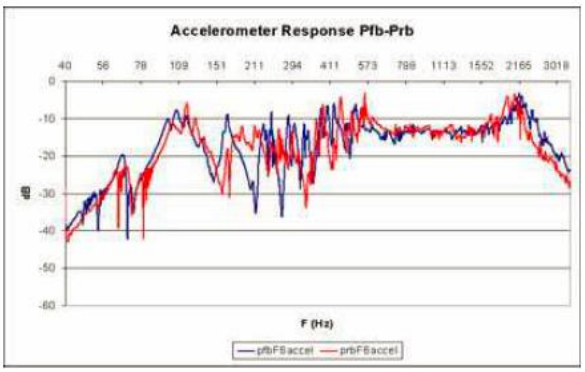


26. ábra domború hátú bőgőkre jellemző rezgésspektrum-burkolók.

Az ábrák jól szemléltetik a két hát fajta jellegzetességeit. Érdekes analógiára hívnám fel a figyelmet, miszerint a hangszíntesztben is közölt[31] domború hátra jellemző simaság, kerekség illetve a lapos hátra a darabosság, irányítottság a görbék rajzolatában is jól láthatóan visszaköszön.

[31] Ld. 2.7.4 fejezet.

A technikai eszközök hiánya nem tette lehetővé a saját bemeneti admittancia mérések elvégzését, ezért Andrew Brown dolgozatában fellelhető,[32] a nagybőgő hátak különböző kialakításainak bementi admittancia méréseit mutatja a következő ábra. A görbék vonala eltér a ráfelelési görbétől, más jellegzetességek tapasztalhatók.

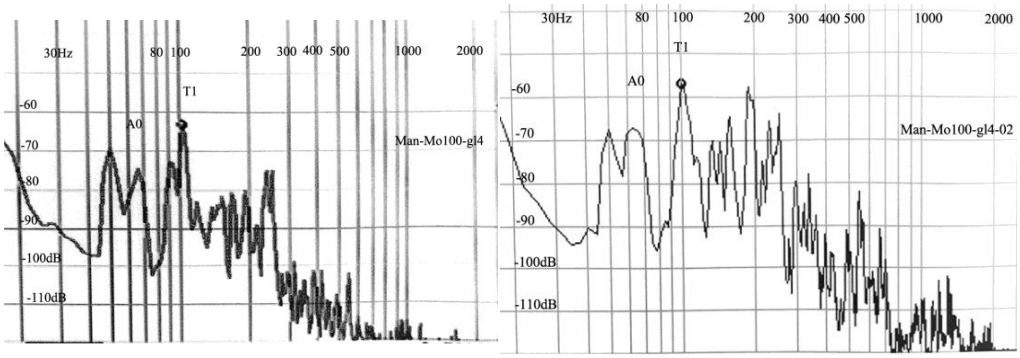


27. ábra Lapos- (kék) és domborúhátú (piros) nagybőgő bemeneti admittancia görbéje.

3.6.6 A Man-Mo100-gl4 és az átépített Man-Mo100-gl4-02 bőgők rezgésspektrum-ábráinak változásai

A hangszíntesztben elvégzett összehasonlítást a mérések alapján is elvégezhetjük (lásd következő oldalon 28. ábra). A görbék fő karakterisztikája nem változott jelentősen, néhány eltérés azonban figyelemre méltó. A0 és T1 mindamellett, hogy mélyebben van, és erősebben sugároz a második mérésnél – amikor a hátgerendákat kicserélték, és 4 helyett 3-at építettek be –, a csúcsok közti szakasz is megváltozott. 100-250 Hz között a második mérés 15 dB-es sugárzásnövekedést mutat, a csúcsok hullámzása felerősödött, szeparáltabb lett, tendenciája azonban hasonló. Szintén nagyban hasonlít a 200-300 Hz-es sávban a csúcseloszlás, erősödés és szeparáltság figyelhető meg. Ezt követően a 300-400 Hz-es tartományban a második mérésnél a formáns markáns megjelenése látható, illetve a következő formáns is erős egy 550 Hz-es csúccsal. Ez a csúcs az első mérésben is jelen van. A második mérés során markáns szeparálódás és erősebb sugárzás figyelhető meg, a formánsok határozott alakot öltenek. A hátbordák cseréje és elrendezésük megváltoztatása a spektrumban is látható változást idézett elő.

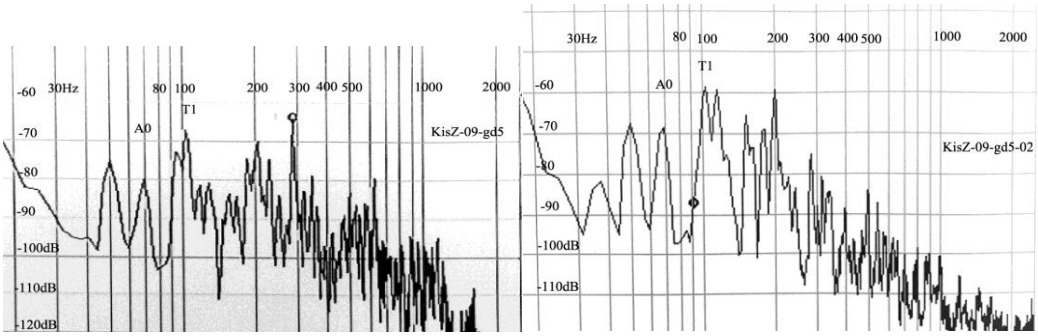
[32] Brown: *F. R.–backed Dbass.*: 79.



28. ábra Manufaktúra bőgő első és második mérése. A hát bordák cserélve lettek.

3.6.7 KisZ-09-gd5 és KisZ-09-gd5-02 bőgők rezgésspektrum-ábráinak összehasonlítása

Az állandó használat, intenzív játék, illetve a láb és a lélek helyes pontjának újbóli megválasztása a rezgésspektrumban is változást mutat. (29. ábra) Nagy vonalakban megmaradt a hasonlóság, mely mutatja, hogy azonos bőgőről van szó, például a burkolók hasonló lefutása, illetve a magas frekvenciák intenzivitása, a nagy amplitúdójú és sűrű a csúcsok. Az A0 és T1 csúcsok közötti szakasz megváltozott.. A 100-200 Hz tartományban a később mért hangszernél a csúcsok és a mélypontok jelentősen hangosodtak, az árkok mélyültek. 200 Hz-nél erős kiemelés, majd 270 Hz-nél egy nagyon gyenge mélypont látható.



29. ábra A KisZ-09-gd5 és a KisZ-09-gd5-02 bőgő test spektrumán megfigyelhető változások másfél év elteltével.

A második mérés szélsőségesebb, erőteljesebb rezgésképet mutat 300 Hz-ig. Azt követően pedig a magasabb frekvenciáknak gyengébb a sugárzása, azaz kisebb a befolyása a hangra, ez kedvező jel. Az 1200 Hz-ig erős jelenlét eltűnik, inkább kisebb formánsok tűnnek fel. Belesimult a spektrumba az első méréskor 287 Hz-nél még

nagyon erős csúcs, melyet a vékony, nyers hangszínnel azonosítottam.[33] 610 Hz-nél is belesimul a környezetébe az utóbbi görbe, nem ugrik ki, mint az első mérésnél. Ezt a területet a fényes hangszínnel azonosítottam.

A második mérés alacsony frekvencián jelentős sugárzás erősödést, szeparálódást, a magasabb frekvenciákon a kiugró csúcsok belesimulását a környezetükbe a sugárzás intenzitásának csökkenését és kisebb formánsok kialakulását mutatja.

3.7 A játszott hangok spektrumainak összehasonlítása

A hangszertest kopogásra adott rezgésválaszainak elemzése után most rátérek a játszott hangok spektrumainak tanulmányozására. A mérések előkészítéséről a fejezet elején[34] szóltam. A méréskor egy húron átlagosan 3 hang szólalt meg, ezek hangjai és felhangjai egy eredőt adtak, mely a játszott húr jellegzetes rezgésképét alkotta. Vizsgálódásaim elsősorban a két legmélyebb húrra, a szubkontra H és kontra E-húr átlagára és tercsávos[35] elrendezésére térnek ki, ugyanis itt találhatók azok a jellegzetes tényezők, melyek a nagybőgő megszólalását befolyásolják.

Ezek a területek a következők: Ha egy hangszer öthúros, de nem arra lett a test méretezve, nem fog jól szólni, erre keresek példát a görbében. Ha az ötödik, kontra H húr erősen szól, az E-húr hajlamos befulladni, ennek nyomait is keresem. A hangszínteszt tanúsága szerint sok nagybőgő kiegyenlített hangzással bírt, volt azonban néhány eltérés a mély illetve a magas regiszter felé. A többi húr átlagának jellemzőit is meghatározom.

3.7.1 Szubkontra H-húrok spektrumainak összehasonlítása

A legmélyebb húr a szubkontra H-húr, kifejezetten zenekarban, kamarazenekarban használják, a cselló szólam megtámasztására, szólóművekben nem fordul elő. Erősebb felépítésű hangszertestet, íveltebb lábat, szélesebb fogólapot, vastagabb nyakat igényel. Joggal merül fel a kérdés: vajon nem a hangerő, hangszín kárára történik-e mindez. A jó méretezés szerencsére megtartja a kívánatos tulajdonságokat, bár játszani egy ilyen

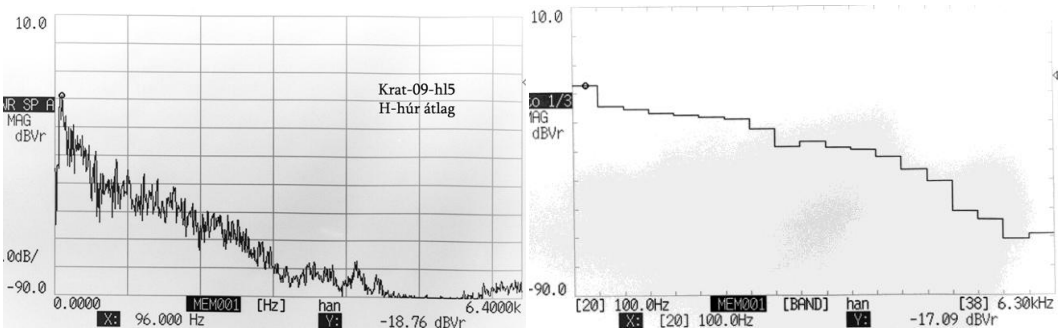
---

[33] Szintén a vékony hangszín jellemzi még a 3.6.2 fejezet 71. oldalon látható 5. csoportba beosztott KovL-38-gd4 hangszert is.

[34] Ld. 3.4.3 fejezet.

[35] A tercsávos mérés lényege, hogy a műszer egy program segítségével a spektrumábra egy-egy tercsávba eső hangjainak hangnyomásszintjeit összegzi, és ezt ábrázolja átlagspektrumként.

hangszeren kétségkívül embert próbáló feladat, mind fizikailag, mind játéktechnikailag. Az öthúros bőgők H-húrjának átlag spektrumain a hangszínteszt rangsora szerint végigtekintve[36] egy enyhe ívelésű, viszonylag egyenletes lejtésű görbét látunk.



30. ábra A Krat-09-hl5 H-húrjának átlagspektruma, és e spektrum tercsávos megfelelője.

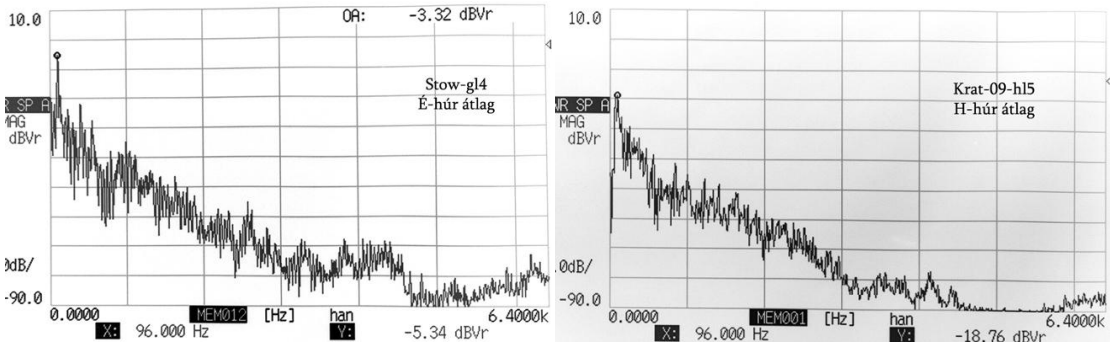
Három szélesebb formáns van csak, ami említésre méltó, és az összes görbében jelen van, ezek a 600-900 Hz, 2000 Hz környéke, és 4200 Hz környéke. A tercsávos elrendezés újabb perspektívából mutatja meg a görbét (30. ábra jobboldali kép). A tercsávok 100 Hz-től indulnak, ezért a 100 Hz alatti hangok hiányoznak. Az 5. helyezett Krat-09-hl5 görbéje szinte teljesen sima. Az őt követő nagybőgők görbéi egyre nagyobb szeparálódást és töréseket, hangnyomásszint különbségeket mutatnak. Habár a fent említett bőgő az egyetlen lapos hátú öthúros nagybőgő, mégis a legmélyebb húr spektruma mutatja a legteljesebb egyenletességet. Három nagybőgő legmagasabb hangnyomásszintje 64 Hz-nél volt, mely a H alaphanghoz képest (30,8 Hz) egy nona hangköz. Rövid lecsengésű, viszonylag felhangszegény nagybőgők a Pöl-gd5, a Cav-K05-hd5 és a KisZ-09-gd5, előbbieknél 4,5 kHz-nél, utóbbinál már 3 kHz-nél 70 dB-t esik rezgés ereje. A KisZ-09-gd5 kis erejű sugárzását nem lehet ennek tekinteni, mert ennek a hangszernek a második mérés során tapasztalható nagy erejű fejlődése a kis hangszertest ellenére jó sugárzóvá vált. A spektrumokból nem fedezhető fel a tipikus öthúros alkalmatlanság – a túl gyenge sugárzás – jegye. Mindegyik nagybőgő megfelelően volt méretezve.

3.7.2 Kontra E-húrok spektrumainak összehasonlítása

A nagybőgőnél a kontra E-húr a hangszer hangjának egyik sarkalatos pontja. A legelterjedtebb – négyhúros – bőgő típus legmélyebb, az öthúros változatok második legmélyebb húrja, melyet az ötödik könnyen elfed. A hangszerre jellemző buller is az E-húron, *Gisz* környékén jelentkezik gyakran.

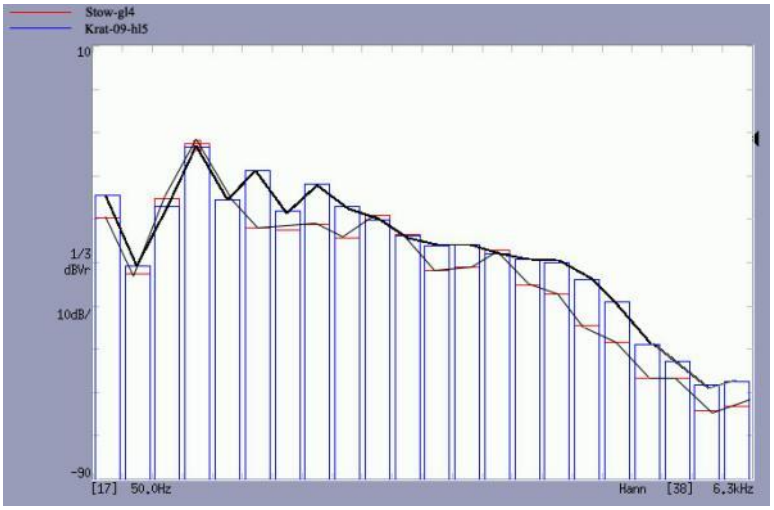
[36] Az spektrum görbéket és annak tercsávos elrendezéseit ld. Függelék VIII. a. és VIII. b. fejezet.

A négyhúros és öthúros hangszerek E-húrjai spektrumainak összehasonlításakor szembetűnő általános jelenség volt, hogy a jó négyhúrosok spektruma a teljes mért sávban sűrű és nagy amplitúdójú volt kisebb formánsokkal, az öthúrosoké kisebb amplitúdójú és szeparáltabb, karakteresebb formánsokkal (31. ábra). Ez összefüggésben állhat azzal, hogy a négyhúrosoknál az E-húr szabadon rezeg, míg az öthúrosnál a szubkontra H-húrt is kényszerrezgésbe kell hozni, s ennek kioltó hatása csillapítja a sajátrezgést. 96-100 Hz környékén a legerősebb sugárzású csúcs jó, ha magasan kiugrik a többi csúcsból (minimum 7 dB-lel). Az spektrumburkolóra jellemző, hogy a 700-1000 Hz közötti területen negatív formáns található. 4000 Hz felett egy szép, széles kiemelés látható.



31. ábra E-húr átlagspektrumok egy négyhúros (Stow-gl4) és egy öthúros (Krat-09-hl5) nagybőgőn.

Tercsávos elrendezésben a hasonlóságok illetve különbözőségek szépen láthatóvá válnak. A négy illetve öthúros bőgők E-húr átlagának különbsége a görbe kezdeti szakaszán látható (32. ábra).

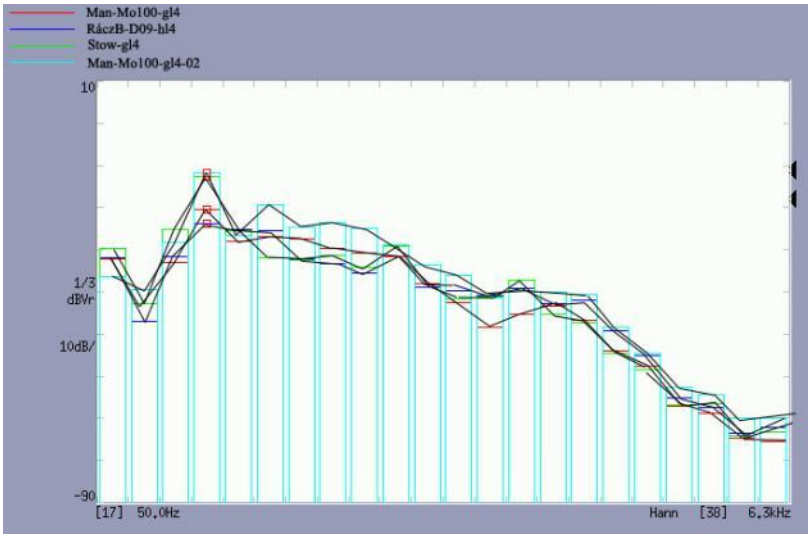


32. ábra A legjobb négyhúros és öthúros nagybőgő E-húrja tercsáv elrendezésének görbéi. A görbék a hasábok azonos színű vízszintes szintjeit kötik össze.

A legjobb négyhúros illetve öthúros bőgő összehasonlításakor (32. ábra) azt vártam, hogy az ötödik húr jelenléte és kényszerrezgetése miatt, az öthúros hangszerek

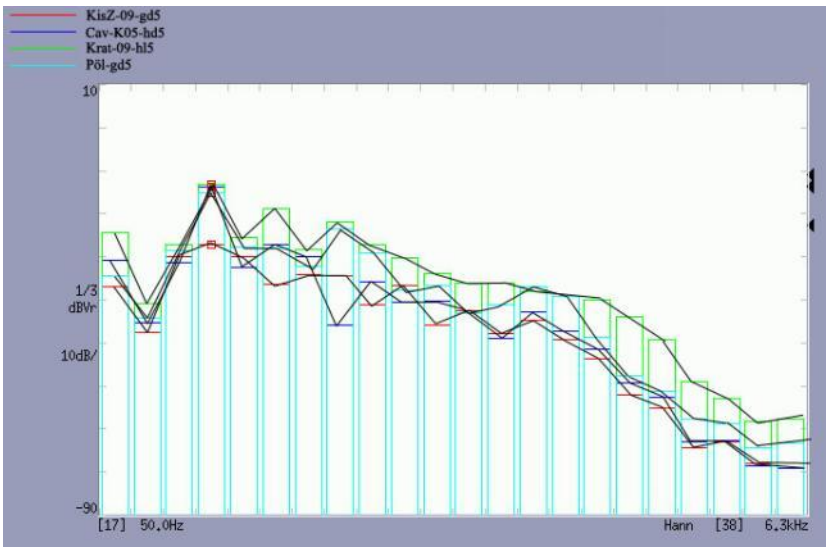
E-húrjánál általánosan tapasztalható lesz a befulladás, vagy a sugárzás visszaesésének jelensége. Erre azonban nem került sor. A várthoz képest az a meglepetésszerű eredmény született, hogy az öthúros Krat-05-hl5 bőgő szinte végig erősebb hangnyomásszintet produkált négyhúros Stow-gl4 társánál, habár az is nagyhangú és nagytestű volt. Amikor a többi nagybőgőn is elvégeztem az összehasonlítást, kiderült, hogy általában körülbelül egy hangnyomásszinten van a két eltérő típusú hangszer, a vizsgált hat öthúros nagybőgő közül csupán két hangszeren jelentkezett a befulladás.

A legjobb négy négyhúros hangszer tercsávos elrendezését összegező 33. ábra a 4. tercsáv – 100 Hz – kiemelését követően kiegyenlített terület következik, a 10. tercsávnál, 400Hz környékén enyhe kiemeléssel, majd újabb kiegyenlített terület 1000 Hz felett – 14. tercsávot követően –kisebb csúccsal. Ezt követi az öthúrosnál meredekebb ívű lefelé ívelő szakasz. A lefelé ívelő szakasz a négyhúrosnál később következik be.



33. ábra A ranglista szerinti négy legjobb *négyhúros* nagybőgő E-húrja tercsávos elrendezésének görbéi. A görbék a hasábok azonos színű vízszintes hangnyomásszintjeit kötik össze.

Az öthúros bőgők tercsávos elrendezésének tanulmányozásakor (lásd következő oldalon 34. ábra) látható, hogy meredek emelkedéssel kezdődik a görbe, 1000Hz-ig (14. tercsáv) több csúccsal és nagyobb szeparáltsággal, fokozatosan ereszkedik, s ezután le a görbe íve.



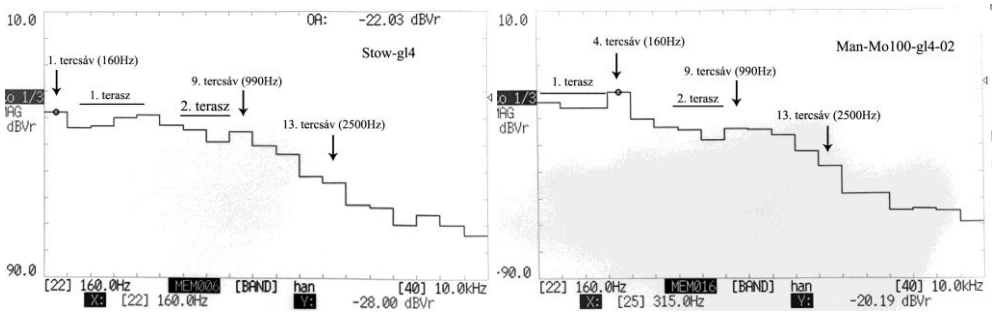
34. ábra A ranglista szerinti négy legjobb *öthúros* nagybőgő E-húrja tercsávos elrendezésének görbéi. A görbék a hasábok azonos színű vízszintes szintjeit kötik össze.

A 34. ábrán jelentős eltérést mutat a 8. illetve a 13. tercsáv hangnyomásszintje 250 és 800 Hz környékén. Ezeken a területeken kiemelés helyett sugárzás veszteség lép fel, melyet a sötétkék színnel jelölt Cav-K05-hd5 bőgő, és az ábrán nem látható KisZ-010-gd5 hangszer erőteljesen produkál. A Cav-K05-hd5 bőgő 8. tercsáv – 250 Hz – hangnyomásszintje 15 dB-lel csökken hirtelen a környezetéhez képest, a 13. tercsáv – 800 Hz – sugárzása 7 dB-t csökken. Hangnyomásszint eséseket mutat még az ábrán pirossal jelölt KisZ-09-gd5 bőgő, azonban itt a 9. 11. és 13. tercsáv mutat csupán kisebb – 6-8 dB-es – hangnyomásszint csökkenést. Valószínű, hogy ezen területek gyenge sugárzása az E-húr hangjaiban hangerő csökkenést, és interferenciára való nagyobb hajlamot mutat, mely a tipikus befulladásra utaló jel lehet. Szintén erre utal a 3.9 fejezetben tárgyalt dinamikai átfogás táblázat is. A gyakorlatban ez úgy mutatkozik meg, hogy az E-húron a hangok megszólaltatása nehézkessé válik. Ez inkább érezhető, mint hallható. A Cav-K05-hd5 hangnyomásszint ingadozása ezzel szemben feltehetőleg kiterjedt farkashang jelenlétét sejteti. Már a hangszíntesztben jeleztem a Cav-K05-hd5 bőgőnél – bár a hangfelvételen nem volt különösebben hallható –, hogy játszáskor erős fortyogó hang is keletkezett. A KisZ-010-gd5 hangszer játszásakor szintén felmerült ez a probléma. Ennek okait tovább vizsgálom a 3.8 fejezetben. Egyéb jellegzetességet nem találtam.

3.7.3 Kontra A-húrok spektrumainak összehasonlítása

A gyakorlatból ítélve, a H-húr befolyása a többi húrra az E-húron kívül nagyon csekély, ezért a továbbiakban a négy- és öthúros hangszerek húrjainak átlagspektrumait illetve tercsávos elrendezését egyben vizsgálom, megadva a húron megszólaló hangok által keletkezett spektrum általános jellemzőit.

A kontra A-húr kicsit magasabb fekvése miatt a mérési spektrumot kiterjesztettem 10kHz-ig. Ezen túlmenően nincs jelentős változás a görbében, mintázata rendkívüli módon hasonlít az E-húr görbéjére, illetve a hangszerre jellemző specifikusságok is hűen tükröződnek.[37] A tercsávos elrendeződések összehasonlítása nagyobb betekintést enged az alacsony frekvenciák különbségeinek feltárására (35. ábra)



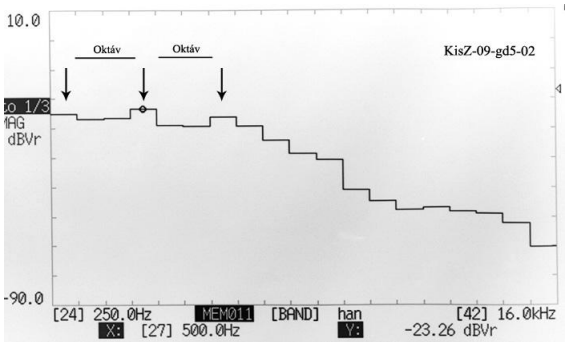
35. ábra Nagybőgők A-húrja tercsáv elrendeződésének sajátosságai.

A hangszínteszt első öt helyezettjének hangnyomásszintje az első vagy a negyedik tercsávban volt a legerősebb, 160 Hz és 320 Hz környékén, melyek egy oktáv hangközt fednek le. A ranglista második felében a legerősebb rezgés a harmadik, majd a második tercsávba kerül át. Az első négy helyezettnél és majd a 7. helyet követően is a 9. tercsáv után kezdődik meg a hang intenzitásának fokozatos csökkenése. A 13. tercsávnál tapasztalható egy nagyobb esés. A mintázatra általánosan jellemző a két teraszos elrendezés. Kivétel ez alól az 5. 11. és 14. bőgő, mely két öthúros és a leggyengébb négyhúros. A mintázatok egyébiránt különbözőek, több hasonlóság nem volt látható.

[37] Ld. Függelék VIII. e. és VIII. f. tábla.

3.7.4 Nagy D-húrok spektrumainak összehasonlítása

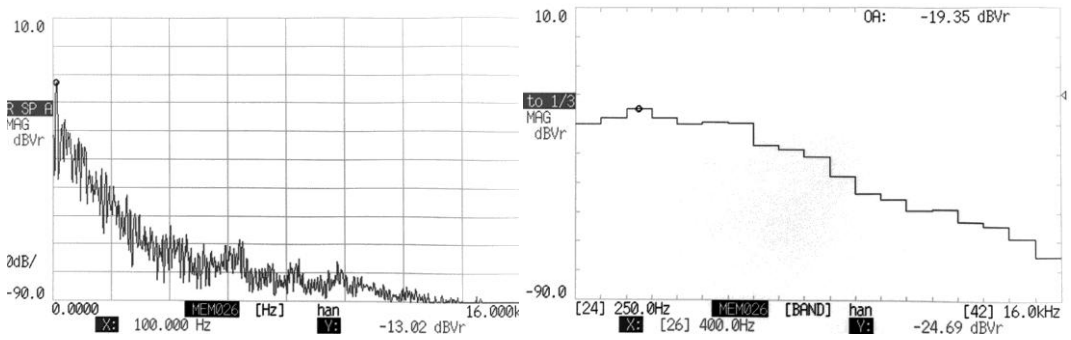
A nagy D-húrok spektrumainak összehasonlításakor azok lefutási képe ragadja meg először a vizsgálódó tekintetét.[38] 4000 Hz-ig meredeken esik formánsokkal tarkítva, ezt követően kis szögben éri el a -90 dB-es sugárzási szintet. Hogy ne vesszen el információ, a mérési tartomány 16kHz-ig lett kiszélesítve. Fontos formánsok vannak jelen 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz és 6000 Hz környékén. Nem ritka még 8000 Hz és 10000 Hz környékén sem egy-egy kiterjedt kiemelés. A tercsávos elrendezés első sávja a 250 Hz-es tartományban kezdődik. A szinteket vizsgálva a 3. és a 7. tercsáv emelkedik ki a leggyakrabban, 400 Hz és 1000 Hz környékén, melyek, mint kisebb púpok láthatók. A 10. bőgő (KisZ-09-gd5-02) érdekessége a periodikusság. Az 1. 4. és 7. tercsáv emelődik ki a legjobban, melyek egymás oktávjai. (36. ábra)



36. ábra KisZ-09-gd5-02 nagybőgő D-húrja tercsávos elrendezése. Az 1. 4. és 7 tercsáv egymás oktávjai.

3.7.5 Nagy G-húrok spektrumainak összehasonlítása

A legfelső, nagy G-húr játszott hangjai ketté lettek bontva. Egy a zenekarban általában használatos magasságig, kis d-ig, és egy a szóló magasságban egyvonalas d-ig. Így egy húron belül külön vizsgálható a kétféle szerep. Először kis d-ig vizsgáltuk meg a spektrumokat, illetve a tercsávokat (37. ábra).

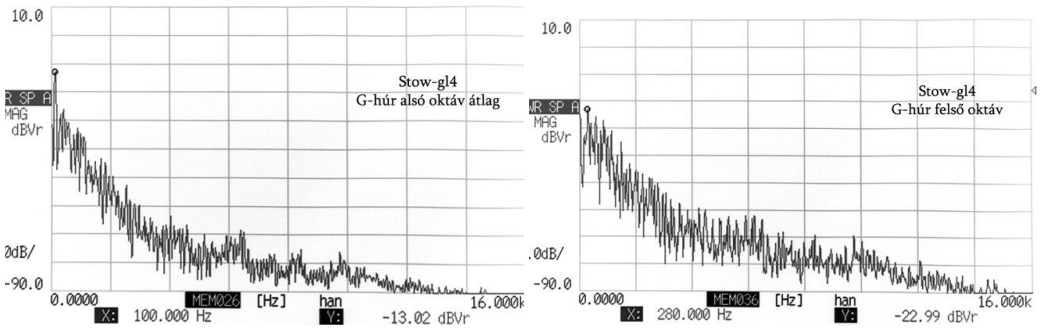


37. ábra A Stow-gl4 hangszer G-húrja kis d-ig átlag spektruma és tercsávos elrendezése.

[38] Ld. Függelék VIII. g. tábla.

A G-húrok hangnyomása kissé nagyobb a D-húrénál. 1000 Hz és 2000 Hz-nél formáns terület figyelhető meg. A spektrum burkoló enyhébb lefutású, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz és 10000 Hz-nél is kiemelkedések láthatók. A 3. és 6. tercsáv kiemelkedése fontos. A tercsávok sokáig tartják a hangnyomásszintet, kiegyenlített területek vannak 7-10. tercsávig (2000 Hz). Utána kezdődik az ereszkedés. Az utolsó tercsávokat megelőzően ismét sík terület alakul ki 2-3 tercsávon át.[39]

A felső oktáv görbéi általánosságban sűrűbb és nagyobb spektrumokból alakult ki, meglepetésre igen magas hangnyomásszinttel. Azt gondolnánk, hogy a mély regiszterre optimalizált hangszer, a felső oktávban gyengén sugárzó lesz, azonban a görbék ennek ellenkezőjét mutatják. Megmarad a jó sugárzásuk (38. ábra)



38. ábra A Stow-gl4 nagybőgő G-húrja alsó és felső oktávjának spektruma. Látható, hogy a felső oktáv hangnyomásszintje nem marad el az alsó oktáv szintjétől. A felső oktáv rezgésgörbéje sűrűbb és nagyobb spektrumokból áll.

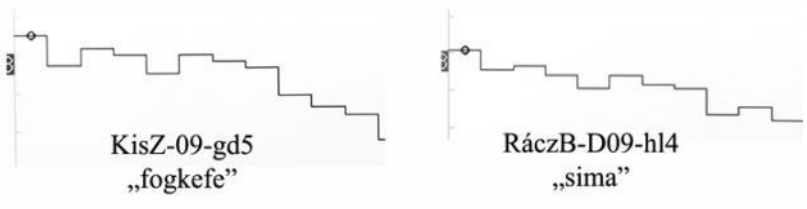
Legmagasabb hangnyomásszint-csúcs tekintetében azonban már kissé elmarad az alsó oktávtól. Kedvező volt ugyanakkor, ha ez a csúcs nem emelkedik ki túlságosan a környezetéből.[40] Ezek a sajátosságok viszont nem határozták meg a hang erejét és színét.

A felső oktáv tercsávjainak elrendeződésében nehéz volt rendszert találni. A tercsávokat szemügyre véve két csoportra lehetett osztani a hangszereket, úgynevezett *fogkefe* és *sima* csoportra. Ezek a jellemzők az első 6-8 tercsávban jelentkeztek. Az első tercsáv a 250 Hz-es tartományban volt.[41]

[39] Ld. Függelék VIII. i. és j. tábla.

[40] Ld. Függelék VIII. k. tábla.

[41] Ld. Függelék VIII. l. tábla.



39. ábra A nagy G-húr kis d-től ’d oktávjának tercsávos elrendezés részlete. A képen a kezdeti szakasz két különböző jellegzetessége látható: a fogkefe és a sima

- A *fogkefe* csoportba a következő nagybőgők kerültek: KisZ-09-gd5, KisZ-09-gd5-02, KisZ-010-gd5, Névt-Bécs100-gl4, ORub-56-gd4, Man-Mo100-gl4-02.
- A *sima* csoportba pedig ezek a hangszerek: Stow-gl4, RáczB-D09-hl4, Man-Mo100-gl4, Krat-09-hl5, Pöl-gd5, RáczB-F07-hl4, Cav-K05-hd5.

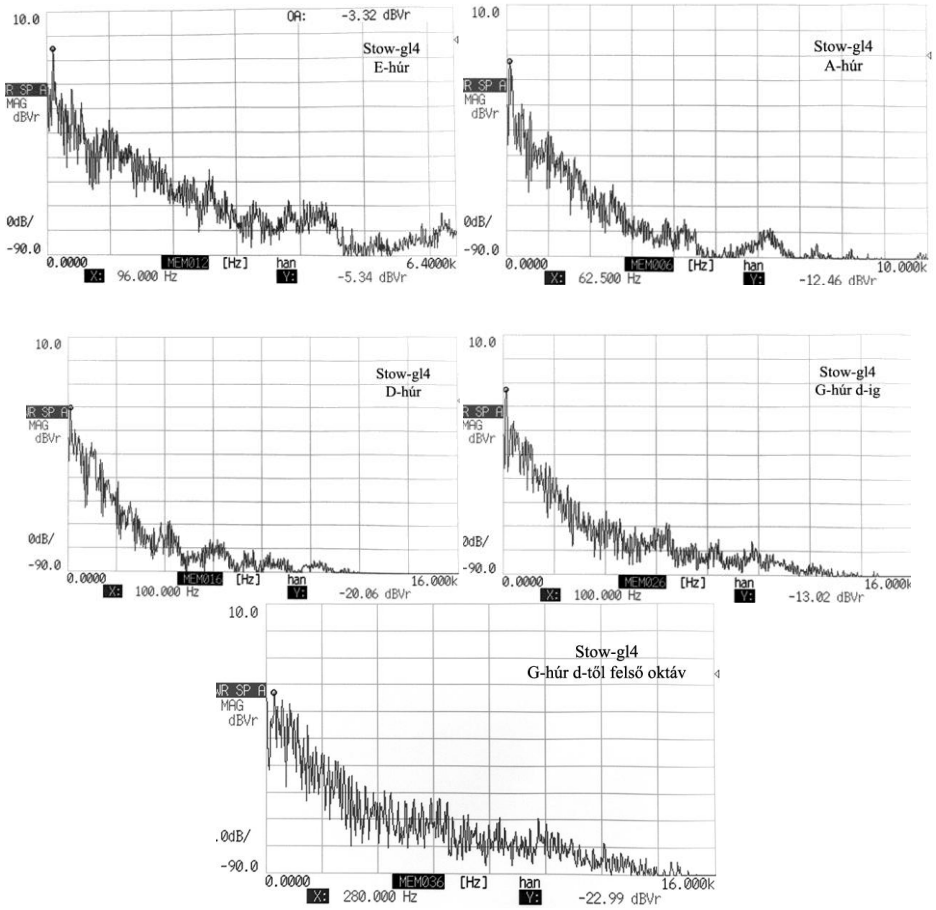
Elvétve ugyan van hasonlóság a két csoport között, határozott különbség azonban, hogy a fogkefe csoportnak legalább két, 5 dB hangnyomásszint különbségű tercsávja van egymáshoz közel. A sima csoportban előfordulhatnak kisebb egyenetlenségek, illetve csúcspont, azonban ez nem befolyásolja a kategóriát. A test méretei okán a hangok nehéz hozzáférhetősége miatt az öthúros hangszerek kevéssé játszhatók a felső tartományban, ezért nem számítottak. A hangszínteszt eredményének tekintetében a felső oktávon leginkább játékra alkalmas hangszerek a *sima* csoportból kikerülő négyhúros hangszerek lettek. A felső oktávon jó kritériumnak a kiegyenlítettség felelt meg.

A sima csoportba tartozó négyhúros hangszerek egyértelműen lapos hátú hangszerek, azonban ez nem mond ellent 2.9.3 fejezetben leírtaknak. Ebben én a kisebb testű, domború hátú nagybőgőt javasoltam szóló játékra. A domború hát 140 Hz feletti kisebb irányítottsága indukálta ezt a javaslatot. Az itt vizsgált tercsáv tartomány azonban 250 Hz-nél kezdődik –tehát az az alatti részt nem tudtuk mérni – és magasan az ott vizsgált tartomány fölé ível. Az, hogy a fogkefe csoport nagy része domború hátú nagybőgő, nem azt jelenti, hogy nem alkalmas szóló játékra, hanem hogy a vizsgált kis testű domború hátú nagybőgők rosszul szerepeltek a hangszíntesztben, s ezt támasztja alá a most elvégzett elemzés is.

3.7.6 Egy konkrét hangszer átlagspektrumának elemzése

Talán a legcélszerűbb az első helyezett Stow-gl4 hangszeren keresztül végigvezetni a húronkénti azonosságokat és változásokat. A magasabb húrokat az intenzívebb felhangtartomány láthatósága érdekében egyre szélesebb frekvenciatartományban

ábrázoltuk. Míg az E-húr felhangjai csupán 6.4 kHz-ig futnak fel, addig ez az érték a G-húrnál már 16 kHz. Az első kép a legmélyebb húr (lásd következő. oldalon 40. ábra). A legmagasabb frekvencia csúcs hangnyomásszintje a legmélyebb húron a legerősebb.[42] A 40. ábrán látszik, hogy a bőgő általános hangkaraktere az összes húron jelentkezik. Az E-húron látható 1000 Hz-nél ellenív, 2500 Hz-nél jellegzetes hullámforma, a 4000 Hz körüli kiemelés, és a 6000 Hz környéki kiemelés az összes húron fellelhetők. Az A-húr alaphangjának hangnyomásszintje 7 dB-lel elmarad az E-húrétól. Az 500 Hz körüli kiemelés 10 dB-lel alacsonyabb, 1500 Hz körül A-húron jelentős árok található. A D-húron 15 dB-es visszaesés tapasztalható E-húrhoz képest az alaphang csúcsában. 1200 Hz-nél csak a D-húrra jellemző szép formáns látható. A G-húr ismét kellően intenzív, míg a felső oktáv a többi húrhoz képest gyengébben sugároz, azonban a rezgések igen széles és sűrű mintázatot mutatnak.



40. ábra A Stow-gl4 hangszer húrjainak átlaggörbéi hangnyomásszint és frekvenciacsúcs viszonylatában.

[42] A dB érték az ábra jobb alsó terültén látható. Az érték minél közelebb van 0-hoz, annál hangosabb.

A nagybőgő – mint láthatjuk – mély hangokra optimalizált hangszer, a mély frekvenciákon sugároz jól. Az öthúros bőgőkön az ötödik húr úgynevezett parazita jelensége csupán két hangszeren jelentkezett, és jól behatárolható volt. Az adott húrok átlagának tercsávos elrendezésekor nem a felhangrendszer várt konszonáns támogató akkordjai voltak a legerősebb tercsávok, hanem a nona, tritonusz, hangközök, melyek távolabbi felhangok. Erre a jelenségre nem született még konkrét magyarázat. A G-húr felső oktávjában a hangszíntesszttel egységben a simább görbéjű négyhúros nagybőgők teljesítettek jól.

3.8 A farkashang vagy buller jelensége a nagybőgő egyes hangjainál

A farkashang minden vonós hangszernél kisebb-nagyobb mértékben előforduló bizonyos hangokra kiterjedő kellemetlen, lebegő hangélményű akusztikai jelenség. A XIX. század utolsó harmadában Paul Otto Apian-Bennewitz tanár és szervező *A hegedűépítés alapismeretei* című kimerítő művében a vonós hangszereket sújtó farkashangról vagy más néven bullerről így ír:[43]

> Gyakran a gerendának különösen előnyös befolyása van az úgynevezett „farkashangokra" (zörgő, rosszul megszólaló hangok) a G húr felső fekvésében a hegedűnél és a csellónál. Az ilyen hangok keletkezésének okaira hiányoznak még a tudományos magyarázatok. Ezek a zörgő hangok sok esetben a tetőlemez nem megfelelő vastagsága miatt a pofarészeken keletkeznek. Egy további kísérlet az ilyen farkashangok magyarázatára abból indult ki, hogy a megrövidített G és D húrok rezgéstávolsága a magasabb fekvésekben történő játéknál túl csekély, ami nagyon vékony tetőlemez vastagságnál és rövid gerendánál már nem képes a tetőn hasonló rezgéseket létrehozni, úgyhogy az interferencia-jelenségek a hanghatást gyors, egymást követő időegységekben emelték fel, és így keletkeztek ezek a sajátos hangok.

Röviden megfogalmazva, magas fekvésekben a húrok megrövidülése, vékony tetőlemezzel és rövid gerendával párosulva okozhatja a farkashangot. Ez a magyarázat azonban nem elég pontos a jelenség ismertetésére. A XX. század első harmadában Karl Fuhr professzor Felix Savart nyomán tovább kutatva igen kiterjedt akusztikai vizsgálatokat végzett vonós hangszereken, elsősorban hegedűkön, melynek eredményeit *A hegedű akusztikai rejtélyei* című könyvében adta közre. Ennek lényege az volt, hogy a hangszertest minden területének, vagyis részének meghatározta az összeszerelt állapot előtti és utáni önhangját, majd a változásokat rendszerezte, elemezte, és fontos

[43] Bennewitz*: A hegedűépítés alapismeretei: 87.*

következtetéseket vont le a jó hegedű kritériumaira vonatkozóan. Az ötlet kiváló volt, az akusztikusok egy része a mai napig hasonló elvek mentén dolgozik, azonban nem lehet hivatkozásként tekinteni a műre, ugyanis csupán a tapasztalatait rendszerezte a szerző, sok a feltételezés, bizonyítékai hiányosak. A farkashangról vallott nézetei azonban közel vannak az igazsághoz:[44]

> A fortyogás, illetve a farkashang veszélye áll fenn, ha a fa önhangja túl egyoldalúan van kiképezve, és más önhangokban nem talál ellensúlyt. A hang akkor túl nagy rezgésfelerősödést talál, amely különösen rövidebb, vastag, rezgő húrdaraboknál végzetes lesz és - ahogy látni fogjuk - zavarni fogja a húrhang és a lemezek rezgésjelensége közötti egyensúlyt. Ez tehát elsősorban a két mélyebb húr középső és magasabb fekvésében fog előfordulni. […] Egy egyoldalúan kialakult önhang játékánál a tető nagyobb rázkódásra lesz ösztökélve, vagyis megnagyobbodnak a rezgéskitérések. A rezgő húr rövidebb darabja, amely vastagsága miatt már egyébként is kisebb rezgőképességgel rendelkezik, azért nem képes a húrlábat olyan szapora, a tető rezgéseinek megfelelő ingásokra ösztönözni. Tehát egyensúlyzavar következik be a húrrezgés, a húrlábingás és a lemeznek a rezgéshatás által túlzottan felerősödött rezgései között. Ez a zavar szabálytalan, kihagyásos rezgésekben nyilatkozik meg, vagyis a hang fortyogását és zörgését okozza.

Pap János *A hangszerakusztika alapjai* című szakkönyvében a farkashangról így ír:[45]

> A farkashang egy tipikus csatolási „végtermék”. Amikor a húrrezgés frekvenciája megközelíti valamelyik erős testrezonanciát, a láb elszívja a megfelelő húrrezgés fenntartásához szükséges energiát, a húrt azonban a vonó tovább gerjeszti, a hangszertest ismét rezgésbe jön…

Gunter Ziegenhals *Akustik und Geometrie von Kontrabässen* című beszámolójában korrekt megállapításokat tesz a farkashangra vonatkozóan:[46]

> Konstrukciós hibaként a vonós hangszerekben farkashangok tűnhetnek fel. Ez az állapot akkor keletkezik, amikor a korpusz és a húr (a játszott hang) sajátfrekvenciája nagyon közel fekszik egymáshoz. Ez a két szomszédos rezonancia erősen csatolt rendszeréből keletkezik. E között a rezonanciák között az energia ide-oda áramlik, úgyhogy egy instabil, lebegő hang keletkezik.

---

[44] Prof. Dr. Karl Fuhr: *A hegedű akusztikai rejtélyei.* (Budapest, 2009) (Kézirat) 111-112. [eredeti megjelenés: Prof. Dr. Karl Fuhr: *Die akustischen Rätsel der Geige.* (Leipzig: Carl Merseburger, 1926:)]

[45] Pap: *Hangszerakusztika:* 132.

[46] Ziegenhals: *Akustik von Kontrabässen:* 201.

Martin Schleske internetes portálján[47] – talán a legpontosabban – ekként ír a farkashang keletkezésének okáról:

> A farkashang megjelenésének oka a korpusz nagy dinamikus mozgékonysága rezonanciájának rezgetésekor. A fő korpuszrezonanciában a húrrezgés több energiát von el, mint amennyit a vonó vissza tud táplálni. Az erős korpuszrezgés ezáltal úgy megzavarja a húrrezgést, hogy az összeomlik. Mivel a vonó folyamatosan tovább húzódik, a húrrezgés ismét felépül. Ez azonban ismét serkenti a korpusz rezonanciát, mely rezonancia ismét felgerjeszti magát oly erős rezgés amplitúdóra (amely a lábon keresztül a húrokra visszahat), hogy a húr rezgése ismét összeomlik. A rezgésfelépülés és összeomlás állandó váltakozása –amely 7-10-szer ismétlődik egy másodperc alatt– a farkashang akusztikai háttere.

Láthatjuk, hogy ezt a problémakört régóta vizsgálják, s igen sokféle okfejtés alakult ki. Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a farkashang okozója a húrok és a hangszertest rezonanciái közti túl szoros csatolás. A jelenség a nagybőgőn a két alsó húron, a kontra és a nagy oktávban a *g-gisz/asz* hangok között figyelhető meg. Ezek elhelyezkedése az E-húron első fekvésben, illetve A-húron az V/VI. köztes fekvésben található. Ha a buller inkább az A-húron van, akkor játékra kevéssé veszélyes, azonban, ha az E-húron ütközik ki, sok kellemetlenséget okozhat a játék folyamán. Mivel a nagybőgő gyakran használt regiszterében és fekvésében van, és mivel négyhúros bőgőnél a legmélyebb húron van, így nem is kerülhető ki. A mélyebb hangfekvésben a zenei hangok frekvencia szűkülésével[48] nagyobb a valószínűsége annak, hogy egy zenei hang egy testrezonanciával egybeessen.

A farkashang megjelenésének intenzitásától függően három kategóriába sorolhatók a nagybőgők:

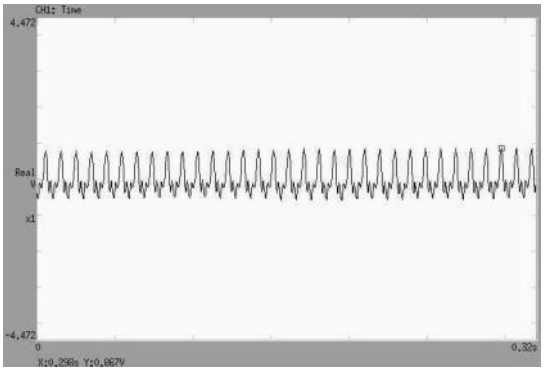
- Szinte buller mentes, majdnem egyenletes rezgésképű Man-Mo100-gl4, ORub-56-gd4, Pöl-gd5, Stow-gl4 (41. ábra)
- Erős, de átjátszható buller KisZ-09-gd5, KisZ-0-gd5-02, KisZ-010-gd5, KovL-38-gd4, Krat-09-hl5, Man-Mo100-gl4-02, RáczB-F07-hl4 (42. ábra)

[47] http://www.schleske.de/forschung/handbuch-geigenakustik/wolfton.html.

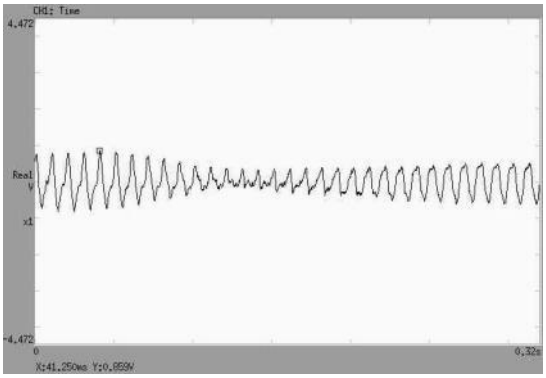
[48] Magyarázatot ld. a 2.1.3 fejezetben

- Kiterjedt, a szomszédos hangokra is átterjedő igen erős buller Cav-K05-hd5, Névt-Bécs100-gl4, RáczB-D09-hl4 (43. ábra)

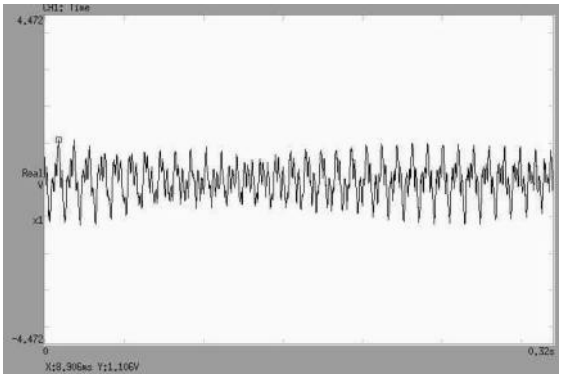
A tesztben résztvevő nagybőgők között mindhárom kategóriára található jellegzetes példa. Ezek rezgésképeit láthatjuk a következő ábrákon:



41. ábra A Man-Mo100-gl4 nagybőgő buller rezgésképe. Majdnem teljesen egyenletes rezgéskép.



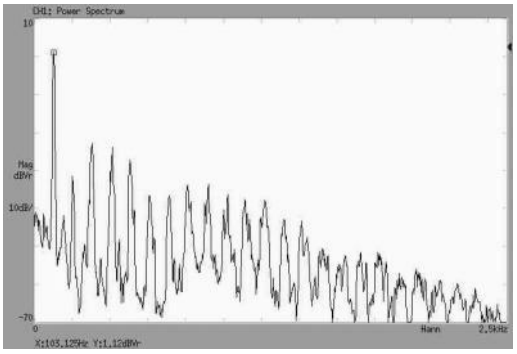
42. ábra A Man-Mo100-gl4-02 bőgő rezgésképe. Erős, de átjátszható buller.



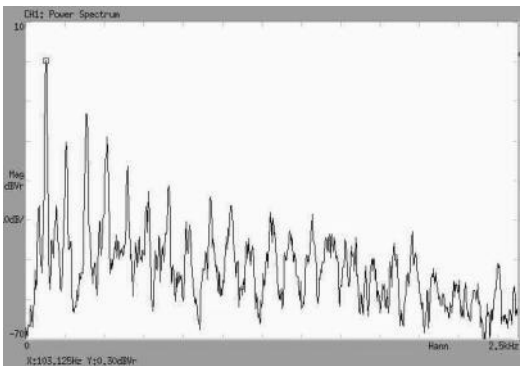
43. ábra A Cav-K05-hd5 nagybőgő rezgésképe. Kiterjedt buller.

A 41. ábra nem mutat farkashang jellegzetességeket. A 42. ábrán egy erős, a zavarás határán lévő farkashang *rezgésképét* láthatjuk, mely intenzív hangképzéssel átjátszható. A 43. ábra egy kiterjedt buller rezgésképe. Ha ezek *ráfelelési görbéit* nézzük (44. 45. 46. ábra), láthatjuk, hogy a legmagasabb csúcs az alaphang, mely a *gisz* hang környékén (100-103Hz) található. A csúcsok a felhangok helyét jelölik. A buller

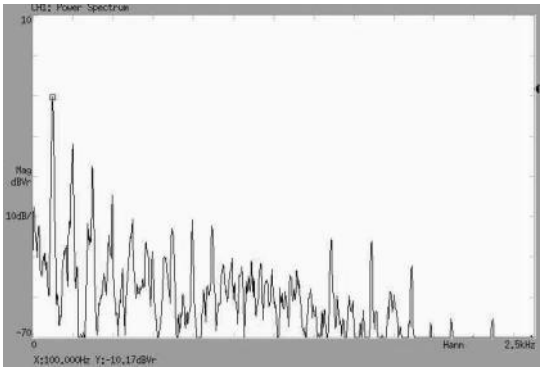
hatása az alaphangban még nem jelentkezik, ugyanis a húr később csap át egy másik rezgésképbe.



44. ábra A Man-Mo100-gl4 ráfelelési görbéje.



45. ábra A Man-Mo100-gl4-02 hangszer ráfelelési görbéje.



46. ábra A Cav-K07-hd5 nagybőgő ráfelelési görbéje.

A felhangok elhamisodása az ábrákon lefele tekintve egyre jelentősebb. A csúcsok konkrétsága eltűnik, laposabb és szálkásabb lesz. A 44. ábrán a spektrum majdnem szabályos, egyenletes, csak magas frekvenciákon tapasztalható eltérés. Az alsó két ábrán a rezgésképe már a hetedik illetve az ötödik felhangnál[49] zavart jelez, magasabb frekvenciákon meg is változik. Ezekben a görbékben eltűnik a harmonikusság. A 46. ábrán látható nagybőgő erőteljes farkashangot illusztráló ráfelelési görbéje tökéletes összhangban van a 34. ábrán elemzett négy legjobb öthúros

[49] A ráfelelési görbéknél a fő rezonancia csúcsok az adott alaphang felhangjai is egyben.

nagybőgő E-húr átlag spektrumának tercsávos elrendezésekor látható erőteljes hangnyomásszint csökkenésével. A Cav-K07-hd5 bőgő erős bullere a rezgésgörbére is hatással van.

A farkashang eliminálására több eljárás létezik, a legegyszerűbb és legelterjedtebb az, amikor a húr láb és húrtartó felöli oldalára rezgéselnyelő anyagot tesznek, ezzel a húr rezgését kissé elhangolva. Így a korpusz fő rezonanciafrekvenciáján a húr csak igen kismértékben fog gerjedni, mely a farkashang kialakulását akadályozza.

3.9 A nagybőgők dinamikai átfogása

A nagybőgő átlagos dinamikai átfogása 25-30 dB.[50] Ez a csellóval és a brácsával közel azonos, míg a hegedűé kissé nagyobb.

Nagybőgők dinamikai átfogás táblázata												
dB min/max/Átfogás			H-húr D hang	Σ	E-húr G hang	Σ	A-húr C hang	Σ	D-húr Fisz hang	Σ	G-húr H hang	Σ
Stow-gl4	01	Stowasser			-30;-9	21	-26;+3	29	-28;-7	21	-30;-8	22
RáczB-D09-hl4	02	Rácz Barna Dió			-33;-6	27	-30;0	30	-30;-9	21	-28;-9	19
Man-Mo100-gl4-02	03	Manufaktúra-02			-25;+4	29	-25;+3	28	-29	29	-28;-3	25
Man-Mo100-gl4	04	Manufaktúra			-33;-6	27	-32;0	32	-30;-14	16	-32;-8	24
Krat-09-hl5	05	Krattenmacher	-24;0	24	-25;+2	27	-34;-4	30	-36;-6	30	-35;-6	29
Pöl-gd5	06	Pöllmann	-26;-6	20	-27;-6	21	-23;-2	21	-30;-9	21	-32;-12	20
RáczB-F07-hl4	07	Rácz Barna Forster			-32;+2	34	-30;+3	33	-32;-9	23	-32;-9	23
Cav-K05-hd5	08	Cavallini	-29;-14	15	-28;-3	25	-30;-11	19	-34;-9	25	-30;-15	15
KisZ-09gd5	09	Kis Zoltán 2009	-35;-6	29	-35;-14	21	-35;-6	29	-35;-17	18	-35;-14	21
KisZ-09-gd5-02	010	Kis Zoltán 2009-02	-30;-2	28	-25;+3	28	-27;0	27	-29;-7	22	-	-
KisZ-010-gd5	011	Kis Zoltán 2010	-33;-6	27	-32;0	32	-25;+1	26	-34;-10	24	-33;-4	29
KovL-38-gd4	012	Kovács Lajos			-34;-13	21	-35;-7	28	-38;-10	28	-38;-12	26
Névt-Bécs100-gl4	013	Névtelen mester			-38;-7	31	-30;-4	26	-38;-5	33	-32;-15	17
ORub-56-gd4	014	Otto Rubner			-38;-18	20	-35;-9	24	-34;-13	21	-36;-14	22

14. táblázat A tesztben résztvevő nagybőgők dinamikai átfogás táblázata összes hallgató szerint rangsorolva.

Az átfogáson kívül fontos tulajdonság még, hogy milyen halkról indul el egy hang. Vannak hangszerek, melyek egy bizonyos vonó intenzitás alatt nem rezegnek be,

[50] Jürgen Meyer: „Zur Dynamik und Schalleistung von Orchesterinstrumenten”. *Acustica* 71, (1990) 277-286.

ezek hangosabb szintről indulnak. A bőgők általában könnyen megszólaltathatók voltak kis dinamikával. Pár hangszer azonban nehezebben indult. Ilyen volt a Man-Mo100-gl4-02 hangszer a Pöl-gd5 bőgő három alsó húrja, a Krat-09-hl5 alsó két húrja, a KisZ-010-gd5 A-húrja. A Man-Mo100-gl4 és a KisZ-09-gd5 D-húrjának volt a legkisebb átfogása a többi húrhoz képest. Három nagybőgő legfelső húrja kis átfogásban mozgott, ezek a Névt-Bécs100-gl4, a RáczB-D09-hl4 és a Cav-K05-hd5 hangszerek.

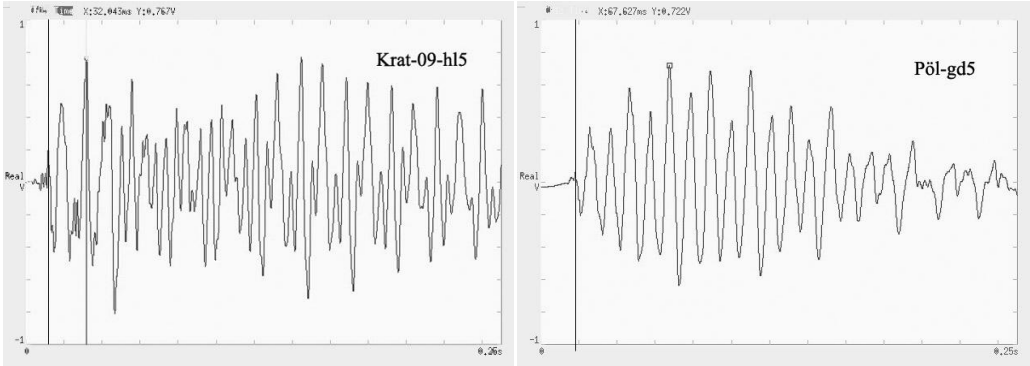
Általánosan kis átfogása volt több hangszernek, ezek a Pöl-gd5, és a Cav-K05-hd5, ORub-56-gd4. A teszt győztesének a Stow-gl4-nek sincs túl nagy dinamikai átfogása, azonban A-húrjának hangja meggyőző erővel emelkedett ki. Széles dinamikai sáv jellemezte a Krat-09-hl5, Man-Mo100-gl4-02 bőgőket. A RáczB-F07-hl4 hangszernek volt a legnagyobb átfogása a két alsó húron. A két felső húr szolidabb dinamikai sávon belül maradt. Az öthúros bőgők közül egyedül a KisZ-09-gd5 E-húrjának a dinamikai átfogása volt kisebb a H-húrjánál. Az E-húr kismértékű befulladása itt is tetten érhető. Megjegyzendő, hogy a dinamika és hangminőség kapcsolatának keresésekor a hangszíntesztet elvégző nemzenész csoport a túl hangos hangszerek hangját általában kellemetlenebbnek ítélte meg, mint a bőgősök.

3.10 Pizzicato berezgés

Pengetésre a hangszer a vonóval meghúzással szemben igen gyorsan és pregnánsan válaszol, 15-35ms alatt felépül a hangszerben a hangnak stabilitást kölcsönző állóhullám.[51] A pengetések berezgési idejének elemzésekor nehéz volt eldönteni, hogy tulajdonképpen mit tekintsünk a hang kialakulásának. Az első teljes hullámsávot, csupán egy pozitív és egy negatív kilengést, vagy a teljes periódus legelejét. Végül megállapodtunk annál a meghatározásnál, miszerint a hangot akkor vettük kialakultnak, amikor az első teljes periódus kialakult. A berezgési időt az első pozitív oldali maximumtól számoltuk. Ez az érték kicsit lassabb berezgési időket adott a szakkönyvben megadott értékeknél, azonban a hangszerek összehasonlítása szempontjából megbízható adatokat hozott. A következő oldalon a 47. ábrán látható pengetett berezgések ismétlődő jellege tipikus bőgős tulajdonság. A nagy testben a fában és a levegőben eltérő sebességgel felépülő állóhullám olykor hanglüktetést – lebegésszerű élményt – okoz.[52]

[51] Pap: *Hangszerakusztika:* 141.

[52] Pap János elbeszélése alapján



47. ábra Két nagybőgő E-húrja pizzicato által keltett berezgése és eltérő periodikussága. Függőleges vonallal jelöltük a tényleges mérendő szakasz kezdetét.

A pengetés egy csatolt, csillapított rezgés. Az ujjak átadják az energiát a húrnak, ami a lábnak és az a hangszer testének, ahol a rezgés felerősödik, és hang formájában kisugárzik. A test ugyanakkor vissza is sugárzódik a láb és a húrok felé. Elsősorban a láb az, ami közvetlen kapcsolatban áll a húrokkal, és saját rezgésével gátolja a húr szabad rezgését. A baloldali ábrán egy kiegyenlített energiatranszport látható, ahol a láb és a test csak kis energiát von el, a jobboldali ábrán az energiaáramlás rövid időre teljesen lecsökken, és majd később a következő periódusban éled fel újra. Itt erős a gátló hatás. Ehhez adódik hozzá a légrezgés és farezgés eltérő sebességű volta.

A Krat-09-hl5 bőgő berezgésére jellemző, hogy korán és intenzíven jelenik meg a rezgés kép, majd szinte azonnal veszít energiájából és csak 120ms-nál válik kiegyenlítetten periodikussá. A Pöl-gd5 nagybőgőnek egyszerűbb a rezgésképe, szinte azonnal lebegővé válik, azonban 160 ms-tól kezdve jelentős energia elnyelődés figyelhető meg. A láb és a test rezgése erősen visszahat az E-húr pengetési hangjának lüktetésére. E kétfajta berezgési mód a lecsengésre is hatással van. Az első képen látható, hogy a lecsengés hosszabb ideig tart, hiszen a csatolás megnöveli a lecsengési időt, bár a hangsugárzást lerontja.

3.11 Összefoglalás

A hangszínteszt rangsorát alapul véve egy jó nagybőgő testrezgésének spektruma a következő jellemzőket mutatja. A legerősebb intenzitású csúcs T1, 250-270 Hz-ig nagy különálló csúcsokkal tartja magát T1 szintje környékén, majd sugárzás esést követően kívánatos a formánsok jelenléte 300-380 Hz, 500 Hz, és 800-1000 Hz tartományban. A korábbi és a jelenlegi kutatások szerint egyes frekvencia tartományok összekapcsolhatók hangszínbeli jellemzőkkel. Eszerint valószínűleg a vékony, nyers

hangszínért felelős, ha 280-290 Hz környékén egy, a környezetéből jelentősen kiugró rezonancia csúcs található. Ha 400-600 Hz erős, a nazális jelleg erősödik, ha 600-1000 Hz jelenléte határozott a hangszín világosabb, fényesebb, érthetőbb lesz.

A0 és T1 csúcsok részletes elemzéséből és a források alapján a következő konkrét információk szűrhetők le. Nagy hangszereknek mély lesz a léghangja, a jó hangszerek léghangja (A0) 60 Hz körül mozgott. A fahang (T1) szorosan összefügg A0-lal, hiszen a csatolás megváltoztatja a tetőrezgést az összeragasztott hangszerben. Méréseim alapján azt mondhatjuk, hogy akkor a legkedvezőbb a hatása, ha kevesebb, mint 40 Hz köztük a különbség. A túl széles energiagödör rontja a hangminőséget.

A lapos és domború hát ismertetőjegyei egyértelműen megjelennek e spektrumokban. Szemléletes, hogy a lapos hátú bőgő csúcsainak íveire a szögletesség, a hirtelen dinamikai esés, erőteljesebb formáns kialakulás, míg a domború hát ívére a lejtősebb, kiegyenlített, nagy amplitúdójú, nagy átfogású, fokozatosan ereszkedő kezdeti szakaszú, majd formáns szegényebb görbe jellemző.

A játszott hang spektrumainál a görbékből azok teljes lefutásának, a tercsávos elrendeződésből a spektrum kezdeti szakaszának a jellegzetességeire lehetett következtetni. Megállapítható volt, hogy egyik mért öthúros bőgő sem volt alulméretezve. Rendeltetését mindegyik öthúros hangszer céljának megfelelően betöltötte. Két öthúros bőgő mutatott csupán rövid lecsengési időt. A legerősebben a mély húrokon sugárzott mindegyik nagybőgő. Az öthúros hangszereknél az E-húr befulladása két hangszernél jelentkezett, mely a tercsávos elemzés alapján is kimutatható volt. Egy hangszernél a tercsávos elrendezésben a kiterjedt bullerre utaló mintázatot láthattunk. A négyhúros hangszerek E-húr átlagspektruma sűrű és nagy amplitúdójú volt, mert nem csillapította egy nagy tömegű mély húr a rezgést. A középső húrok egyedi vonásait a görbében és a tercsávos elrendezésben szintén meghatároztam.

A G-húr játszott hangjait kettébontottam alsó, illetve felső oktávra, az elválasztó hang a kis *d* lett. A felső oktáv kisebb hangnyomásszint mellett intenzív, sűrű és nagyobb amplitúdójú az alsó oktávnál. A felső oktáv tercsávos mérésekor alapvetően két típusba lehetett a nagybőgőket sorolni, fogkefe és sima típusúba, mely a görbe kezdeti szakaszán jellemezte a spektrumot. A jó kritériumnak a sima típus felelt meg, mely a kiegyenlítettséget jelentette a felső oktávban, szóló játékra alkalmasnak ítélve az ebben a csoportban lévő négyhúros hangszereket.

A buller vizsgálatok időrezgéseinek és ráfelelési görbéinek vizsgálatakor háromféle kategóriát lehetett elkülöníteni. Az elsőben a buller csak igen kismértékben volt jelen, a másodikban érezhetően jelen volt, de átjátszható maradt, míg a harmadikban, olyan erős volt, hogy a szomszédos hangokra is kiterjedt. Egy bőgőnél bizonyítottá vált a játszott hangok átlagspektrumának tercsávos elrendezésében mért egyes tercsávok hangnyomásszint csökkenésének farkashanggal összeköthető oka.

A dinamikai átfogás vizsgálatok a befulladás tendenciáját mutatta ki. A pizzicato berezgés hanglüktetésre utaló mintázata tipikus nagybőgő tulajdonság.

4. A nagybőgő analóg statikai vizsgálata

Bevezetés

A kutatások eredményeinek tükrében hasznos, hogy vázlatosan áttekintsük a hegedű és a nagybőgő statikai vizsgálatait. A hangszerészek egy hangszer építése során elsősorban statikai, akusztikai illetve esztétikai szempontokat vesznek figyelembe. Ahhoz, hogy minőségi, jó hangszer készüljön, ezeknek a szempontoknak harmonikus módon kell érvényesülnie. Egy nagybőgő építésénél a fent említett szempontok mellett a hangszer méretei miatt a játszhatóság szempontját is figyelembe kell venni.

Mivel a vonós hangszerek fából készülnek, a legfontosabb szempont a megfelelő minőségű hangszerfa kiválasztása. A vonós hangszerek fedőlapja, gerendája és lelke lucfenyőből, míg a kávarendszer, a hát és a nyak általában azonos, de többféle faanyagból készülhet (jávor, nyár, nyír, dió, bükk cseresznye, körte). A legelterjedtebb háthoz használatos fa a jávor, annak is habos változata. Az ehhez a fához a leginkább közel álló rugalmassági, keménységi mutatójú fák jöhetnek még emellett számításba. Általánosan elfogadott, hogy keményebb tetőanyaghoz puhább, míg puhább tetőanyaghoz keményebb hátanyagot választanak a hangszerészek.[1] Ezek a nézőpontok az akusztikai szempontok mellett statikailag is meghatározóak.

A nagybőgő, mint a legmélyebb vonós hangszer, méretei miatt a külső-belső erőhatásokra nagyon ellenállónak tűnik, azonban, ha a hegedűhöz arányítjuk a méreteket és az erőhatásokat, előtűnik, hogy annál sérülékenyebb. A statikai

[1] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 41.

szempontokba ugyanis akusztikai szempontok is beleszólnak. Ha statikailag biztonságos vastagsági méretezéssel készülne a nagybőgő, akkor bútordarabként jól, de hangszerként kevésbé állná meg a helyét. A majdani levezetésből az is kiderül, hogy a nagybőgőnél nem tarthatók a hegedű részeinek vastagságarányai. A hegedű tetőlapja például a bőgőével ellentétben az esetek többségben nem roskad össze akkor sem, ha a lélek kiesik belőle, mégis, ilyen vastagsági jellemzőkkel szól jól.

Minden hangszernél meg kell találni tehát az egyes területek szükséges és ideális összetevőit ahhoz, hogy jól rezonáló, statikailag stabil, jó megjelenésű, szép hangú hangszerként funkcionálhasson.

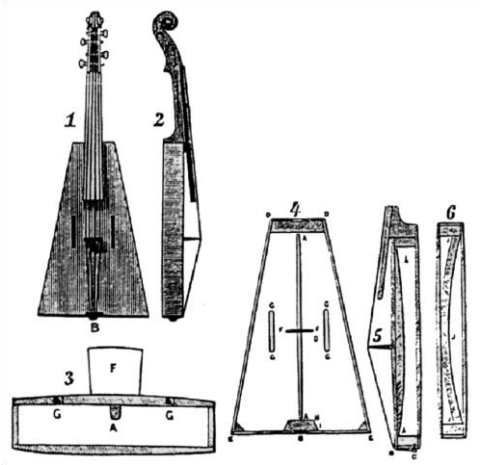
- A korpusznak elegendő mérettel kell rendelkeznie ahhoz, hogy a húr rezgését felhangosítsa. A húr által gerjesztett hangszertestnek meghatározott mennyiségű bezárt levegőre és fatömegre van szüksége, melyek rezgése nem csillapodik le túl hamar. Az optimális méretű és súlyú korpusztest rezgése alkotja a hang magját, de semmiképp sem megy a hang kárára.

- Statikailag ugyanakkor ellenállónak kell lennie a külső és belső erőhatásokkal szemben, és tartósnak a használattal, idővel szemben.

- Esztétikai szempontokat is figyelembe kell venni. Arányos, harmonikus, letisztult formákra törekszik a jó hangszerkészítő mester.

  Híres kísérlet volt a XIX. században, Franciaországban, a Savart-féle *dobozhangszer*. Felix Savart (1791-1841) fizikus, mérnök, akusztikus elsősorban akusztikai és másodsorban statikai-esztétikai szempontokat figyelembe véve egy lapos felületű trapezoid kísérleti vonós hangszert alkotott meg. A hangja a leírások szerint kiváló volt, a Párizsi Akadémia lelkesen üdvözölte az újítást. Azonban a szakmát és a hallgatóságot nem győzte meg csupán a hangszer hangja,[2] amely egy meglehetősen egyszerű, ámbár kiábrándító formával párosult.

[2] Bennewitz*: A hegedűépítés alapismeretei:* 80



48. ábra Savart-féle dobozhangszer.

- Nem utolsó sorban meg kell említeni a játszhatóságot is. Egy bőgő méreteinek a játékos magassága, kezének nagysága szab határt. Egy nagybőgőn kényelmesen kell tudni játszani, a vonónak el kell férnie a középső övben, a kávában. Ha túl alacsony a láb és túl széles a középső öv, nem lehet megfelelő húrsíkot kiképezni, a húrok összeszólnak, illetve a vonó hozzáér a kávához. Ha túl nagy a menzúra, a balkéz ujjainak nyújtania kell a fekvéspozícióban, mely hosszú távon akár egészségügyi károsodáshoz is vezethet.

Egy hangszer megszületésekor mindig kompromisszumokat kell kötni. Ezzel minden hangszerkészítő és zenész tisztában van.

4.1 Számítási módszerek

Egy játékra kész hangszerben fellépő, a húrok felhúzott állapota által előidézett erők bemutatására több módszer is létezik. Az egyik a végeselemes módszerrel történő számítógépes modellezés és analízis, mely minden részletre kiterjed, a húrok feszítő erejéből adódó feszültség eloszlást és a deformációt is mérni lehet.[3] Jóval egyszerűbb és számomra célravezetőbb megoldás egyszerű matematikai számításokkal, bizonyos pontokon meghatározni a hangszertestre ható erőket, melyek a húrok felhúzott állapotából eredeztethetők.[4]

---

[3] Tassy András: *Hegedű korpusz statikus feszültségeloszlásának számítógépes analízise*. Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola,1998. (Kézirat).: 5.

[4] dr. Pongrácz Pál: *A hegedűről ma. Hagyományok, tévelygések, távlatok.* (Budapest: Ad Librum, 2009): 61.

4.2 A hangszerben fellépő erők

4.2.1A hangszer fedőlapjára jutó erő tényezői

Egy játékra kész felhúrozott hangszerben egyensúlyi állapot alakul ki, a külső és belső erők kiegyenlítik egymást. A hangszerben fellépő belső erők a húrok húzó erejétől, illetve ennek a következtében kialakuló függőleges húrnyomástól függnek. Ennek a külső illetve az erre reagáló belső erőnek a nagysága a hangszerre nézve egyáltalán nem közömbös. A helytelen méretezés, vagy a túl nagy húrnyomás véglegesen torzíthatja a test alakját, melyek a gyakorlatban a tető süllyedéséhez, beszívódásához, a tető felső ívének kidomborodásához, a hát türemkedéséhez, lapos hátnál beszívódáshoz, a káva horpadásához, hullámosodásához, a nyak előre bukásához, vetemedésekhez, felválásokhoz, repedésekhez, vagy végső esetben törésekhez vezetnek. Igen kitűnően és találóan határozza meg a külső és belső erőket Tassy András:

> Egy felhangolt hegedű korpuszának a húrok feszítése miatt aránylag nagy erőket kell elviselni. A feszülő húrok egyik végükkel a kulcsszekrény felől, a nyakon keresztül, a másik végükkel az alsó nyergen valamint a gombon keresztül terhelik a hegedűtestet. A lábon, mivel az megtöri a húrerők irányát, egy eredő erő keletkezik, ami a tetőt terheli. Ezek a hegedűtestre ható külső erők. Ha a négy húr erejét közös erővel helyettesítjük, akkor három, egymással egyensúlyban lévő erővel modellezhetjük a testre ható erőket. […] A hegedűtest a külső erőkre rugalmasan deformálódik és belső erőkkel válaszol, miáltal egyensúlyba kerül a rendszer. A külső erőkkel a belső erők tartanak egyensúlyt. A belső erők a test, jelen esetben a fa terheléssel szembeni ellenállásából, azaz teherviseléséből, szilárdságából adódnak. Tehát a felhangolt hegedűben a külső erők hatására, egy statikus feszültségi állapot keletkezik. Ennek a feszültségnek a nagysága és eloszlása nem közömbös különösen a tetőnél, ahol a puha és vékony falemez szilárdsági képessége közel a felső határáig van kihasználva, és ez a rezgőképességét is befolyásolja.[5]

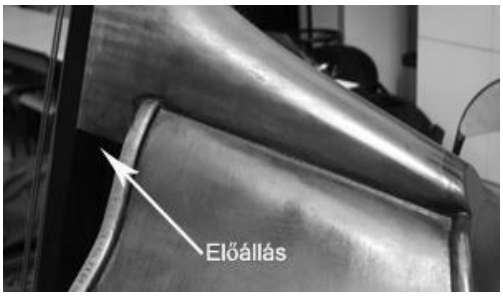
Hogy a lábon keresztül a hangszer hasára mekkora erő nehezedik, az több tényező együttes hatásának az eredménye. Már a hangszer építésének egyik fontos kezdeti fázisa a tető és a hát plasztikájának megválasztása dilemmára készteti a készítőt: minél domborúbb a tető, annál merevebb a szerkezet, de annál nagyobb lesz a belső térfogat, több levegőt fog megmozgatni, s mélyebb lesz a léghang. Minél laposabb a plasztika, annál jobban rezonál, viszont sérülékenyebb, s kevesebb levegő tömeget fog mozgásba hozni.

[5] Ld. 3. jegyzet 5.

Erről a nehézségről így beszél Tassy András:

> A jó hangzás fontos összetevője annak a nem véletlenül misztifikált középútnak az eltalálása, ami az egyik végletben a nagy belső feszültségek vagy a túl nagy belső szilárdság miatti nehezebb rezgőképesség, vagy a feszültség nélküli kis ellenállású túlrezgés között húzódik. […] Régi vita, hogy az alacsonyabb vagy a magasabb boltozat a jó. Az alacsony jobban rezonál (esetleg túl jól), a magas boltozat merevebb, de több rezonáló levegőt fogad be. Ugyanígy kérdéses az ellenív szerepe, nagysága, vékonysága.[6]

További akusztikai, statikai befolyásoló tényező a nyakállás dőlésszöge. Minél nagyobb szöget zár be a korpusszal, annál nagyobb nyomóerő keletkezik, annál közvetlenebb a válasz, a hang erőteljesebb lesz. A láb átlagos magasságát a nyak dőlésszöge, a fogólap vastagsága, az előállás[7] és a tető domborulata együttesen adja ki.



49. ábra Az előállás helye.

4.2.2 A hegedű és nagybőgő arányai és a bennük fellépő erők összehasonlítása

Az analóg statikai vizsgálat – mely az előzőekben felsorolt erőkkel foglalkozik – leegyszerűsített formákkal, homogén anyagokkal dolgozik a számítások kivitelezhetősége érdekében, eredményei nagyságrendileg helytállóak, megközelítik a számítógépen modellezett erők eredményeit. Mivel a nagybőgő egy matematikailag rendkívül nehezen leírható test, egyszerűsítéshez kell folyamodni, és az ívek, domborulatok elhagyásával a hagyományos doboz formán végzem el számításaimat. A számítások nagy része Pitagorasz-tételének gyakorlati használatával kiszámítható. Ilyen

[6] Ld. 3. jegyzet 6.

[7] Előállásnak nevezzük azt a területet, amennyivel előrébb áll a nyak a korpusz síkjából. Ez általában 3-4 cm

irányú számítások több szakkönyvben[8] is megtalálhatók. Én azonban ebben a fejezetben Pongrácz Pál *A hegedűről ma* című könyvében levezetett analógiáját követem.

Egy 110 cm-nél kisebb korpusz méretű, háromnegyedes, négyhúros nagybőgő átlagos felülete körülbelül 1,8 m^2, térfogata 110 liter. Ezek a számítások egy hangszerformához kevéssé hasonlító trapéz felületre, illetve trapéztestre igazak. Ugyanezek a számítások hegedű méretű trapéz felületre, ill. trapéztestre a következők: 0,16 m^2 illetve 1,9 liter. Egy hegedű korpusz hossza 35,5 cm, az előzőekben alapul vett nagybőgőé 107 cm, a káva méretekben 3,1 és 20 cm. A láb magassága 3,5 cm és 17 cm, a boltozat a tetőlapokon 15 és 30 mm. Ezek alapján a következő arányok állíthatók fel a hegedű és a nagybőgő között (lásd következő oldalon 15. táblázat)

- a bőgő korpuszmérete átlagosan 3-szorosa hegedűének, míg
- a káva szélesség 6,45-szöröse.
- a boltozat a 2-szerese
- a láb magasság 4,85-szöröse.
- A bőgő tető több mint 9-szer nagyobb felületű,
- a hangszertestek felülete közötti arány 11-szeres, míg
- a két hangszer térfogata között meglepően hatalmas, 61-szeres a különbség.

Ezekből a számokból érzékelhető, hogy a nagybőgő berezgetéséhez mennyivel több energiára van szükség, és látható, hogy nem egy felnagyított hegedű, hanem saját arányokkal rendelkező, a mély regiszterhez optimalizált hangszer. Különösen a káva sokkal szélesebb, mint a hegedűn. Mivel a bőgő tető felülete átlagosan 9-szer nagyobb, logikus lenne annak vastagságát is ilyen módon arányítani. Azonban ez túlzott statikai biztonsághoz illetve a hang teljes elvesztéséhez vezetne. A boltozat csekély növekedése is érdeklődésre ad okot. 6,45 x-es káva növekedés és 4,85x-ös lábmagasodás mellett nem ezt a plasztikát várnánk. Ez a csekély mértékű domborulat magasság azonban a nagybőgő mély hang jó sugárzását hivatott növelni.

A Thomastic cég internetről beszerezhető táblázatban közli, hogy húrtípusainak mekkora húzóerőre van szüksége a kívánt hangmagasság eléréséhez, ebből

[8] Wernfried Güth: „Physik im Geigenbau”. E. Kurz & Co. Stuttgart, (1989); illetve Rossing, T. D. and N. H. Fletcher: „The Physics of Musical Instruments”. Springer, New York, (1998).

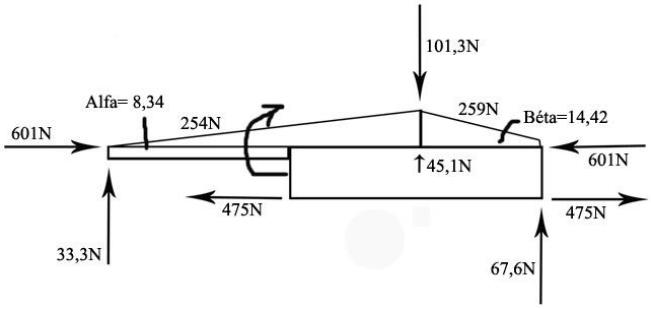
kiszámítható, hogy például a Bel Canto típusú húr – amely a legelterjedtebb a bőgősök körében – négy húrja 1152N – azaz 115,2 kg – húzóerőt generál a fent említett nagybőgőben. Ez a húrtípus a húrkészítő cég egyik legkisebb húzású fajtája. Ez az erő a hegedűnél egy átlagos keménységű – Thomastic Dominant – húrnál mintegy 25,4 kg, ez 4,5-szer kisebb. Tehát egy 9x nagyobb felületre 4,5x-es húzóerő tartozik, átlagosan csupán csekély 2,5x-es lemezvastagság mellett. Hosszas számítások során kiszámítható, hogy a lábon keresztül a bőgő tetőre jutó nyomás 63 kg lesz, melyet a plasztika ellenhatása körülbelül 15 kg-mal mérsékel, így 47,6 kg nyomóerő nehezedik az átlagosan 18 cm^2 felületű lábtalpakon keresztül a tetőre – ez 2,6 kg/cm^2 –, mely erőt a lelken keresztül a hát és a tetőn a gerenda vesz át, illetve tart meg. Hegedűnél a tetőre jutó nyomóerő 10 kg lesz, melyet a plasztika 4,5 kg-mal mérsékel, így körülbelül 5,5 kg nyomóerő nehezedik az átlagosan 0,88 cm^2 felületű talpakon keresztül a fedőlapra, mely 6,25 kg/cm^2.[9]

	Hegedű és nagybőgő statikai összehasonlítása			
		Hegedű	**Nagybőgő**	**Arány**
1.	Korpusz hossz	35,5 cm	107 cm	3x
2.	Káva	3,1 cm	20 cm	6,45x
3.	Tető legvastagabb pontja (lábtalp alatt, lélek oldalon)	4 mm	10mm	2,5
4.	Boltozat magassága	15 mm	30mm	2x
5	Láb magassága	3,5 cm	17 cm	4,85x
6.	Tető felülete	667 cm2	6069 cm2	9x
7.	Korpusz felülete	0,16 m2	1,8 m2	11,2x
8.	Korpusz térfogata	1,9 dm3	116 dm3	61x
9.	Láb magassága a plasztikával együtt	4,9 cm	19,4 cm	3,9x
10.	Húrok húzóereje	254N	1152N	4,5x
11.	Tetőre jutó nyomás	101N	630N	6,2x
12.	A plasztika ellenhatása	46N	154N	3,3x
13.	Tetőre jutó nyomás a plasztika ellenhatásával	55N	476N	8,65x
14.	Lábtalpak felülete	0,88 cm2	18 cm2	20,45x
15.	Tetőre jutó nyomás a lábtalpakon keresztül	6,25 kg/cm2	2,6 kg/cm2	2,4x

15. táblázat Hegedű és nagybőgő méreteinek, felületeinek, térfogatának, és erőinek összehasonlítása, arányainak bemutatása.

[9] Brown: *F. R.–backed Dbass 48.;* Kissé eltérő adatokat közöl mind a bőgőre, mind a hegedűre. Számításait Güth, W. (1989). "Physik im Geigenbau." E. Kurz & Co. Stuttgart. könyvéből:*„[…] a bőgőtetőnek közel 530N nyomást, míg a hegedű esetében 112N nyomást kell elbírnia."* és Rossing, T. D. and N. H. Fletcher (1998). "The Physics of Musical Instruments." Springer, New York. könyvéből veszi: *„[…] a hegedű mintegy 90 N, a bőgő tetőre jutó nyomás pedig körülbelül 425 N."* Brown az adatok ismertetésekor nem tér ki, milyen típusú húrral, mekkora méretű nagybőgőkkel végezték a számításokat. Nem veszik figyelembe továbbá a tető domborulatából származó, a tetőn felfelé ható erőt.

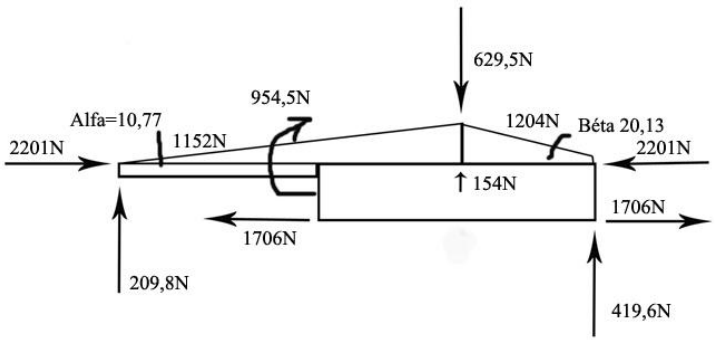
Az összehasonlító táblázatban további érdekességek is kimutathatók. Míg a hegedűnél a plasztika ellenhatása a tetőre jutó nyomás 45%-a, ez a nagybőgőnél csupán 25%-a.[10] Ez a felfele ható erő, mint a későbbiekben látjuk, igen jelentős.



50. ábra Egy *hegedű* statikai feszültség eloszlása, normál keménységű húrok húzóerejével számolva.

Güth szerint a nagybőgőn a húrok húzóerejéből származó tetőre ható nyomás 1/3-a a lelken át a hátat terheli.[11] Tassy András valós modálanalízis vizsgálata egy feszültség alatt lévő hegedűn, szintén a hátlap kisebb terhelését kapja eredményül.[12]

Nagyobb húzóerejű húrok nagyobb erőket keltenek a hangszerben, mely még nagyobb eltérést mutat a hegedű erőihez képest. A fent említett ¾-es nagybőgőn az erők eloszlását az alábbi ábra mutatja.[13]



51. ábra Egy négyhúros ¾-es nagybőgő sematikus erőtani ábrázolása. Láthatók a húrok húzóerői (1152N), a tető nyomó- (2201N) illetve a hát húzóerői(1706N), a szemöldökök támaszerői (209,8N és 419,6N), a lábon át a tetőre jutó nyomóerő (629N), a tetőre a tető domborulata miatt kialakuló felfelé ható erő (154N). Végül a nyakhajlatban a húrok húzóerejéből támadó forgatónyomaték (954,5N). A mértékegység N=Newton, 10N=1 kg.

Látható, hogy a vaskos tőkék megléte nagyon indokolt, ugyanis a tökékkel megerősített területeken keletkeznek a hangszerben a legnagyobb húzó- és nyomóerők

[10] A 15. táblázat 11. és 12. sorának aránya.

[11] Brown: *F. R.–backed Dbass:* 49.

[12] Tassy András: *Hegedű korpusz statikus feszültségeloszlásának számítógépes analízise*. Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola,1998. (Kézirat).: 62., 64.

[13] Manufaktúra nagybőgő, Man-Mo100-gl4.

(több mint 200 kg húzó- és nyomófeszültség, 95 kg-os hajlító feszültség mellett). A sematikus ábrán a nyak egyenesen lett ábrázolva, valójában a húrokat követi. A nyak dőlésszöge átlagosan 10,7-11°, az előállás (lásd 7. jegyzet) körülbelül 3-4 cm.

4.2.3 A tetőlapra jutó nyomás változtatása

A nagybőgő nagy felületei miatt, kis környezeti változás is (hőmérséklet, páratartalom ingadozás) észlelhető térfogat változást okoz. Ez elsősorban a húrnyomás emelkedés- illetve csökkenésében tapasztalható. A húrnyomás növekszik meleg időben illetve a párás levegő hatására az anyag tágulása miatt. Hűvös időben és szárazabb levegő hatására a test és a tetőlap összébb megy, zsugorodik, a húrnyomás csökken.

A fogólap és a húrok közti magasság ingadozása akár több milliméteres is lehet, ezért a hangszerészek több megoldást kifejlesztettek ennek a problémának a kiküszöbölésére. Léteznek fix, és mobilis megoldások.

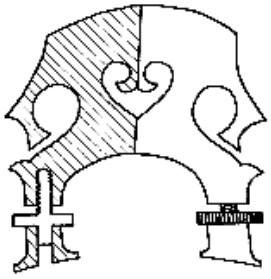
Fix megoldások közé tartozik két, eltérő magasságú láb faragása, egy úgynevezett *téli* illetve *nyári* láb, adott időszakban történő alkalmazása.

Mobilis megoldások a nyak dőlésszögének változtathatósága, illetve a láb magasságának állíthatósága. Ezek gyorsan és hatékonyan használhatók, azonban sok művész nemkívánatosnak tartja ezeket a lehetőségeket, mely a hangszer szellemiségét rombolják. Mindemellett a hangot is befolyásolja, elsősorban negatívan. Vannak azonban országok (például az USA), ahol a környezeti hatások oly szélsőségesek, hogy a kismértékű hangban észlelhető negatív hatás ellenére is kifizetődő megoldás.

A nyak dőlésszögének változtathatósága ritka megoldás. Kivitelezése a hangszerésztől nagy szakmai tudást igényel, statikailag nagyon megbízhatónak kell lennie, ugyanakkor csak szűk keretek között alkalmazható. Elsősorban a szóló játékot könnyíti, mert döntöttebb nyakkal a felső fekvésekben a fogólap a húrokhoz közelebb kerül. (lásd következő oldalon 52. ábra)

52. ábra A nyak dőlésszögének változtathatósága

Különböző anyagból készült lábmagasítókat az USA-ban a nagybőgősök 60-80%-a használ a környezeti hatások azonnali kiküszöbölésére, a húrnyomás és a húrok fogólaptól való magasságának konstanssá tételére.[14] Ennek működési elve rendkívül egyszerű. A láb szárait elvágják és egy menetet helyeznek bele, a magasságot egy gyűrűvel lehet állítani. (lásd 53. ábra) A módszert azért kérdőjelezik meg sokan, mert a láb akusztikai szempontból rendkívül fontos eleme a hangszernek. Az átvágott lábban a rostok folytonossága megszakad, ami energiaátvitel szempontjából hátrány, a menet és a gyűrű, anyaga illetve tömege folytán – mely legtöbbször fém – a lábra erős akusztikai módosító hatással bír. Ez a beavatkozás sok rezgést elnyel, csillapít, módosít, mely megváltoztatja a bőgő hangszínét is.[15]



53. ábra A lábmagasító elhelyezkedésének sematikus rajza

Az alsó szemöldök[16] magasságának csökkentésével, vagy emelésével csupán a húrnyomás erejének változtatása érhető el. Ezt a megoldást azonban nem az időjárási körülmények változásaihoz, hanem a hangszer alapvető hang-tulajdonságának finom

[14] Forrás: http://iwk.mdw.ac.at/?page_id=99&sprache=2.

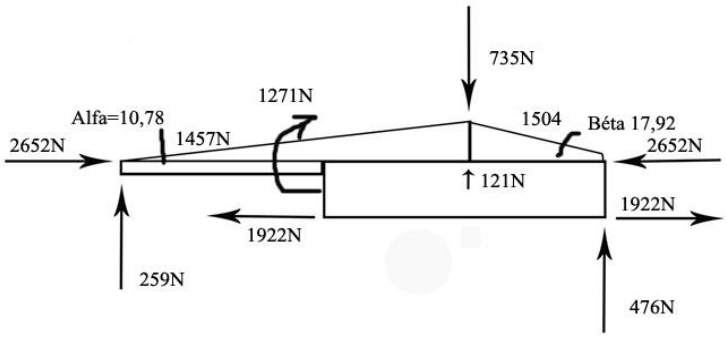
[15] A különböző anyagú lábmagasítók hangra kiterjedő hatását vizsgálja részletesen Andrew Brown akusztikai tanulmánya. Ld. előző jegyzet.

[16] Más néven alsó nyereg.

beállításához használják. Ennél az eljárásnál idegen anyag hozzáadása nélkül lehet keményebb, vagy puhább érzetet adni adott hangszerhez. A mérések igazolták, hogy az alsó szemöldök 1 cm-es kiemelése, az alsó övön[17] 1 fokos csökkenést eredményez,[18] mely a lábon keresztül a tetőre 22 N nyomáscsökkenést okoz. Ezek szerint az alsó szemöldök magasítása egyenes arányosságban van a tetőre jutó nyomás csökkenésével. A tetőre jutó nyomóerő ilyen fajta csökkentése kemény érzetű és durva hangú nagybőgőnél pozitív eredményt tud felmutatni. Van olyan bőgő viszont, melynek hangja annyira puha és lágy, hogy a nagyobb, fedőlapra jutó nyomás segít teltebb, koncentráltabb hang létrehozásában. A fedőlapra jutó nyomás változtatása a láb talpfelületének változtatásával is elérhető, azonban ez nem elterjedt.

4.2.4 Öthúros nagybőgőn ható erők eloszlása és a négyhúrossal történő összehasonlítása

A kutatásban részt vevő bőgők vizsgálatakor az az érdekesség is előfordult, hogy az öthúros bőgők fedőlapjának felülete nem lett szükségszerűen nagyobb, főleg nem ötödnyivel, amely az ötödik húr további húzóerejéből adódna (300N). A többletterhelést kompenzálandó, inkább átlagosan 1-2 mm-rel hagyják vastagabbra a hangszerészek a tetőt. Azért, hogy a korpusz méretének hatását is vizsgálhassam a nyomáseloszlás tükrében, példaként egy 4/4-es, nagyméretű öthúros bőgőt választottam, melynek erőeloszlása felhúrozott állapotban az 54. ábrán látható.[19]



54. ábra 4/4-es, öthúros nagybőgő erőinek eloszlása

Mivel az 54. ábrán a korpusz az 51. ábrán látható bőgőnél 11,5 cm-rel hosszabb (118,5 cm), a húrok húzóerejéből származó több mint 30 kg-os – 1,26x – többlet ellenére (1152N-1457N) kisebb növekedés mutatkozik az elvárt tetőre jutó nyomásnál

[17] A láb alatti területet nevezem így.

[18] Béta szög az 51. ábrán.

[19] Krattenmacher nagybőgő, Krat-09-hl5.

(630N-735N=1,16x).[20] Ez úgy lehetséges, hogy az öthúrosnál az alsó öv növekedése a láb és a tető plasztikája összmagasságának (19,4-ről 20,1 cm) kismértékű emelkedése mellett is kisebb szöget eredményez (β=20,13° helyett 17,92 °). Ha a tetőre jutó nyomást a plasztika visszahatásával együtt nézzük, akkor az öthúros bőgő adatlapjából kiderül, hogy plasztikája 0,9 cm-rel kisebb a négyhúrosnál, így kisebb annak ellenhatása is (154N-121N). Összességében tehát az öthúros bőgő, lábon keresztül a tetőre jutó nyomása 61,4 kg, mely hozza az elvárt nyomásnövekedést (1,28x). Ezeket az eredményeket a 16. táblázat szemlélteti.

¾-es négyhúros és 4/4-es öthúros nagybőgő statikai összehasonlítása			
	¾-es Nagybőgő; 4 húr	4/4-es Nagybőgő; 5 húr	Arány
Korpusz hossz	107 cm	118,5 cm	1,1x
Káva	20 cm	22,4 cm	1,1x
Láb magassága a plasztikával együtt	19,4 cm	20,1 cm	1,03x
Húrok húzóereje	1152N	1457N	1,26x
Tetőre jutó nyomás	630N	735N	1,16x
Tetőre jutó nyomás a plasztika ellenhatásával	480N	614N	1,28x
Lábtalpak felülete	18 cm2	18 cm2	1x

16. táblázat Egy ¾-es négyhúros, és egy 4/4-es öthúros bőgő összehasonlítása.

Bebizonyosodott, hogy egy nagyobb hangszer, még magasabb láb esetén is kisebb húrszögeket eredményez (54. ábra β szög), mely így csökkenti a tetőre jutó nyomást, kedvezőbb statikai feltételeket teremtve.

Bebizonyosodott továbbá, hogy a plasztika – domborulat magassága – ellenhatása nagyban befolyásolja a tetőre jutó nyomást, így mindamellett, hogy nagyon fontos akusztikai szerepe van, statikailag is jelentős.

A következő oldalon látható 17. és 18. táblázaton egy elméleti gondolatsor eredményei láthatók. A 17. táblázat azt mutatja, mi történne, ha ugyanarra a nagybőgőre egy további ötödik húrt is feltennénk. A táblázatból egyszerű egyenes arányosság mutatható ki. A húrok 1,26x-os többlet húzóereje, a teljes erőrendszeren végigfutva, ugyanazt a növekedést mutatja, ami várható volt az energia megmaradás törvényének szellemében. A kisebb test mindenképpen jelentős terhelést kap.

[20] Ld. 16. táblázat.

	¾-es nagybőgők statikai összehasonlítása			
		¾-es Nagybőgő 4 húr	3/4-es Nagybőgő 5 húr	Arány
1.	Korpusz hossz	107 cm	107 cm	1x
2.	Káva	20 cm	20 cm	1x
3.	Láb magassága a plasztikával együtt	19,4 cm	19,4 cm	1x
4.	Húrok húzóereje	1152N	1457N	1,26x
5.	Tetőre jutó nyomás	630N	797N	1,26x
6.	Plasztika ellenhatása	154	194,7	1,26x
7.	Tetőre jutó nyomás a plasztika ellenhatásával	476N	602N	1,26x
8.	Lábtalpak felülete	18 cm2	18 cm2	1x

17. táblázat Ugyanannak a ¾-es bőgőnek a négyhúros illetve öthúros erőtani arányai.

	¾-es és 4/4-es öthúros nagybőgő statikai összehasonlítása			
		3/4-es Nagybőgő 5 húr	4/4-es Nagybőgő 5 húr	Arány
1.	Korpusz hossz	107 cm	118,5 cm	1,1x
2.	Káva	20 cm	22,4 cm	1,1x
3.	Láb magassága a plasztikával együtt	19,4 cm	20,1 cm	1,03x
4.	Húrok húzóereje	1457N	1457N	1x
5.	Tetőre jutó nyomás	797N	735N	1,08x
6.	Plasztika ellenhatása	194,7	121N	1,6x
7.	Tetőre jutó nyomás a plasztika ellenhatásával	602N	614N	1,02x
8.	Lábtalpak felülete	18 cm2	18 cm2	1x

18. táblázat Öthúros erőtani táblázat ¾-es és 4/4-es rezgő testre.

A 18. táblázat két öthúros hangszert hasonlít össze eltérő korpusz méretekkel. A korpuszhossz 1.1 arányú eltérése a tetőre jutó nyomásban (5. sor) is nagyságrendileg ekkora eltérést eredményez. A plasztika ellenhatása láthatóan jelentős (6. sor), mely végeredményben szinte teljesen kiegyenlíti a két nagybőgő tetőre jutó nyomását (7. sor), sőt a kisebb testűn lesz kevesebb 12 N-nal.

Beigazolódott, miszerint nem szükséges feltétlenül nagyobb korpusz az öthúros nagybőgőnél a normális statikai viszonyok kialakítására. A magas plasztika ugyanis kiegyenlítő hatással bír. Azonban a kisebb hangszertestű rendszer megnövekedett belső erői összességében túlzott feszültséget okozhatnak, melyek a leggyengébb pontokat hamarabb támadják meg, így rövidítve meg egy hangszer élettartamát. A magas plasztika nem előnyös hangtani, akusztikai hatásait 2.1.5 fejezetben már részletesen vizsgáltam. Ezért van inkább szükség az öthúros nagybőgő nagyobb korpuszméretére.

Mivel az egész fejezetben vizsgált erőtani rendszer egy zárt egységet alkot, az ezt befolyásoló egyetlen tényező a húrok húzóereje.

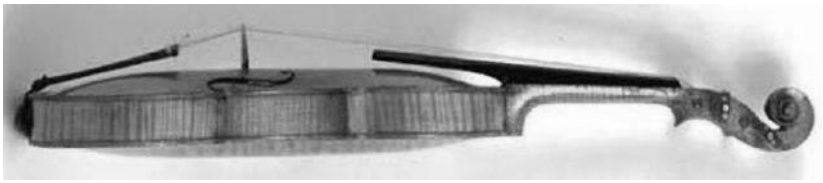
4.3 A nagybőgő belső vastagsági méretezése

Statikai vizsgálódásaimhoz tartozott még a külső méretek pontos levétele mellett az összes hangszer belső méretezésének megmérése. A nehézséget az okozta, hogy a legtöbb műszer a hangszer szétbontásakor volt csak képes vastagságot mérni. Nekem azonban ennél kézenfekvőbb dologra volt szükségem. A megoldást az interneten keresztül is megrendelhető mágneses elven működő, tizedmilliméter pontosságú mérőeszköz jelentette,[21] melyet szakmai útmutatás mellett magam készítettem el. Ennek segítségével a hangszer felbontása nélkül lehetett a pontos vastagsági méretekhez hozzájutni.

55. ábra Mágneses vastagságmérő. A kép felső részében különböző méretű mágnesek láthatók. A kis mágnes a vastagságmérő fehér számaihoz tartozik, 1,5-6 mm tartományban mér. A nagy mágnes a mérő másik oldalán lévő kék számokhoz tartozik, és 5-12 mm-ig mér.

A belső méretezéssel kapcsolatban néhány elv általánosságban elmondható. Alapvetően más statikai probléma merül fel a hegedűtetőnél, mint a nagybőgőtetőnél.

A hegedűtető középen, a lábnál olyan vastag (4mm), hogy lélek nélkül kellően ellenálló a húrok nyomásával szemben. Nagyobb problémát jelent a húrok húzóerejéből a szemöldökön keletkező vízszintes irányú, a tetőt összenyomni akaró erő. Ez, ha a tető a széleinél, és az öveknél túl van vékonyítva, a hangszer púposodásához, a nyak bedőléséhez vezet (56. ábra).

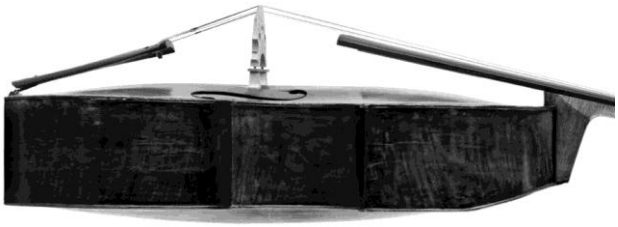


56. ábra Jacob Stainer kópia hegedű. Látható a rendkívül magas plasztika, a hirtelen felívelés és középen egy lapos, fennsíkos terület. Az ilyen típusú hegedűk tetői hajlamosak a púposodásra.

Nagybőgőnél azonban a már említett csekély 2,5x-es tetővastagság (10mm) egy 9x nagyobb felületre illetve egy 4,5x-es húrnyomásra más irányú és igen komoly statikai problémát vet fel. Itt a nagybőgő tető nem tudja megtartani a húrok nyomása

[21] http://www.mehr-als-werkzeug.de/product/707127/Hacklinger-Calliper-Version-D-2-Scales-2-Magnets.htm; Hacklinger Thickness Caliper, Version D.

alatt önmagát a lélek nélkül, a tetőlap beszakadását okozva. A hátra ilyen módon nagyobb terhelő erő jut. A tető púposodása itt elhanyagolható lehetőség, bár mindenre van példa.



57. ábra Nagybőgő oldalnézetből. A plasztika mérete a korpusz méretéhez képest szinte elhanyagolható, azonban statikai számításoknál még ez a kicsi is jelentős.

A nagybőgő tehát bizonyítottan sokkal sérülékenyebb a külső és belső erőhatásokkal szemben, a rendszer egyensúlya nagyon kényes statikailag az idegen erőhatásokra. Ennek ellenére akusztikai szempontból a vékony, lapos plasztikájú tetőlap kidolgozás ajánlott, ugyanis akkor mély a sajáthangja, akkor közvetíti jól a mély hangokat. Minél keményebb a tető anyaga, annál vékonyabbra lehet méretezni, minél domborúbb a plasztika annál vékonyabb a tető, laposabb plasztika egyenletesebb, a szélek felé vékonyodó kifutást eredményez.[22]

Sajnálatos módon a megmért nagybőgők faanyagainak merevségi adatait nem tudtam megmérni. A pontos eredményekhez és következtetésekhez elengedhetetlen lett volna, ugyanis a vastagsági méretezés a faanyag merevségi adatainak tükrében alapvetően határozza meg egy vonós hangszer rezgési tulajdonságait. Ennek hiányában azonban más eszközökhöz, logikához kell folyamodni. A korpusz mérete és sajátrezgései közötti összefüggés árulkodó lehet, erre többször utaltam a dolgozat folyamán. Vannak standard méretezési elvek, mely értékeket túllépve rossz faanyagra (túl puha, túl vastag, túl merev) kell következtetni. A hangszer kopogtatásakor a magas hangok, melyek keménynek és rövid lecsengésűnek tűnnek szintén az optimálison túli vastagsági méretezést bizonyítják.

Mindezek tudatában a vizsgált tizennégy nagybőgő tetőkiképzései a következő általánosan is ismert megállapításokat teszik lehetővé:

A láb szélességének sávjában a húrtartótól a fogólap végéig tartó sávban vastagabb a tető a környezeténél, a láb alatti terület a legvastagabb. A legvékonyabb

[22] Vadon: *Vonós szakmai ismeret:* 36-41.

terület szinte kivétel nélkül a lélekoldali felső öv. A gerendaoldali felső öv vagy azonos, vagy csekély mértékben vastagabb. Az alsó övek átlagosan 1 mm-rel vastagabbra vannak méretezve. A lélekoldali alsó öv kis mértékben vastagabb a gerendaoldali alsó övnél, a gerenda megtartó hatása miatt.

Négyhúros bőgőknél a láb alatti legvastagabb terület 8-10 mm, az öthúrosoknál 7,5-11,5mm. Itt jelentős a szóródás, teljesen egyedi méretekkel. Függőleges irányban a szélek felé jelentősen csökken a vastagság, akár a legvastagabb pont felére, 4-5mm-re.

A káva vastagságok 2-3,5 mm között váltakoztak. A hangszerészek a 2,5-3 mm-es kávát tartják ideálisnak.

A hát vastagságát döntően befolyásolja annak formája. A lapos hátú bőgők háta egyforma vastag, három-négy keresztbordával megerősítve. Statikailag a domború hát a rugalmasabb és ellenállóbb, a lapos hát rugalmatlanabb, a keresztbordák révén viszont az erőhatásoknak kellően ellenálló. A lapos hátak méretezése 4,5-5,7 mm között volt, egy bőgő tűnt csak ki, melynek 8,5 mm vastag volt a háta. Itt valószínűleg egyéni elképzelés és az anyag kis fajsúlya indokolta ezt a vastagságot. A mért domború hátak méretezésére egységes választ nem lehet adni. Annyi mondható el, hogy egyéni elvek és elképzelések szerint a különböző területek különböző vastagságúak, itt is jelentőséget kapnak az övek, nem egységes elvékonyításról van szó. A felső övek mindig vékonyabbak az alsóknál. Általában a tetőt követi arányaiban, de nem mindig. Van, ahol a lélek alatt vastagabbra van hagyva az anyag, mint a tetőnél, van ahol vékonyabbra. A hát anyagai a vizsgált bőgőkön biztosan különbözőek, melyek jellegzetességeitől függően lettek a vastagsági méretezések is kialakítva.

A belső méretezés helyes kidolgozása a jó rezgés alapfeltétele, minden nagybőgőre egyedi. Iskolánként eltérőek a szokások. Több általános összefüggés nem vonható le, csak nagyobb összefüggésekben. A végeredmény szempontjából a statikailag kiegyensúlyozott, akusztikai szempontból megfelelő méretezés a mérvadó.

5. Összegzés

A nagybőgő akusztikai vizsgálata a szerteágazó kutatás és több önálló eredmény mellett számos, eddig is ismert tényt és összefüggést rendszerezett, illetve igyekezett új megvilágításba helyezni. A négy fejezeten következetesen átívelő, a nagybőgő jó hangminőségének okait kutató tesztek, vizsgálatok, mérések és elemzések a nagybőgőt strukturális, hangjellemzői, spektrális és statikai oldalról mutatták be.

A hangszíntesztben 35 különböző foglalkozású – professzionális nagybőgős, professzionális zenész és nem zenész – ember hallgatta meg 14 hangszer – tulajdonképpen 12 hangszer, ugyanis két hangszerrel megismételtem a tesztet, hangszínük időközbeni jelentős megváltozása miatt – Beethoven IX. szimfóniája Reciatatívójának részletét, mely alapján az adott hangszereket és azok hangszíntulajdonságait minősítette. A hangszerek általános értékeléséből alakult ki az összesített és a három különböző kategória – a különböző foglalkozású emberek csoportja szerinti – rangsor. Az összesített rangsor alapján az első négy helyezett négyhúros, az első öt helyezett lapos hátú hangszer volt. Az első domború hátú hangszer a 6. helyen, az első öthúros hangszer az 5. helyen végzett. Az első három hangszer között volt idős mester hangszer, fiatal mester hangszer és idős manufaktúra hangszer is. A hangszerek értékét a teszt során nem vettem figyelembe, csupán a hangminőséget. A hangszínjellemzők értékelése alapján az összes szavazatot tekintve az alábbi hangszín tulajdonságok mutatták a jó hangminőségű hangszer kritériumait: *öblös, tömör, nyílt és nemes.* Ezt a követelményt két hangszer tudta maradéktalanul teljesíteni, további kettő pedig majdnem. A legkevésbé kedvelt nagybőgő hangszínjellemzők a hangszínteszt alapján a *fényes* és a *vékony* tulajdonságok. A formajegyek tekintetében a hegedű- és gambaforma között nem volt észrevehető különbség, a négyhúros bőgők kiegyenlítettebb tónusuk miatt jobban szerepeltek. A fent meghatározott jó hangminőségű hangszer tulajdonságai nem mondanak ellent a szólójátékra is alkalmas nagybőgőknek. A szóló játékra alkalmas bőgő játszhatósági feltételei, formai kritériumai az eredmény tekintetében a kisebb testű, domború hátú hangszer. Megfigyeléseim és a tesztben részt vevő hallgatók egyértelmű véleménye szerint a tesztben a legmarkánsabban a lapos hátú nagybőgők jó szereplése tapasztalható a domború hátúakkal szemben. Ezt támasztják alá a régebbi, nagybőgővel foglalkozó akusztikai kutatások eredményei is, melyek – ki nem mondva – a lapos hátú nagybőgők fölényét predesztinálták. Andrew Brown egy korábbi kutatása – mely a hátkiképzés

különbözőségét és hangszín viszonyát vizsgálta – egyértelműen bizonyította, hogy hallható különbség van az eltérő háttípusok között. Véleménye szerint a lapos hátú hangszer hangja *közvetlen, kemény, koncentrált, fókuszált*, domború hátúé pedig *kerek, sötét, telt*. A hangszínteszt csupán részben tudta igazolni e hátkiképzésekhez tartozó hangtulajdonságokat.

A spektrális elemzés során a nagybőgő korpuszának kopogással létrehozott rezgésének – mely a hangnyomásszint és frekvencia x y tengelyű koordináta rendszerben logaritmikusan a test rezonancia csúcsainak sorozataként ábrázolt ráfelelési görbéje – két meghatározó rezonanciáját, a testbe bezárt levegő módusát (A0) és a tetőlap első módusát (T1) vizsgáltam először behatóan. A korábbi vizsgálatok eredményei mellett a jelenlegi tesztben résztvevő nagybőgők méréséből is kitűnt, hogy a mélyebb frekvenciájú 40 Hz frekvencia és 10 dB hangszint átfogású A0 és T1 a kedvező. Ezen módusok egymással, illetve a korpusz méretével, a káva mélységével, a bezárt levegő mennyiségével és a tetőlap vastagságával állnak összefüggésben. Ezeken felül bebizonyosodott a mérések folyamán, hogy lapos hátú hangszereknél a hátbordák méretének és számának változtatása szintén hatással van a fenti módusokra. A nagybőgők ráfelelési görbéinek elemzésekor az eddig elért kutatómunkák és a hangszínteszt eredményeinek figyelembe vételével a következő megállapítások tehetők. Kedvező, ha a görbe legmagasabb rezonancia csúcsa T1, s innen csökkenek az értékek. Kedvező továbbá, ha 250-270Hz-ig nagy különálló csúcsokkal tartja magát T1 szintje környékén, s utána legalább 10-15 dB-es visszaesés található, melyet egy jellegzetes formáns követ 300-380 Hz-es tartományban. Ez a domború ív jó, ha kismértékben 500 Hz környékén ismétlődik. 600-700 Hz körül 8-10 dB-es hirtelen esés van és előnyös egy kicsi ívű formáns 800-1000 Hz környékén. Ez utóbbi már kitolódhat 1000 Hz fölé is attól függően, hogy mik az adott nagybőgő formajegyei. Megfigyelésem szerint kedvezőtlen jellemző a görbében, ha egy vagy több csúcs a magasabb frekvencia tartományban T1 fölé kúszik, illetve ha a T1 utáni 1. vagy 2. csúcsot követi egy nagyon mély, 40 dB átfogású szakadék. A többi vonós hangszer vizsgálatából kiderül, hogy nem tekinthető jó tulajdonságnak, ha a csúcsok egyenletessége túl széles frekvencia tartományon keresztül megmarad. Kellemetlenül befolyásolja a nagybőgő hangszínét a 400 Hz feletti frekvenciaterületek tartósan erős hangnyomásszintje. Szintén kellemetlen tulajdonság, ha 250-270 Hz-n túl a rezgés csúcsok nagy amplitúdójúak maradnak és nagyon sűrűek. Az átviteli görbe egyes területei illetve hangnyomásszintjei egyes

hangszínjellemzőkkel azonosítható. Valószínűsíthető és a hangszínteszt eredményére is támaszkodik a következő állítás, miszerint kedvezőtlen hatású, ha a környezetéből jelentősen kiugrik 280-290 Hz környékén egy magas rezonancia. Ez feltehetőleg a *vékony, nyers* hangszínért felelős. A korábbi modálanalízis vizsgálatok szerint a 400-600 Hz közötti terület erős kiemelkedése, esetleg csúcsosodása a *nazális* hangszín fő mutatója. A 600-1000 Hz tartomány kiemelése a *fényes* hangszínért felelős, melynek kis kiemelése kedvező, erőteljes jelenlétekor azonban inkább *éles, fedett, tompa* lesz a hang. A nagybőgő legmarkánsabb formajegyének a különböző hátkiképzések tekinthetők. A különbözőségek meghatározását követően egy érdekes analógia is szembetűnik, miszerint a hangszíntesztben is közölt domború hátra jellemző *simaság, kerekség* illetve a lapos hátra a *darabosság, irányítottság* a görbék rezgésspektrum burkolóin is jól láthatóan visszaköszön. A játszott hangok spektrumának összehasonlításakor a húronkénti összesítésben megszólaló hangok átlag spektrumát és annak tercsávos elrendezését elemeztem. Meghatároztam a különböző húrok átlagspektrumainak jellemzőit. Az öthúros nagybőgők E-húr átlagspektrumainak tercsávos elrendezésének összehasonlításakor megfigyelhető eltérést – miszerint a 8. és 13. tercsáv jelentős hangnyomásszint csökkenése a környezetéhez képest a 250Hz és 800Hz tartományban – egy kiterjedt buller, avagy farkashang jelenlétének ítéltem meg. Ugyanezen a területen a 9. 11. és 13 tercsáv a 320 Hz, 500 Hz és 800 Hz tartományban kisebb mértékű sugárzásvesztesége az ötödik, H-húr jelenléte miatt keletkezett befulladás jellemzője. A nagybőgő a mély regiszterben sugároz és szól erőteljesen és jól. A G-húr felső oktávban mért rezgései is jó sugárzók, azonban hangereje elmarad az alsó húrokétól. A G-húr felső oktávjának tercsávos elrendezésében a tercsávok között tapasztalható különböző hangnyomásszint ingadozás két csoportra osztotta a nagybőgőket: fogkefe és sima csoportra. A sima lefutású csoport négyhúros tagjai alkalmasak szóló játékra. Az, hogy ebben a csoportban nem volt domború hátú nagybőgő, azt jelzi, hogy a tesztben nem vett részt igazán jó négyhúros hangszer. A farkashang vagy más néven buller jelensége a mély fekvésű hangszereken gyakoribb. Szinte buller mentes, átjátszható és kiterjedt farkashangra is találtam teszt bőgői között példát. A nagybőgő dinamikai átfogása a csellóval, brácsával közel azonos, míg a hegedűtől kissé elmarad. A nagybőgők általában könnyen megszólaltathatók voltak igen kis dinamikával. Az előbb említett befulladás és buller jelensége itt is megmutatkozik. A pizzicato berezgés hanglüktetésre utaló mintázata tipikus nagybőgő tulajdonság.

Az analóg statikai vizsgálat kiegészítő információkkal szolgál a nagybőgőt érintő, a húrok húzóerejéből fakadó belső erőhatásokat illetően. A vizsgálat leegyszerűsített formákkal, homogén anyagokkal, egyszerű számításokkal dolgozik. Eredményei nagyságrendileg helytállóak. Egy 110 cm-nél kisebb korpusz méretű, háromnegyedes, négyhúros nagybőgő átlagos felülete körülbelül 1,8 m^2, térfogata 110 liter. Arányaiban a káva 6,45x a hegedűhöz képest. A tetőlap domborulata lapos marad, így látja el a hangszer a legtökéletesebben tipikus mélynyomó feladatkörét. Mivel az egész fejezetben vizsgált erőtani rendszer egy zárt egységet alkot, az ezt befolyásoló egyetlen tényező a húrok húzóereje. Thomastic Bel Canto húrozással a fenti nagybőgőben 1152N húzóerő keletkezik, mely 630N tetőre jutó nyomást generál. A plasztika 150N ellenhatást fejt ki, ezért a tényleges tetőlapra jutó nyomás átlagosan 480N lesz. Bebizonyosodott, hogy egy nagyobb méretű hangszer, még magasabb láb esetén is kisebb húrszögeket eredményez, mely így csökkenti a tetőre jutó nyomást, kedvezőbb statikai feltételeket teremtve. Bebizonyosodott továbbá, hogy a plasztika – domborulat magassága – ellenhatása szintén nagyban befolyásolja a tetőre jutó nyomást, így mindamellett, hogy nagyon fontos akusztikai szerepe van, statikailag is jelentős. Kisebb és nagyobb testű hangszerek vizsgálata folyamán beigazolódott, miszerint nem szükséges feltétlenül nagyobb korpusz az öthúros nagybőgőnél a normális statikai viszonyok kialakítására, a magas plasztika ugyanis kiegyenlítő hatással bír. Azonban a kisebb hangszertestű rendszer megnövekedett belső erői összességében túlzott feszültséget okozhatnak, melyek a leggyengébb pontokat hamarabb támadják meg, így rövidítve meg egy hangszer élettartamát. A tetőlemez vastagsági méretezése a hangszer akusztikai, spektrális és statikai tulajdonságait meghatározó egyik sarkalatos pontja. Mindamellett általánosságban kijelenthető, hogy a csekély, hegedűvel szembeni 2,5x-es tetővastagság (10mm) egy 9x nagyobb felületre illetve egy 4,5x-es húrnyomásra vetítve igen komoly statikai problémát jelent. A nagybőgő tető nem tudja megtartani a húrok nyomása alatt önmagát a lélek nélkül, a tetőlap beszakadását okozva. A hátra a lélek közvetítésével ilyen módon nagyobb terhelő erő jut. A nagybőgő tehát statikailag bizonyítottan sokkal sérülékenyebb a külső és belső erőhatásokkal szemben, a rendszer egyensúlya statikailag nagyon kényes az idegen erőhatásokra.

Bibliográfia

Arsenic Aleksandar: *Nagybőgő, mint a viola és a hegedűcsalád tagja.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola, 1993. (Kézirat).

Askenfelt, Anders: „Eigenmodes and Tone Quality of the Double Bass". *STL-QPSR* (1982.4): 149-174.

Bennewitz, Apian: *A hegedűépítés alapismeretei.* Budapest, 1992. (Kézirat).[eredeti megjelenés: P.O. Apian Bennewitz: *Die Geige.* Leipzig: Bernhard Friedrich Voigt, 1920.; első kiadás: 1892.]

Bordás Tibor: *Nagybőgők és nagybőgősök.* Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 1995.

Brockhaus Rieman: *Zenei lexikon.* Carl Dahlhaus, Hans Heinrich Eggebrecht (szerk.): G-N. Második kötet. Budapest: Zeneműkiadó vállalat, 1984.

Brown, Andrew William Mag.: *Acoustical Studies on the Flat-backed and Roundbacked Double Bass.* PhD disszertáció, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, 2004. (Kézirat).

——————: *An Acoustical Study of Double Bass Bridge Height Adjusters* http://iwk.mdw.ac.at/?page_id=99&sprache=2

Buzás Tibor: *Angol és francia nagybőgők.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola, 1995. (Kézirat).

Dániel István: *Mechanikai-dinamikai mérések eszközei, használatuk, kalibrálásuk.* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Médiainformatikai Tanszék, 2005. (Jegyzet).

Fricke, Jobst P.: „Wie erfüllt der Kontrabass seine Bassfunktion?". In: Monika Lustig (szerk.): *Michaelsteiner Kontrabassberichte Band 64, Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der tiefen Streichinstrumente.* Dössel,Saalekreis: Janos Stekovics, 2004. 191-199.

Fuhr, Karl Prof, Dr.: *A hegedű akusztikai rejtélyei.* Budapest, 2009 (Kézirat). [eredeti megjelenés: Prof. Dr. Karl Fuhr: *Die akustischen Rätsel der Geige.* Leipzig: Carl Merseburger, 1926.]

Güth, Wernfried: *Physik im Geigenbau.* Stuttgart: E. Kurz & Co., 1989.

Hutchins, Carleen Maley: „The Acoustics of Violin plates". *Scientific American* 245/4 (1981.10): 170 ff.

Kojnok József: *A hang idő és frekvencia-elemzése, hangspektrum, a zaj. 6.* ELTE IV. Környezettudomány 2007/2008 II.félév Akusztika és Zajszennyezés (Jegyzet) http://szft.elte.hu/~kojnok/akuea08/Akusztikaea6.ppt.

König, Adolf Heinrich: *A viola da gamba* Budapest: Magyar Hangszerész Szövetség, 2005. [eredeti megjelenés: Adolf Heinrich König: *Die Viola da Gamba.* Frankfurt/M.: Erwin Bochinsky GmbH & KG, 1985.]

Kubina Péter: *Montag Lajos, a nagybőgőzés kiemelkedő egyénisége.* DLA disszertáció, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, 2009. (Kézirat).

Meyer, Jürgen: *Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer und Architekten.* Frankfurt/M: Das Musikinstument, 1972.

_____ : „Zur Dynamik und Schalleistung von Orchesterinstrumenten". *Acustica* 71 (1990) 277-286.

Michels, Ulrich: *A zene atlasz.* (Budapest:Aetheneum 2000,2003): 40

Pap János: *A zenei akusztika alapjai.* Debrecen, 1992 (Kézirat).

_____ : *A hangszerakusztika alapjai.* Budapest,1995 (Kézirat).

Planyavsky, Alfred: *Geschichte des Kontrebasses*. Tutzing: Schneider, 1984.

dr. Pongrácz Pál: *A hegedűről ma. Hagyományok, tévelygések, távlatok.* Budapest: Ad Librum, 2009.

Praetorius, Michael: *Syntagma Musicum. Tomus Secundus da Organographia.* Wolfenbüttel: 1619.

Rossing, T. D. and N. H. Fletcher: *The Physics of Musical Instruments*. New York: Springer, 1998.

Sacconi, Simone F.: *Stradivari „titkai”* (Kézirat) [eredeti megjelenés: Simone Fernando Sacconi: *I "segreti" di Stradivari*. Cremona: Libreria del Convegno, 1972.]

Schleske, Martin: Wolfton. http://www.schleske.de/forschung/handbuch-geigenakustik/wolfton.html.

Simon Zsolt: *A „Wiener Klang”. A hangszerek és muzsikusok szerepe a bécsi hangzásban.* DLA disszertáció, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, 2009. (Kézirat).

Süskind, Patrick: *A nagybőgő.* Villa Székely, 2001. [eredeti megjelenés: Süskind, Patrick: *Der Kontrabass.* Diogenes, 1997.

Szabó Tamás: *A hegedűlábról.* Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Hangszerészképző Iskola, 2004. (Kézirat)

Tassy András: *Hegedű korpusz statikus feszültségeloszlásának számítógépes analízise*. Szakdolgozat, Liszt Ferenc Zeneművészeti Főiskola Hangszerészképző Iskola, 1998. (Kézirat).

Vadon Géza: *Hangszerész (vonós) szakmai ismeret.* Budapest: Műszaki könyvkiadó, 1975.

Ziegenhals, Gunter: „Akustik und Geometrie von Kontrabässen”. In: Monika Lustig (szerk.): *Michaelsteiner Kontrabassberichte Band 64: Geschichte, Bauweise und Spieltechnik der tiefen Streichinstrumente.* Dössel,Saalekreis: Janos Stekovics, 2004. 201-208.

Zopf, Simone Regina: *Untersuchung neuer und historischer akustisch- optischer Meßmethoden im Geigenbau. Empirische Versuche über das Schwingungsverhaltenvon Violinen.* PhD disszertáció, Geisteswissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien, 2000. (Kézirat).

További internetes források:

Sebastian Dallinger hangszerész

http://www.nagybogo.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=1455:dallinger-sebastian&catid=41:hangszerepitk&Itemid=75

Gollihur Music: Double Bass sizing.

http://www.gollihurmusic.com/faq/2-SIZES_DOUBLE_BASS_SIZING_FAQ.html

Thomas Martin: Old master Double Basses

http://www.thomasmartin.co.uk/instrumentsforsale/old-double-basses-sale

Vastagságmérő eszköz

http://www.mehr-als-werkzeug.de/product/707127/Hacklinger-Calliper-Version-D-2-Scales-2-Magnets.htm

Viola da Gamba

http://pt.wikipedia.org/wiki/Viola_da_gamba

FÜGGELÉK

I. tábla A nagybőgő kialakulása és formai fejlődése

A nagybőgő a legnagyobb és legmélyebb vonós hangszer. Kialakulása meglehetősen hosszú folyamat eredménye, mely a mai napig nem zárult le. A 16. században, amikor az uralkodó hangszercsalád a violone-gamba család volt, igen sokféle elnevezéssel illették a basszus (mély) regisztert játszó hangszert. A gamba magas rangú hangszernek számított, nemesemberek, előkelőségek játszottak előszeretettel rajta. A hegedűket azok használták, akik ezzel keresték kenyerüket. Mégis, míg a hegedű formája a XVII.-XVIII. század fordulójára kiforrottnak tekinthető, addig a gamba sokféle méretben és hangolással volt forgalomban. Alfred Planyavsky *Gesichte der Kontrabasses* című művében kimerítően közli a basszus szólam eljátszására megnevezett hangszerek felsorolását: Bassgeige, Bassviola, Bass violon, Violone, Basso da gamba, Contrabass-Viola, Gross-Contra-Bas-Geig, Bas geig de bracio.

Michael Pretorius 1619-ben kiadott hatalmas művében a *Syntagma Musicum* második kötetében az utókor szerencséjére ábrákon is megörökíti a hangszereket, köztük a basszushangszereket. A nagybőgő alakja már ekkor többféle formát követ: egyrészt a gamba, másrészt a viola da braccio (karhegedű) formáját, de léteznek még osztott felső és alsó kávájú inkább barokk bútorhoz hasonló hangszerek is. Ahogy a formában, úgy a hangolásban is rendkívül nagy eltérés tapasztalható, általában 5-7 húrosok voltak, hangterjedelmük a kontra A-tól az f' -ig terjedt, fogólapjuk rövid volt, 7 érintő volt rajtuk. A. H. König *Viola da Gamba* című könyvében két Kontrabass-Viola da gamba látható. Az egyik Ventura Linarol munkája 1585-ből (mely a gamba jellegzetességeit viseli magán), a másik Maggini hangszere (mely a hegedű jegyeit viseli magán). Ezek a hangszerek még érintőkkel rendelkeznek, 6 húrosak, azonban ezeket leszámítva ma is használhatóak lennének.

Valószínűsíthetően Gasparo da Salo (1542-1609) bresciai hangszerkészítő volt az első, aki az évszázad végén már a mai elnevezéshez igen közel álló hangszereket épített. Ezek 3-4-5-6 húrosok voltak érintők nélkül, hosszabbított fogólappal. Őt követte tanítványa Giovanni Paolo Maggini, aki a fentebb említett még érintős gamba mellett gyönyörű nagybőgőket is készített.

Ebben az időben általánosan elterjedt volt a terc-kvart hangolás (D-G-C-E-A-D), a létező kavart és kvinthangolás mellett. A kvinthangolásnak azonban csak kistestű hangszereken volt létjogosultsága, ugyanis a nagyobb hangszer méretei miatt rendkívül kényelmetlenek lettek. Többek között Bordás Tibor *Nagybőgők és nagybőgősök* című könyve is megemlíti, hogy a további kísérletek kistestű, (ún. Halbbass, Halbviolon) három húros kvarthangolású bőgőket eredményeztek, melyeket szóló játékra alkalmasnak tartottak. A XVIII. század közepétől kezdve a hangszer szólisztikus használata még inkább előtérbe került, miáltal a háromhúros, de nagyméretű hangszerek – az alsó húr elhagyásával – terjedtek el olasz és francia, majd angol földön. Az volt az általános elképzelés, miszerint nagyobbat és fényesebben szól a nagybőgő, és amúgy sem használják szóló darabok játszásakor a legalsó húrt. Németországban és Ausztriában a négyhúros nagybőgő terjedt el leginkább, mely a zenekari repertoár egyre mélyülő regisztere miatt, fokozatosan kiszorította háromhúros rokonát (háromhúros bőgők egészen a XX. század elejéig fennmaradtak). Manapság a zenekarokban igen elterjedt öthúros, kvarthangolású nagybőgő szubkontra H-ig képes a hangokat megszólaltatni.

A nagybőgő formáját jelentősen alakította a minél könnyebb kezelhetőség feltétele illetőleg a virtuozitás előtérbe kerülése. A hangszerek gyakran két méter feletti magassága 180-190 cm-re csökkent, a korpusz mérete kisebb lett, a nyak vékonyabb és hosszabb lett. Így nyerte el a ma használatos, a modern kor igényeinek megfelelő, széles sávban alkalmazható és variálható formáját.

II. tábla Nagybőgők formai gazdagsága

A Pöllmann hangszerüzem kínálata

III. tábla A tesztben résztvevő nagybőgők fotói

Man-Mo100-gl4

Névt-Bécs100-gl4

KisZ-09-gd5

RáczB-D09-hl4

ORub-56-gd4

Stow-gl4

RáczB-F07-hl4

KisZ-010-gd5

KovL-38-gd4

Cav-K05-hd5

Krat-09-hl5

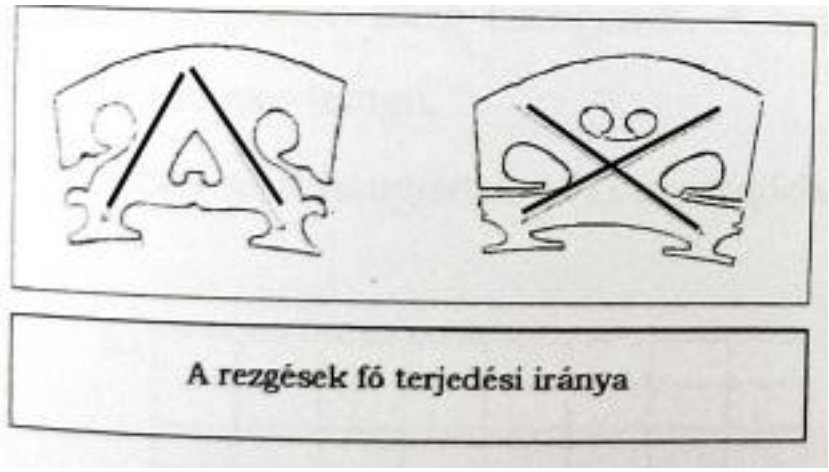
Pöl-gd5

IV. tábla A tesztben résztvevő hangszerek fő tulajdonságai

			Jellemzők			Méretezés							Frekvencia csúcsok				Lemezvastagságok				
	Megnevezés	**húr**	**forma**	**hát**	**szín**	**Teljes méret**	**Szemöldök kök**	**korpusz**	**Tető szél felső ív**	**Tető szél alsó ív**	**káva**	**Menzúra**	**A0 (Hz/dB) 1.**		**T1 (Hz/dB) 1.**		**Tető láb**	**Tető l.o. fent**	**Tető l.o. lent**	**Hát**	**Káva**
KovL-38-gd4	Kovács Lajos 1938 szóló hang	4	gamba	domború	pirosas	177	147,5	102 (1/2)	47	64,5	16,7-15,1	99	68	-65	112	-59	8,2	6,1	5,7	6,1-9-5,4	2,4
Man-Mo100-gl4	Manufaktúra 100 éves	4	gamba	lapos	lilás fekete	181	153	107 (3/4)	52	65	20	104	65	-74	103	-63	10mm	5,2-5,5	6,2-7,5	5,7	3,3
Man-Mo100-gl4-02	U.a Hát gerenda csere után	4											62	-67	100	-56					
Névt-Bécs100-gl4	Névt m bécsi stíljegy 100 éves MR	4	gamba	lapos	v sárgás barna	197	159,5	113,5 (3/4)	54,3	70,4	22,4	105,7	59	-68	96	-57	8	6-6,3	6-7,1	5,6	3-3,5
ORub-56-gd4	Otto Rubner 1956	4	gamba	domború	v sárgás barna	186	155,4	109,5 (3/4)	50,3	64,5	20,5	105,5	65	-83	106	-75	9,2	5-6,7	7	6,2-9	2,7-3,2
RáczB-F07-hl4	Rácz Barna Forster 1997	4	hegedű	lapos	sárgás barna	183,5	165,3	113 (3/4)	54,2	68,5	22	103,6	62,5	-76	100	-63	8	4,5-5,2	6,5-7,5	6,5	2,5
RáczB-D09-hl4	Rácz Barna dió 2010 körül	4	hegedű	lapos	közép barna	x		x			x	x	62,5	-82	106	-66	8,5	5,5	6,5		
Stow-gl4	Stowasser János 80 év	4	gamba	lapos	s. barna	186	156,5	113,5 (3/4)	53,5	65,5	21,4	105,7	59,3	-73	93,7	-67	8	4-5,5	5,1-8	4,5	2
Cav-K05-hd5	Cavallini kópia 2005 körül	5	hegedű	domború	pirosas	199	162,5	116,5 (4/4)	55,5	78	22,4-19,6	105,2	52	-67	96	-52	11,5	7,5-8	8,3-10,3	6,5-9	3
KisZ-09-gd5	Kis Zoltán 2009 BPSO	5	gamba	domború	v sárgás barna	192	158	109,8 (3/4)	49,3	69,5	22,7-19,2	107	68	-84	103	-72	9,5	5-6,2	6-7,6	5,5-7	2,4-2,7
KisZ-09-gd5-02	U.a. 1,5 év után	5											68	-68	103	-58					
KisZ-010-gd5	Kis Zoltán 2010	5	gamba	domború	v sárgás barna	186	163	115 (4/4)	51,5	70	21,7-18,6	105,5	56	-70	93	-65	7,4	4,5	5,5-6,2	6,5-7,5	2,7-3
Krat-09-hl5	Krattenmacher 2009	5	hegedű	lapos	pirosas barna	188	163	118,5 (4/4)	54	71	22,5-21,8	107	52	-67	90	-59	9	5,5	5,7-8,3	8-8,5	2,5
Pöl-gd5	Pöllmann 50	5	gamba/busetto	domború	sárgás barna	193	163	121 (4/4)	51,3	71	20,4	105,5	62,5	-76	90	-69	10	4,5-5	6,6-7,5	5-10,5	2,6

V. tábla

1. A barokk és a modern lábban a tetőre jutó rezgések fő terjedési iránya



2. Sebastian Dallinger kópia

VI. tábla Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése

VI. a. ÖSSZES HALLGATÓ

Beethoven 9. szimfóniájának Recitativo részlete felvételről

HANGMINTA száma: 01 Saját, Manufaktura nagy mo. területe 100 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			3	7	11	10	2	1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		2	1	7	17	4		3

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	8	14	4	6	1		**Fényes**
Kemény	1	9	3	5	11	5	1	**Puha**
Karcos	2	3	13	3	7	5	2	**Sima**
Fedett	1	5	7	5	6	9	1	**Nyílt**
Vékony	1	1	2	5	9	13	4	**Öblös**
Nyers	1	4	5	5	7	9	2	**Érett**
Éles		1	7	10	8	7	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		3	3	4	12	11	2	**Tömör, Telt**
Durva	2	3	7	7	10	5	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató

HANGMINTA száma: 02 névtelen bécsi fejes nagybőgő

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	4	8	15	5	1	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	6	6	16	5	1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		6	6	9	11	3		**Fényes**
Kemény		8	6	4	9	5	2	**Puha**
Karcos		5	7	4	12	7		**Sima**
Fedett	2	8	6	5	13	1		**Nyílt**
Vékony		3	12	4	7	7	2	**Öblös**
Nyers		5	8	2	10	6	2	**Érett**
Éles		3	10	5	11	3	3	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		7	6	11	7	3	1	**Tömör, Telt**
Durva		4	8	6	10	6	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató

HANGMINTA száma: 03 Kis Zoli 2009

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		5	9	5	4	3		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			4	10	9	7	2	2

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	1	2	5	7	9	11		**Fényes**
Kemény		12	5	3	7	7		**Puha**
Karcos	2	9	8	5	5	6		**Sima**
Fedett	4	9	6	8	2	7	1	**Nyílt**
Vékony	2	10	10	2	5	5	1	**Öblös**
Nyers	4	5	9	6	6	2	1	**Érett**
Éles	1	6	11	5	6	3	3	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	3	5	8	5	9	3	1	**Tömör, Telt**
Durva		6	8	9	9	2	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató

HANGMINTA száma: 04 Rácz Barna 98 modell 2009 dió hát

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	11	16	6

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				3	22	8		2

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	3	11	6	3	3	6	3	**Fényes**
Kemény		11	9	7	4	3	1	**Puha**
Karcos		9	11	4	4	6	1	**Sima**
Fedett			4	4	7	11	8	**Nyílt**
Vékony		1		4	9	11	8	**Öblös**
Nyers		5	5	2	8	12	3	**Érett**
Éles	1	4	6	10	9	5	3	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				3	6	11	5	**Tömör, Telt**
Durva	1	2	6	4	11	8	3	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 05 Otto Rubner 1956

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		5	15	8	4	2		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	2	8	18	6		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		7	9	9	10			**Fényes**
Kemény		1	8	5	10	7	4	**Puha**
Karcos	1	1	7	5	10	7	3	**Sima**
Fedett	4	9	13	2	5	1	1	**Nyílt**
Vékony	3	9	6	6	10	3	1	**Öblös**
Nyers	1	6	7	7	7	4	2	**Érett**
Éles		2	5	8	12	7	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	3	8	6	8	5	4	1	**Tömör, Telt**
Durva		2	7	11	8	6	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 06 Stowasser János kb 80 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	1	6	6	18	3

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	3	3	21	3	2	2

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	3	7	7	8	5	4		**Fényes**
Kemény	3	6	9	5	4	6	2	**Puha**
Karcos	2	11	8	3	7	4		**Sima**
Fedett		3	3	4	11	10	4	**Nyílt**
Vékony	1	1		5	7	16	5	**Öblös**
Nyers		2	11	3	3	13	3	**Érett**
Éles	1	2	10	5	3	10	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		2	3	4	8	14	4	**Tömör, Telt**
Durva		5	4	4	7	10	5	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 07 Rácz Barna 2007 Forster kópia:

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				1	4	17	10	2

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		2	1	2	17	8	5	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	4	3	7	8	8	2	**Fényes**
Kemény	2	8	11	7	3	3	1	**Puha**
Karcos	2	9	10	2	8	2	2	**Sima**
Fedett		1	2	9	9	9	5	**Nyílt**
Vékony	1	4	7	5	7	9	2	**Öblös**
Nyers	2	8	8	5	7	3	2	**Érett**
Éles	3	7	9	2	6	5	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	2	4	7	8	8	4	**Tömör, Telt**
Durva	2	2	15	6	5	2	2	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 08 Kis Zoli 2010

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				9	14	4	6	1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		4	6	3	15	5	1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	7	10	5	4	7		**Fényes**
Kemény	1	10	11	3	7	1	1	**Puha**
Karcos	4	8	11	3	3	3	3	**Sima**
Fedett	1	8	8	8	2	7	1	**Nyílt**
Vékony	1	5	5	4	10	7	2	**Öblös**
Nyers	2	9	9	5	4	4	1	**Érett**
Éles	2	6	6	9	7	3	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	6	9	5	8	4	2	**Tömör, Telt**
Durva	2	4	11	6	7	2	3	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 09 Kovács Lajos szóló

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	4	12	10	6		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1	2	7	8	9	6

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét			2	1	10	13	8	**Fényes**
Kemény	1	12	6	3	5	8		**Puha**
Karcos	3	13	8	4	4	2	1	**Sima**
Fedett	3	7	8	1	7	7	1	**Nyílt**
Vékony	11	10	8	2		4		**Öblös**
Nyers	4	12	8	1	4	2	2	**Érett**
Éles	6	10	10	7	1		1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	6	7	6	8	5	2	1	**Tömör, Telt**
Durva		7	7	10	7	3	2	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 010 Cavallini kópia

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			10	15	4	1	1	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		2	4	6	14	7		2

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	1	5	13	5	6	3	2	**Fényes**
Kemény	1		9	6	6	9	3	**Puha**
Karcos	1	6	5	7	11	4	1	**Sima**
Fedett	2	10	8	5	6	5		**Nyílt**
Vékony	1	7	8	2	8	8	1	**Öblös**
Nyers	1	5	12	6	8	2		**Érett**
Éles		3	7	8	7	9	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	7	6	8	10	1	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	3	6	8	12	5		**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató

HANGMINTA száma: 011 Krattenmacher b modell

Ú

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	4	13	16

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		3	1	5	11	9	4	1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	3	5	4	3	8	10	3	**Fényes**
Kemény	2	11	9	7	5	1		**Puha**
Karcos	10	7	10	4	6	3		**Sima**
Fedett	1		4	4	7	13	6	**Nyílt**
Vékony		1	5	3	11	9	6	**Öblös**
Nyers	2	8	7	4	3	7	3	**Érett**
Éles	2	7	8	4	7	4	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		2	1	7	12	14	2	**Tömör, Telt**
Durva	4	8	7	4	7	4	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató

HANGMINTA száma: 012 Kis Zoli 2009 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					5	7	17	5

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		2	2	8	18	4	1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		6	5	5	12	5	1	**Fényes**
Kemény	5	6	12	3	3	6		**Puha**
Karcos	9	10	6	3	4	3		**Sima**
Fedett	1	2	4	1	8	14	5	**Nyílt**
Vékony		2	3	5	12	8	4	**Öblös**
Nyers	4	9	4		8	8	2	**Érett**
Éles	2	11	6	2	7	6	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		2	8	8	6	11	3	**Tömör, Telt**
Durva	2	8	10	3	6	6	1	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 013 Saját manufaktura 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					5	8	13	8

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	2	5	23	4		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	5	7	7	8	3	2	**Fényes**
Kemény	2	5	13	7	3	5		**Puha**
Karcos		4	11	7	7	3	3	**Sima**
Fedett		2		6	10	11	6	**Nyílt**
Vékony		1	2	3	13	12	4	**Öblös**
Nyers	2	5	4	2	7	12	3	**Érett**
Éles	1	4	6	10	6	5	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			3	7	9	12	3	**Tömör, Telt**
Durva	2	3	8	5	10	3	4	**Nemes**
Egyéb:								

Összes hallgató
HANGMINTA száma: 014 Pöllmann

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		3	16	9	6			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		2	5	6	16	5		1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	1	8	6	11	5	3	1	**Fényes**
Kemény	1	3	1	8	3	13	4	**Puha**
Karcos	1	3	6	3	7	9	6	**Sima**
Fedett	4	10	8	2	8	2	1	**Nyílt**
Vékony	5	5	4	5	5	6	5	**Öblös**
Nyers	2	3	3	8	8	7	3	**Érett**
Éles	2	2	2	6	13	6	3	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	3	4	2	11	8	7	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	2	3	4	11	11	3	**Nemes**
Egyéb:								

VI. b. BŐGŐS HALLGATÓK

Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése

Beethoven 9. szimfóniájának Recitativo részlete felvételről

HANGMINTA száma: 01 Saját, Manufaktura nagy mo. területe 100 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	3	1	5	2	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1		4	5	1		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		2	7	2	1			**Fényes**
Kemény		4	2	1	4	1		**Puha**
Karcos	1	1	6	1	1	2		**Sima**
Fedett		2	4	1	1	4		**Nyílt**
Vékony				2	6	3	1	**Öblös**
Nyers			1	2	5	2	1	**Érett**
Éles			6	3	3			**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				3	6	3		**Tömör, Telt**
Durva			3	5	4			**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató

HANGMINTA száma: 02 névtelen bécsi fejes nagybőgő

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	4	5	2		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			2	4	3	3		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		3	1	2	4	2		**Fényes**
Kemény		5	2	2	1	1		**Puha**
Karcos		5	1	1	4	1		**Sima**
Fedett	1	2	2	3	4			**Nyílt**
Vékony			4	1	4	3		**Öblös**
Nyers		2	4		5	1		**Érett**
Éles		3	4	1	3	1		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		2	5	1	2	2		**Tömör, Telt**
Durva		3	4	1	2	2		**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 03 Kis Zoli 2009

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	4	5	1	1		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1	4	2	5		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét			1	2	3	6		**Fényes**
Kemény		8	2		1	1		**Puha**
Karcos	2	4	3		2			**Sima**
Fedett		6	2	1		3		**Nyílt**
Vékony	1	6	5					**Öblös**
Nyers	2	4	4		1			**Érett**
Éles		4	7		1			**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	2	4	2	5	1		**Tömör, Telt**
Durva		3	5	2	2			**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 04 Rácz Barna 98 modell 2009 dió hát

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
						4	2	1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	6	5		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		3	3	1	2	3		**Fényes**
Kemény		4	3	4	1			**Puha**
Karcos		4	1	4		3		**Sima**
Fedett			1	1	5	5		**Nyílt**
Vékony			1	1	6	3	1	**Öblös**
Nyers		1	2		4	4	1	**Érett**
Éles		1	2	3	5		1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				3	6	2	1	**Tömör, Telt**
Durva			2	2	7	1		**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 05 Otto Rubner 1956

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			7	4	1			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				4	5	3		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	3	3	5			**Fényes**
Kemény		1	5	1	2	2	1	**Puha**
Karcos		1	3	3	2	4		**Sima**
Fedett	1	2	5		4			**Nyílt**
Vékony		6	2	2	1	1		**Öblös**
Nyers		2	3	2	3	1		**Érett**
Éles		2	3	1	4	1		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	3	2	3	2	1		**Tömör, Telt**
Durva			5	1	4	2		**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 06 Stowasser János kb 80 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			2		2	1	7	1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				2	8	1	1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	4	2	3	2		**Fényes**
Kemény	1	2	3	2	2	2		**Puha**
Karcos		3	2	2	3	2		**Sima**
Fedett		2			3	6	1	**Nyílt**
Vékony	1		1	2	1	6	1	**Öblös**
Nyers			2	1	2	6	1	**Érett**
Éles		1	3	1	1	4		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1	2		1	6	1	**Tömör, Telt**
Durva			1	2	2	6	1	**Nemes**

Egyéb:

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 07 Rácz Barna 2007 Forster kópia

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				1	1	7	3	

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1		5	4	2	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	1			2	4	5		Fényes
Kemény		4	5	1	1	1		Puha
Karcos		2	4	1	3		1	Sima
Fedett		1	1	3	2	3	1	Nyílt
Vékony		2	3	2	3	2		Öblös
Nyers		4	1	3	3	1		Érett
Éles	1	3	4		2	2		Gömbölyű
Levegős, Fátyolos		1	2	3	1	3	1	Tömör, Telt
Durva			5	3	2	1		Nemes
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 08 Kis Zoli 2010

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				4	6	2		

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	7	3	1	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		2	2	2	3	3		Fényes
Kemény	1	3	3	1	2	1		Puha
Karcos	1	3	2	2	2	2		Sima
Fedett	1	4	3	1	1	2		Nyílt
Vékony		4	2	3	3	1		Öblös
Nyers		6	3	3	1			Érett
Éles		2	4	5	1			Gömbölyű
Levegős, Fátyolos		1	7		4			Tömör, Telt
Durva		2	4	2	4			Nemes
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 09 Kovács Lajos szóló

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	2	4	2	3		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1	1	3	1	4	1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét			1		2	4	4	**Fényes**
Kemény	1	8	1	2				**Puha**
Karcos		7	3	2				**Sima**
Fedett	2	5	2			2	1	**Nyílt**
Vékony	6	3	2			2		**Öblös**
Nyers	3	5	2		1			**Érett**
Éles	4	3	4	1				**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	3	4	1	2	1	1		**Tömör, Telt**
Durva		3	4	2	2	1		**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 010 Cavallini kópia

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			3	6	2		1	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	1	1	6	3		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	5	3	2	1		**Fényes**
Kemény			5	3	1	3		**Puha**
Karcos		2	3	3	4			**Sima**
Fedett		6	3	2		1		**Nyílt**
Vékony	1	1	4	1	5			**Öblös**
Nyers		2	6	2	3			**Érett**
Éles		3	2	2	3	2		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		4	2	3	3			**Tömör, Telt**
Durva		2	4	1	4	1		**Nemes**

Egyéb:

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 011 Krattenmacher b modell

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
						1	6	5

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				2	3	5	2	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		1		1	4	5	1	Fényes
Kemény	1	4	2	4	1			Puha
Karcos	3	3	6					Sima
Fedett			2	2	1	5	2	Nyílt
Vékony		1	3	3	3	2		Öblös
Nyers	1	4	3	2	1	1		Érett
Éles	1	3	3	1	3			Gömbölyű
Levegős, Fátyolos		1	1	3	4	3		Tömör, Telt
Durva	1	3	2	3	3			Nemes
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 012 Kis Zoli 2009 2. mérés

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	3	7	1

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				3	6	2	1	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		1	2	1	3	4		Fényes
Kemény	1	1	5	2	1	2		Puha
Karcos	1	2	4	1	2	2		Sima
Fedett			2		2	7	1	Nyílt
Vékony		2	2		4	4		Öblös
Nyers		1	2		4	5		Érett
Éles		4	4		1	2	1	Gömbölyű
Levegős, Fátyolos		1	1	3	1	5	1	Tömör, Telt
Durva		1	3		4	4		Nemes

Egyéb:

Bőgős halgató
HANGMINTA száma: 013 Saját manufaktura 2. mérés

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					2	4	5	1

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1	3	5	3		

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét			3	2	4	2	1	**Fényes**
Kemény		2	5	3	1	1		**Puha**
Karcos		1	5	4	1	1		**Sima**
Fedett				1	6	4	1	**Nyílt**
Vékony			2	3	2	5		**Öblös**
Nyers	1	1	2	1	1	6		**Érett**
Éles		2	3	6	1			**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			2	4	3	3		**Tömör, Telt**
Durva		2	3	2	5			**Nemes**
Egyéb:								

Bőgős hallgató
HANGMINTA száma: 014 Pöllmann

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	6	3	2			

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	3	2	5	1		

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	1	4	2	4	1			**Fényes**
Kemény	1	1	1	2	3	3	1	**Puha**
Karcos	1	1	2		2	5	1	**Sima**
Fedett	1	5	1	1	3	1		**Nyílt**
Vékony	3	2	2		1	2	4	**Öblös**
Nyers		3	1	1	4	2		**Érett**
Éles	1	2	1	1	4	3		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	2	3	1		2	3	1	**Tömör, Telt**
Durva	1	2	1	1	3	3	1	**Nemes**

Egyéb:

VI. c. ZENÉSZ HALLGATÓK
Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése

Beethoven 9. szimfóniájának Recitativo részlete felvételről

HANGMINTA száma: 01 Saját, Manufaktúra, Nagy Mo. területe kb 100 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	3	6	3		1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1		4	5	3		2

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	1	4	5	2	3			**Fényes**
Kemény	1	3		3	4	4		**Puha**
Karcos	1	2	5	1	4	2		**Sima**
Fedett		3	2	2	4	2	1	**Nyílt**
Vékony	1	1	2		x	8	2	**Öblös**
Nyers	1	4	2	2	2	3	1	**Érett**
Éles		1	2	5	3	3	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1	1	1	5	5	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	3	1	3	5	1	1	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 02 Névtelen bécsi fejes bőgő

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			3	3	7	x		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			4		10		1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		2	4	4	5			**Fényes**
Kemény		x	1	1	7	4	1	**Puha**
Karcos			1	3	4	6		**Sima**
Fedett		5	2	1	6	1		**Nyílt**
Vékony		3	4	2	2	4		**Öblös**
Nyers		1	1	2	3	4	2	**Érett**
Éles		x	4	1	6	2	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		4	1	7	2	1		**Tömör, Telt**
Durva		1	2	2	7	2	1	**Nemes**

Egyéb:

Zenész
HANGMINTA száma: 03 Kis Zoli 2009

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		4	1	7		2		

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			2	4	3	2	2	2

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		2	3	2	5	3		**Fényes**
Kemény		2	3	1	5	3		**Puha**
Karcos		3	4	2	2	4		**Sima**
Fedett	3	2	4	3	1	1	1	**Nyílt**
Vékony	1	3	5	1	4	1		**Öblös**
Nyers	2	1	3	5	4			**Érett**
Éles	1	2	4	3	3	1	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	2	3	2		6	1		**Tömör, Telt**
Durva		2	3	5	4	1		**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 04 Rácz Barna 98 modell 2009 dió hát

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
						5	6	3

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	13	1		

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	2	7		2	1	2	1	**Fényes**
Kemény		3	4	3	2	3		**Puha**
Karcos		3	5		4	3		**Sima**
Fedett			1	1	3	4	6	**Nyílt**
Vékony				1	2	6	5	**Öblös**
Nyers		2	2		3	7	1	**Érett**
Éles		2	4	3	1	2	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos					5	8	2	**Tömör, Telt**
Durva		1	2	1	4	5	2	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 05 Otto Rubner 1956

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		4	5	3	1	1		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	2	3	8	1		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		3	5	5	2			**Fényes**
Kemény			3	1	7	3	1	**Puha**
Karcos	1		2	2	6	1	2	**Sima**
Fedett	2	6	6	1				**Nyílt**
Vékony	3	2	4	3	2		1	**Öblös**
Nyers		3	1	3	3	3	1	**Érett**
Éles			1	4	6	3		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	3	4	2	1	3	1	**Tömör, Telt**
Durva		1	1	6	3	4		**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 06 Stowasser János

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					4	3	8	1

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	4		9		1	1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	6	2	3	1			**Fényes**
Kemény	1	2	5	1	2	3	1	**Puha**
Karcos	x	6	3	1	3	1		**Sima**
Fedett		1	1	2	6	4	2	**Nyílt**
Vékony				3	3	7	2	**Öblös**
Nyers		2	4	x	1	5	2	**Érett**
Éles		1	5	1	1	5	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				2	4	7	2	**Tömör, Telt**
Durva		3	2	1	3	3	3	**Nemes**

Egyéb:

Zenész

HANGMINTA száma: 07 Rácz Barna 1997 Forster kópia

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	7	4	2

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1		2	9	2	1	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		3	2	3	2	4		**Fényes**
Kemény	2	3	3	4	1	2		**Puha**
Karcos	2	2	5	1	3	2		**Sima**
Fedett				2	5	5	3	**Nyílt**
Vékony	1	1	2	2	2	6	1	**Öblös**
Nyers	1	3	5	1	2	2	x	**Érett**
Éles	1	3	5	1	1	3	x	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1	1	2	5	4	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	2	5	2	3	1	x	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész

HANGMINTA száma: 08 Kis Zoli 2010

1.	HANGERŐ	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				2	7		5	

2.	KIEGYENLÍTETT HANGZÁS	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		3	6	1	6			

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	2	4	4	1		4		**Fényes**
Kemény		4	6	1	4			**Puha**
Karcos	3	2	6	2	1		2	**Sima**
Fedett		1	2	5	2	4	x	**Nyílt**
Vékony	1	1	3	2	3	4	1	**Öblös**
Nyers	2	2	5	1	2	2	x	**Érett**
Éles	2	2	2	2	5		2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	2	2	2	2	4	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	2	5	2	2	1	2	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 09 Kovács Lajos szóló

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	5	6	1		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
					2	4	4	4

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét					4	8	3	**Fényes**
Kemény		4	4	1	4	2		**Puha**
Karcos	2	6	3	1	2			**Sima**
Fedett		2	3	1	4	5		**Nyílt**
Vékony	3	5	4	1		1		**Öblös**
Nyers	1	6	5		1	1	1	**Érett**
Éles	2	6	4	2	1			**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	2	3	3	4	2	1		**Tömör, Telt**
Durva		4	2	5	2	2		**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 010 Cavallini kópia

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			4	7	2	x		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		x	3	3	4	3		1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	1	2	7	1	2	1	1	**Fényes**
Kemény			4	2	3	4	2	**Puha**
Karcos		4	2	2	3	3	1	**Sima**
Fedett	2	3	4	1	1	2		**Nyílt**
Vékony		4	3	1		6	1	**Öblös**
Nyers	1	1	4	4	3	2		**Érett**
Éles			4	4	x	5	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	2	3	2	5	1	1	**Tömör, Telt**
Durva	1		2	5	6	1		**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 011 Krattenmacher b modell

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
						2	4	8

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		3	1	1	5	4	1	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	2	3	1	2	4	2	1	**Fényes**
Kemény		6	4	1	4			**Puha**
Karcos	2	3	2	3	3	2		**Sima**
Fedett					4	8	3	**Nyílt**
Vékony			1		4	6	4	**Öblös**
Nyers	1	3	1	2		5	2	**Érett**
Éles	1	3	3	1	3	3	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				2	5	7	1	**Tömör, Telt**
Durva	4	2	3		3	3		**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 012 Kis Zoli 2009 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					2	2	8	2

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	1	4	8	1		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		3	1	3	8			**Fényes**
Kemény	3	4	3	1	1	3		**Puha**
Karcos	5	6	1	1	1	1		**Sima**
Fedett	1	x		1	4	5	3	**Nyílt**
Vékony		2		4	5	1	3	**Öblös**
Nyers	3	5	2		3	1	1	**Érett**
Éles	3	5	2	1	5	1		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			3	3	4	3	2	**Tömör, Telt**
Durva	2	1	5	3	1	1	1	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész

HANGMINTA száma: 013 Saját bőgő, Manufaktúra 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	1	6	5

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1	1	12			

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	2	3	3	4	1	1	1	**Fényes**
Kemény	x	2	5	2	1	4		**Puha**
Karcos		2	5	1	3	2	2	**Sima**
Fedett		1		2	3	6	3	**Nyílt**
Vékony					8	4	3	**Öblös**
Nyers	1	3	1	1	4	3	2	**Érett**
Éles	1	1	4		5	2	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			1	1	2	8	3	**Tömör, Telt**
Durva	1		3	1	5	2	3	**Nemes**
Egyéb:								

Zenész
HANGMINTA száma: 014 Pöllmann

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	7	5	1			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	2	2	6	3		1

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		3	2	4	4	2		**Fényes**
Kemény		1		4		9	x	**Puha**
Karcos		1	3	2	2	4	3	**Sima**
Fedett	2	4	4	1	3	1		**Nyílt**
Vékony	3	3	2	2	2	2	1	**Öblös**
Nyers	2		1	5	2	4	1	**Érett**
Éles	1		1	3	5	3	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	1	1	1	4	4	3		**Tömör, Telt**
Durva		1	1		7	5	1	**Nemes**
Egyéb:								

VI. d. NEMZENÉSZ HALLGATÓK

Nagybőgő szubjektív hangszínmegítélése

Beethoven 9. szimfóniájának Recitativo részlete felvételről

HANGMINTA száma: 01 Saját, Manufaktúra, Nagy Mo. területe kb 100 év

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	1	4	2		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			1		6			1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	x	2	2		2	1		**Fényes**
Kemény		2	1	1	3		1	**Puha**
Karcos			2	1	2	1	2	**Sima**
Fedett	1		1	1	2	3		**Nyílt**
Vékony				3	2	2	x	**Öblös**
Nyers			2	x		5		**Érett**
Éles				1	2	4	1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		x	3		2	3		**Tömör, Telt**
Durva	x		2		1	4		**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész

HANGMINTA száma: 02 Névtelen bécsi fejes bőgő

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1		1	3	2	x	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1		2	3	2		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	1	2	2	x		**Fényes**
Kemény		2	3	1	1		1	**Puha**
Karcos			4		4			**Sima**
Fedett	1	1	2	1	3			**Nyílt**
Vékony			4	1	1		2	**Öblös**
Nyers		2	3		2	1		**Érett**
Éles			1	3	2		2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1		3	3		x	**Tömör, Telt**
Durva			2	3	1	2		**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 03 Kis Zoli 2009

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			4		4			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
			x	2	4		1	

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	1		x	3	1	2		**Fényes**
Kemény		2		2	1	3		**Puha**
Karcos		2		2	2	2		**Sima**
Fedett	1	x		2	1	3		**Nyílt**
Vékony		1		1	1	4	x	**Öblös**
Nyers			2	1	1	3	1	**Érett**
Éles				2	2	2	2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			2	3	1	x	1	**Tömör, Telt**
Durva		x		2	3	1	1	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 04 Rácz Barna 98 modell 2009 dió hát

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	2	3	2

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	3	2		2

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét	1	1	3			x	2	**Fényes**
Kemény		4	2		1		1	**Puha**
Karcos		2	5				1	**Sima**
Fedett			2	2		x	3	**Nyílt**
Vékony		1		1	1	2	2	**Öblös**
Nyers		2	1	2	x	1	1	**Érett**
Éles	1	x		4	1		1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos				x	3	2	2	**Tömör, Telt**
Durva	1	1	2	2		x	1	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 05 Otto Rubner 1956

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	3	1	2	1		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	5	2		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		3	1	1	3			**Fényes**
Kemény				3	1	2	2	**Puha**
Karcos			1	2	2	2	x	**Sima**
Fedett	1	1	2	1	1	1	x	**Nyílt**
Vékony		1		1	4	2		**Öblös**
Nyers	1	1	2	2	1		x	**Érett**
Éles			1	2	2		2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	x	2		3	2			**Tömör, Telt**
Durva		1	1	4	1		x	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 06 Stowasser János

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				1	1	1	4	x

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	4	2		1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	x		1	3	1	2		**Fényes**
Kemény	x	2	1	2		1	1	**Puha**
Karcos	x	2	3		1	1		**Sima**
Fedett			2	2	2	1	1	**Nyílt**
Vékony		1			2	3	2	**Öblös**
Nyers		1	4	x		2		**Érett**
Éles	1	1	1	3	1	1		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			2	2	3	1	1	**Tömör, Telt**
Durva		2	1	1	2	1	1	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 07 Rácz Barna 1997 Forster kópia

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					2	3	7	

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1			3	2	2	

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét	x	1	1	2	1		2	**Fényes**
Kemény		1	3	2	1		1	**Puha**
Karcos		4	1		2		1	**Sima**
Fedett			1	4	1	1	1	**Nyílt**
Vékony			2	1	3	x	1	**Öblös**
Nyers	1	1	2	1	1		1	**Érett**
Éles	x	1	1	1	3		1	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	x		1	2	2	1	1	**Tömör, Telt**
Durva	x		5	1			1	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 08 Kis Zoli 2010

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
				2	2	2	1	x

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	1	1	4	1		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		2	3	2	1			**Fényes**
Kemény		3	3		1		x	**Puha**
Karcos	1	3	3				x	**Sima**
Fedett		3	3	x		1		**Nyílt**
Vékony					5	2	x	**Öblös**
Nyers		2	2	2		2		**Érett**
Éles		2	1	1	1	3		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		3		4	1			**Tömör, Telt**
Durva	1		2	2	1	1	x	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 09 Kovács Lajos szóló

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			1	3	2	2		

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				1	2	4		1

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét			1	1	5		x	**Fényes**
Kemény			1		2	5		**Puha**
Karcos			2	1	3	x	1	**Sima**
Fedett	1		3		3	x		**Nyílt**
Vékony	2	2	2	1		1		**Öblös**
Nyers		1	2	1	2	1	x	**Érett**
Éles		1	2	4			x	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos	x		2	2	2		1	**Tömör, Telt**
Durva			1	3	2		2	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 010 Cavallini kópia

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
			3	2	3			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				2	4	1		1

	+3	+2	+1	0	+1	+2	+3	
Sötét		2	1	1	2	1	x	**Fényes**
Kemény	x			1	3	2	1	**Puha**
Karcos	x			2	4	1		**Sima**
Fedett		1	1	2	4			**Nyílt**
Vékony		2	1		3	2		**Öblös**
Nyers		2	2	1	2		1	**Érett**
Éles			1	2	3	2		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1	1	3	2		1	**Tömör, Telt**
Durva		x		2	2	3		**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 011 Krattenmacher b modell

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					1	1	3	3

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				2	3		2	1

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	3			3	1	**Fényes**
Kemény	x	1	3	2		1		**Puha**
Karcos		1	2	x	3	1		**Sima**
Fedett	x		2	2	2		1	**Nyílt**
Vékony			1		4	1	2	**Öblös**
Nyers		2	3		2		x	**Érett**
Éles		1	2	2	1	1	x	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1		2	3	1	x	**Tömör, Telt**
Durva		2	2	1		1	x	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész
HANGMINTA száma: 012 Kis Zoli 2009 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					2	2	2	2

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1	1	1	4	x		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		2	2	1	1	1	1	**Fényes**
Kemény	x	1	4		1	1		**Puha**
Karcos	3	2	1	1	1			**Sima**
Fedett		1	2		2	2	1	**Nyílt**
Vékony				1	3	3	x	**Öblös**
Nyers	x	3			1	2	1	**Érett**
Éles	x	1	1	1	1	3		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		x	1	2	1	3		**Tömör, Telt**
Durva		4	2		1	1		**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész

HANGMINTA száma: 013 Saját bőgő, Manufaktúra 2. mérés

1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
					2	3	1	2

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
		1			6	1		

	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		2	1	1	3		x	**Fényes**
Kemény	x	1	3	2	1			**Puha**
Karcos		1	1	2	3		x	**Sima**
Fedett		1		3	1	1	2	**Nyílt**
Vékony		1			3	3	x	**Öblös**
Nyers		1	1		2	3	x	**Érett**
Éles		1		4		3		**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos			x	2	4	1		**Tömör, Telt**
Durva	1	1	2	2		1	x	**Nemes**
Egyéb:								

Nemzenész

HANGMINTA száma: 014 Pöllmann

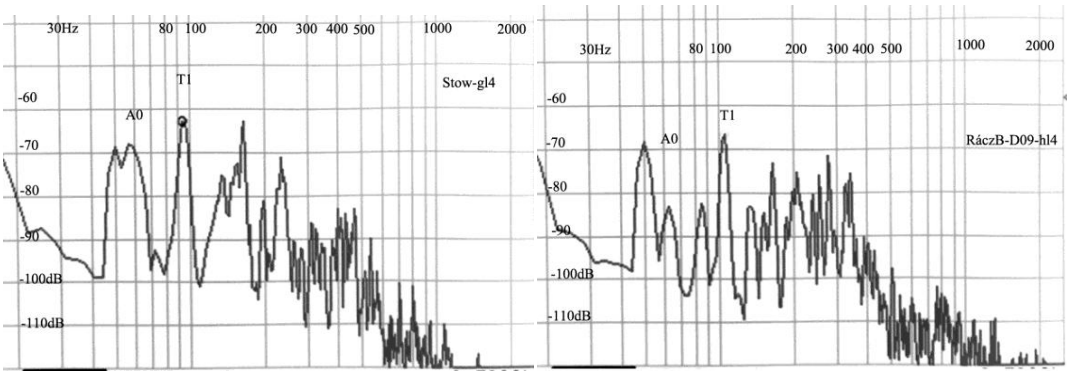
1.	**HANGERŐ**	Halk 1	2	3	4	5	6	Hangos 7
		1	3	1	3			

2.	**KIEGYENLÍTETT HANGZÁS**	Alsó húrok dominálnak	Kiegyenlített					Felső húrok dominálnak
				2	5	1		

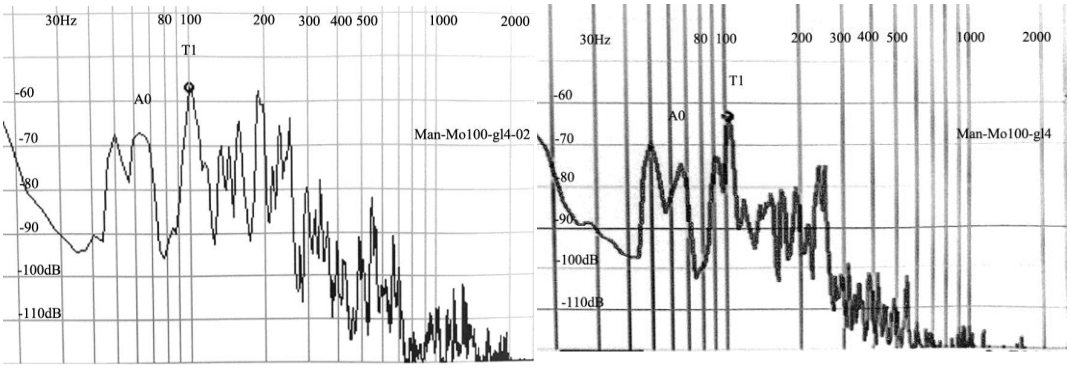
	+3	**+2**	**+1**	**0**	**+1**	**+2**	**+3**	
Sötét		1	2	3		1	1	**Fényes**
Kemény		1		2	2	1	2	**Puha**
Karcos		1	1	1	3		2	**Sima**
Fedett	1	1	3		2		1	**Nyílt**
Vékony		1		3	2	2		**Öblös**
Nyers			1	2	2	1	2	**Érett**
Éles				2	4		2	**Gömbölyű**
Levegős, Fátyolos		1		3	2	1	1	**Tömör, Telt**
Durva				3	1	3	1	**Nemes**
Egyéb:								

VII. tábla Testspektrumok rangsor szerint

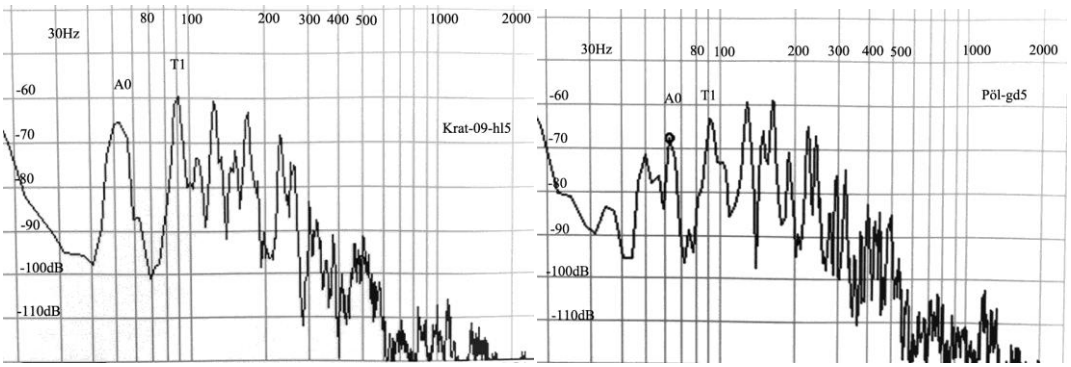
A vizsgálatban résztvevő nagybőgők testspektrumai, ráfelelési görbéi az első mért pontban az összes hallgató rangsorolása szerint



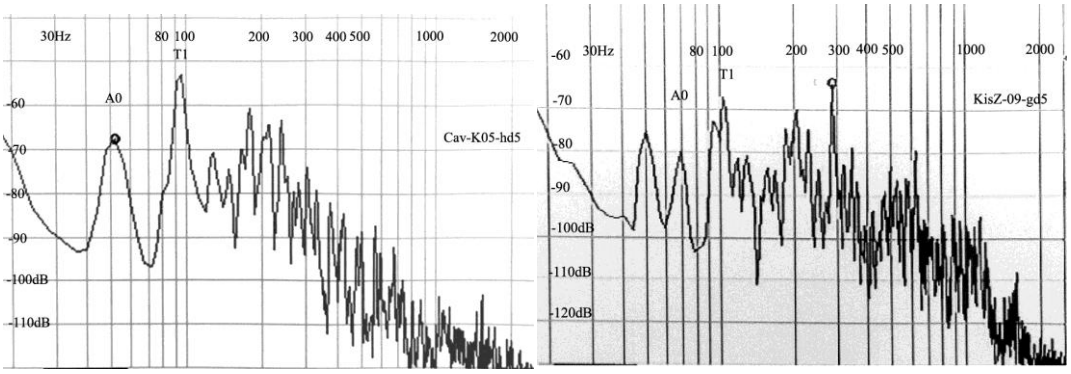
58. ábra Első és második helyezett



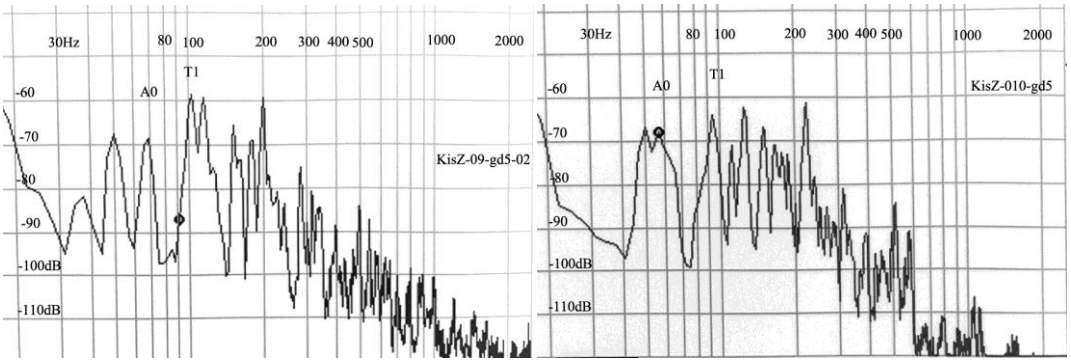
59. ábra Harmadik és negyedik helyezett



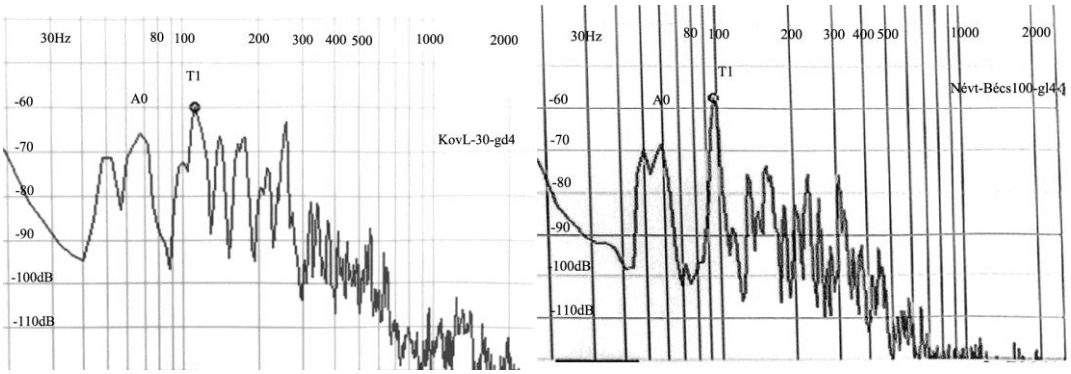
60. ábra Ötödik és hatodik helyezett



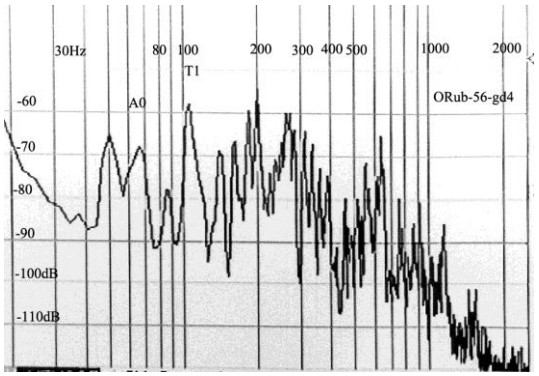
61. ábra Nyolcadik és kilencedik helyezett



62. ábra Tizedik és tizenegyedik helyezett



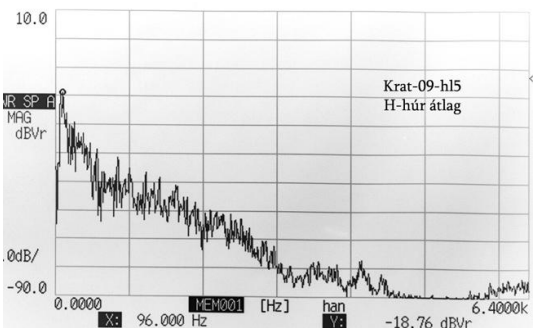
63. ábra Tizenkettedik és tizenharmadik helyezett

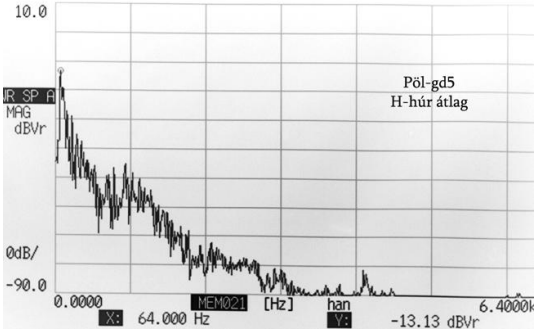


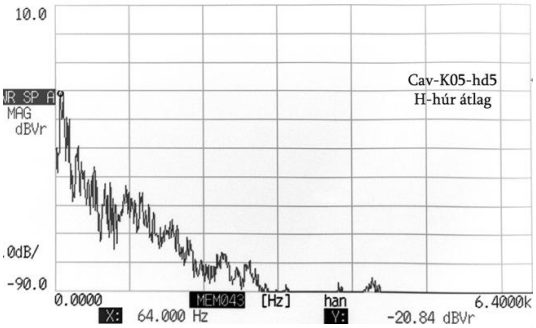
64. ábra Tizennegyedik helyezett

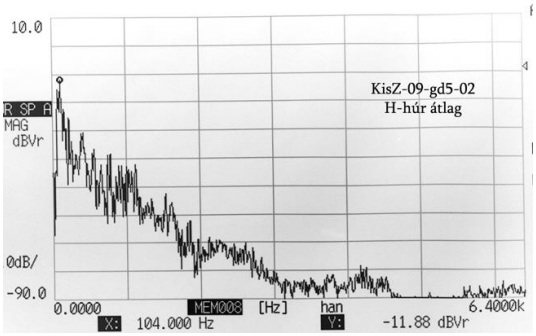
VIII. tábla A játszott hangok átlagspektrumai és tercsávos elrendezése a rangsor alapján

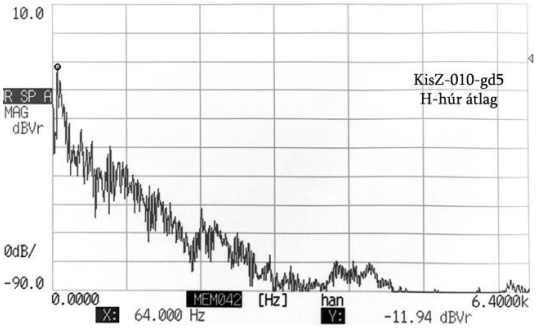
VIII. a. Szubkontra H-húr átlag





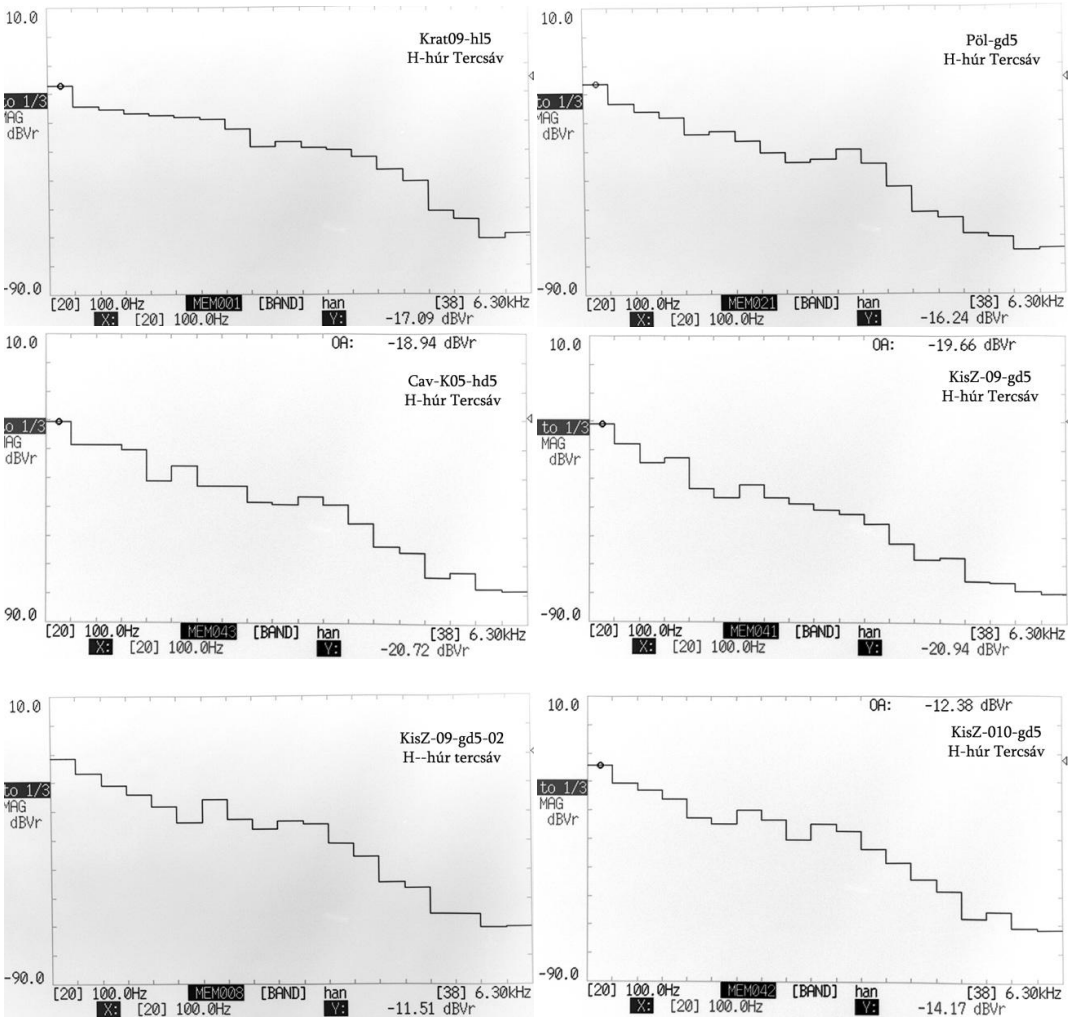






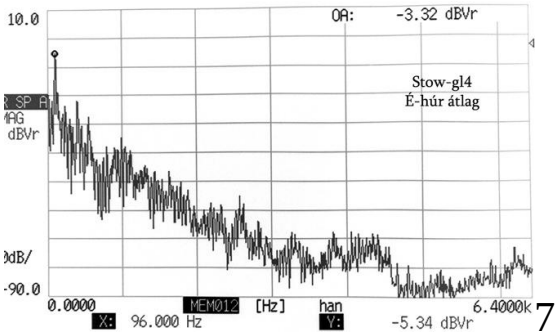
A játszott hangok átlag spektrumai tercsávos elrendezése a rangsor alapján

VIII. b. Szubkontra H-húr tercsáv

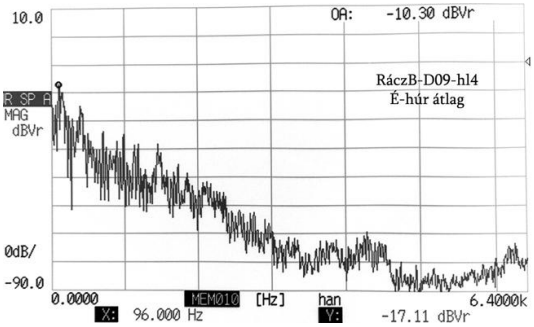


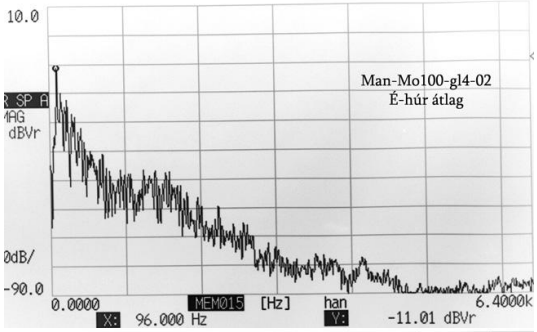
A játszott hangok átlag spektrumai a rangsor alapján

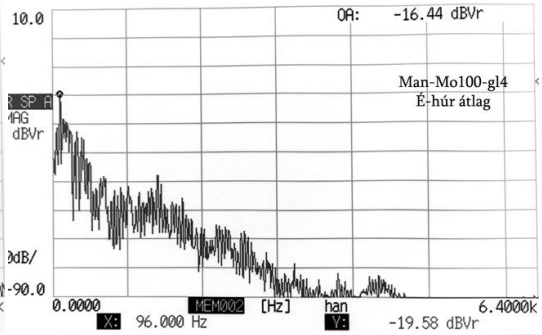
VIII. c. Kontra E-húr átlag

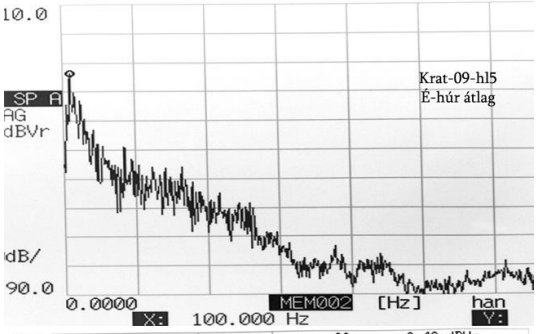


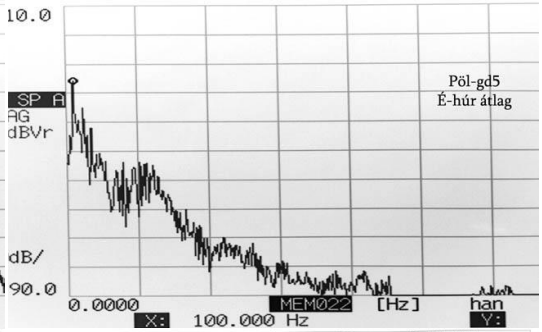
7

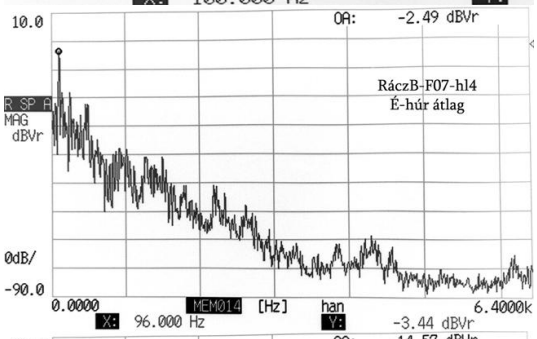


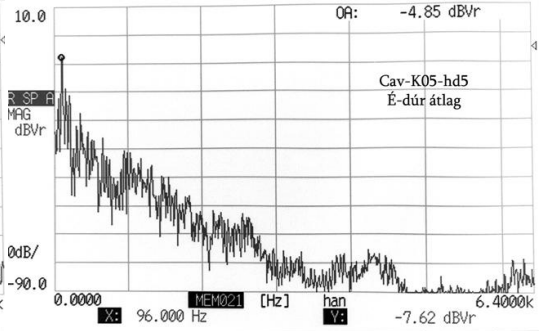


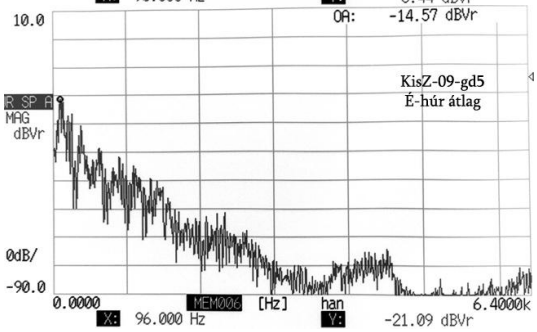


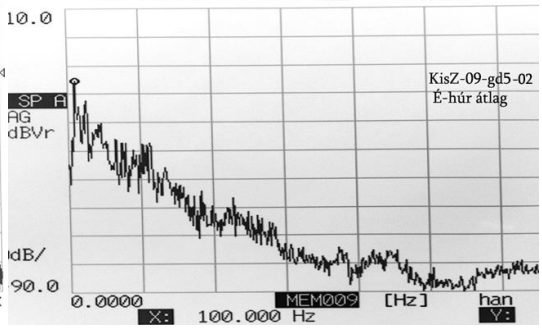


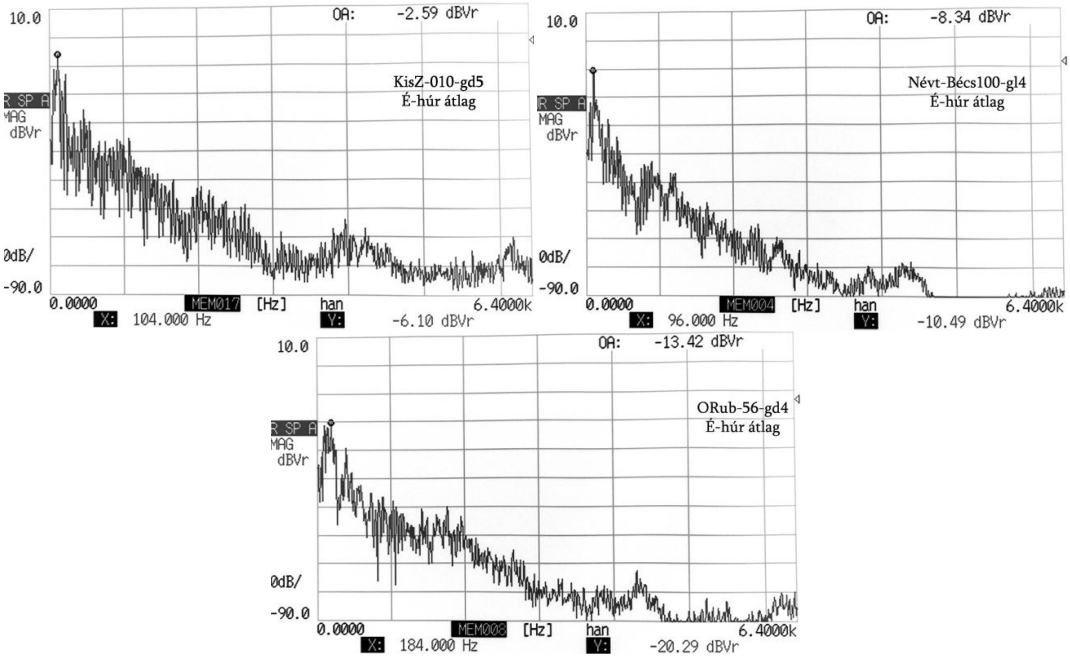








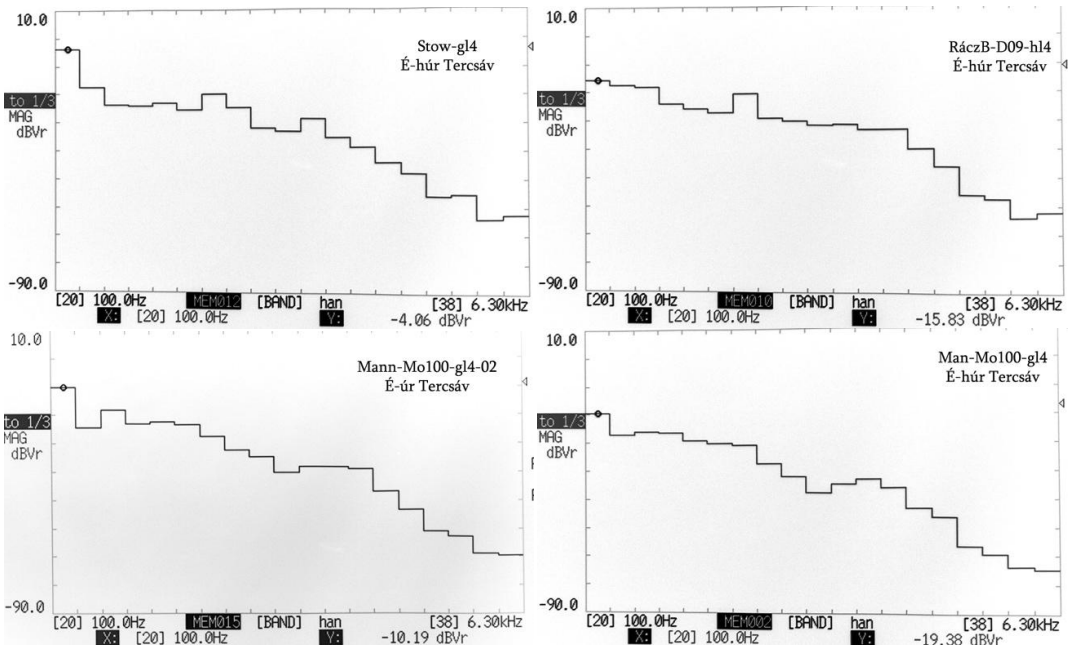


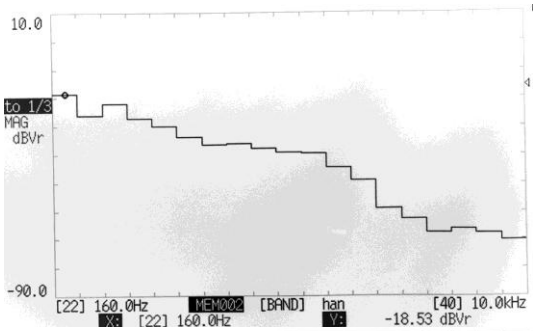


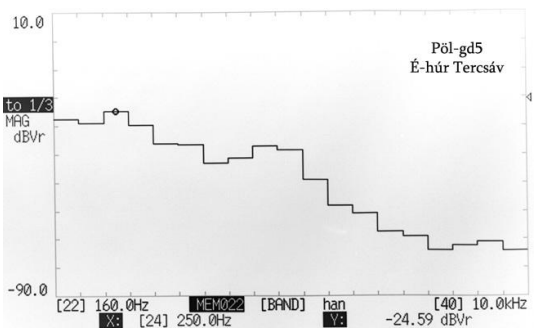
Játszott hangok átlag spektrumai tercsávos elrendezése rangsor alapján

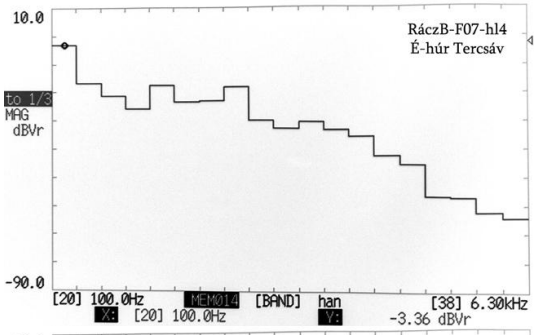
VIII. d. Kontra E-húr tercsáv

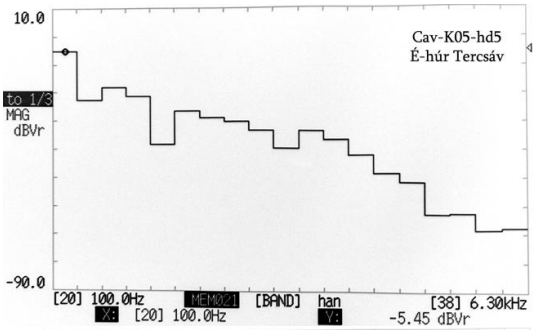
(Az első tercsáv a 100Hz-es tartományban van)

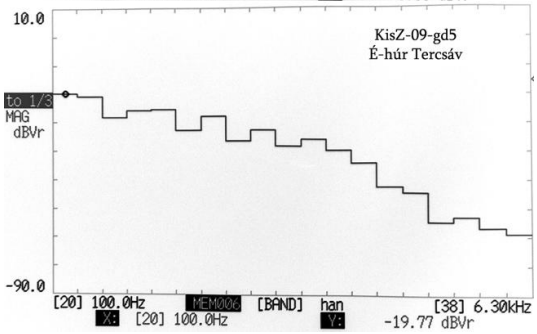


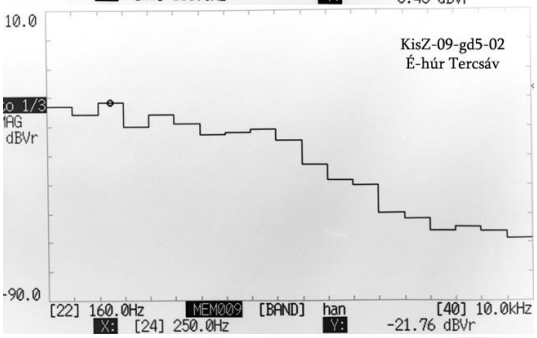

10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM002
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [22] 160.0Hz
Y: -18.53 dBVr

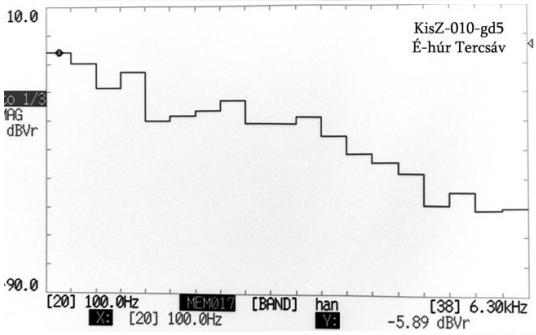

Pöl-gd5
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM022
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -24.59 dBVr

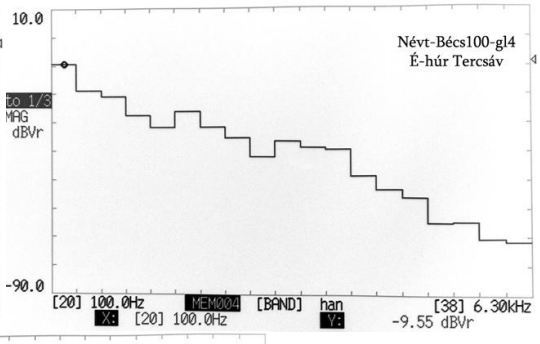

RáczB-F07-hl4
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM014
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [20] 100.0Hz
Y: -3.36 dBVr

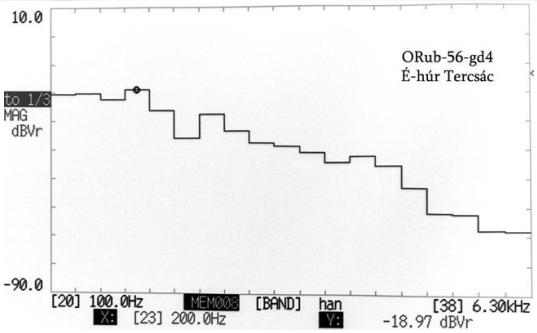

Cav-K05-hd5
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM021
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [20] 100.0Hz
Y: -5.45 dBVr


KisZ-09-gd5
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM006
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [20] 100.0Hz
Y: -19.77 dBVr


KisZ-09-gd5-02
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM009
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -21.76 dBVr

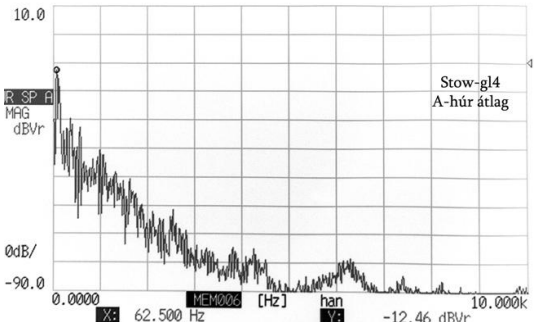

KisZ-010-gd5
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM017
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [20] 100.0Hz
Y: -5.89 dBVr

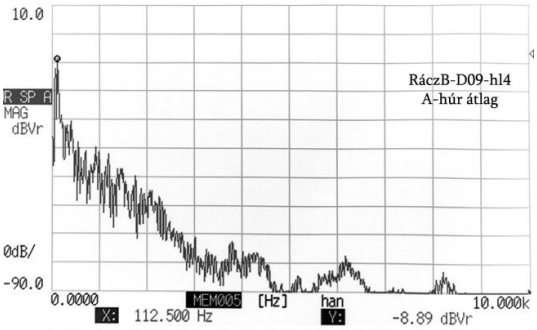

Névt-Bécs100-gl4
É-húr Tercsáv
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM004
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [20] 100.0Hz
Y: -9.55 dBVr

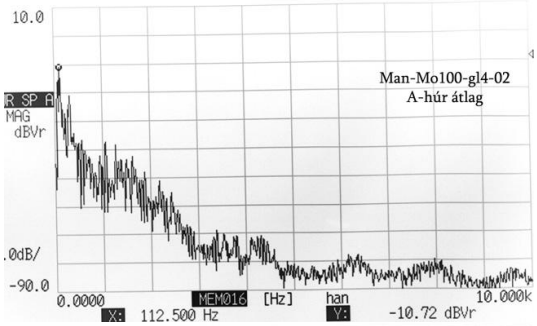

ORub-56-gd4
É-húr Tercsác
10.0
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[20] 100.0Hz
MEM003
[BAND]
han
[38] 6.30kHz
X: [23] 200.0Hz
Y: -18.97 dBVr

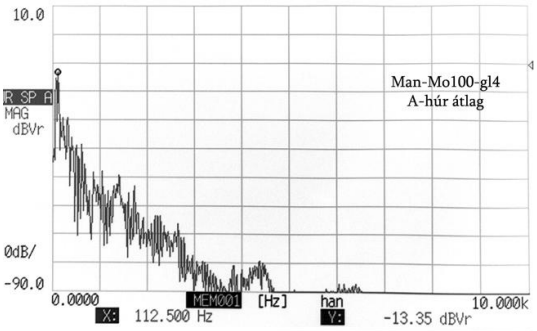
A játszott hangok átlag spektruma rangsor alapján

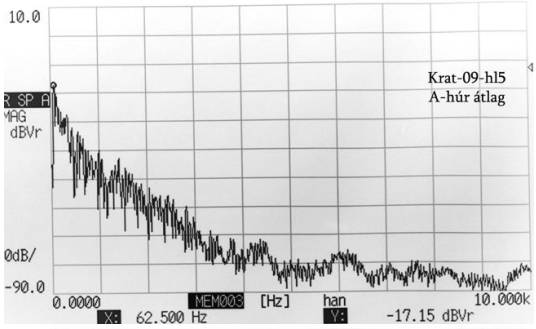
VIII. e. Kontra A-húr átlag

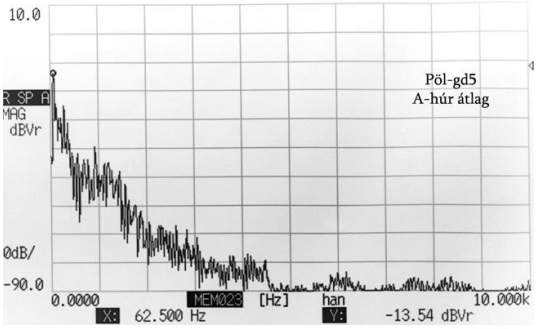


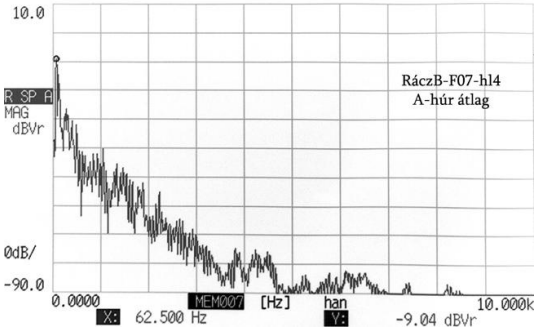


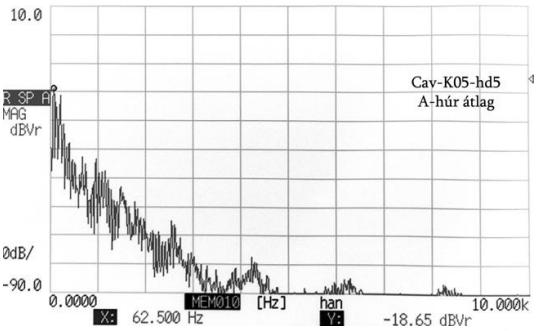


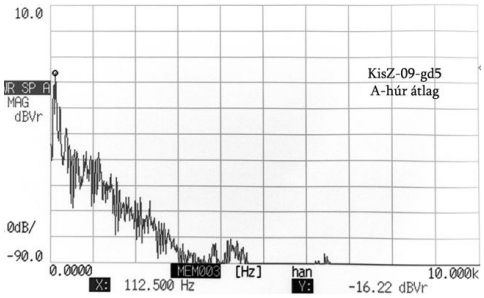


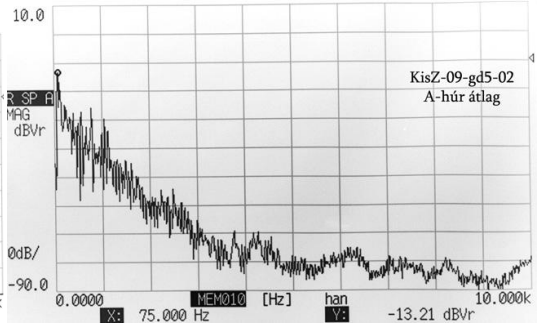


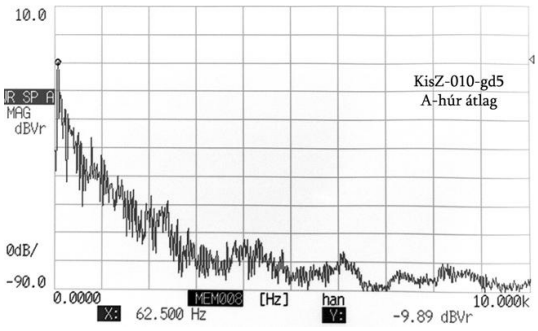


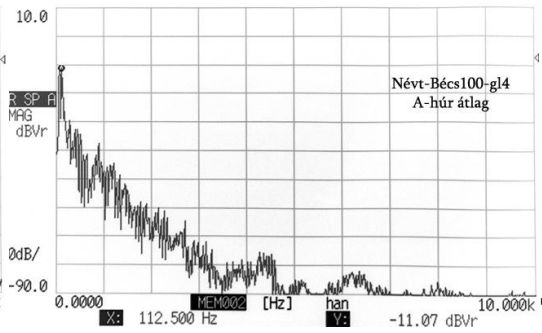




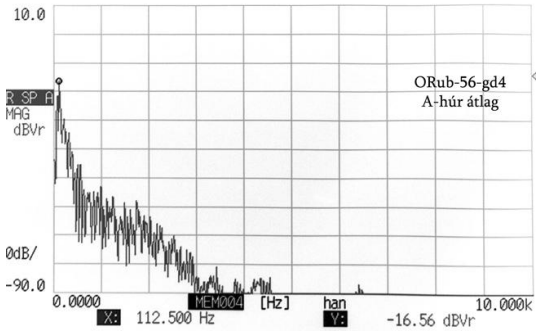






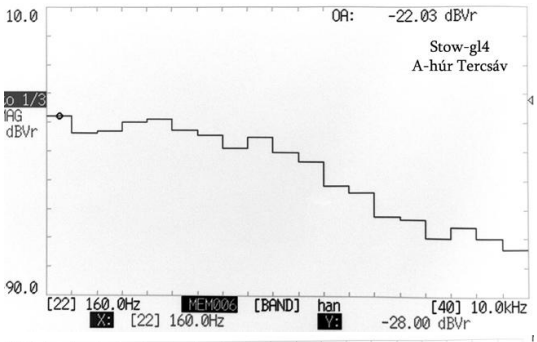


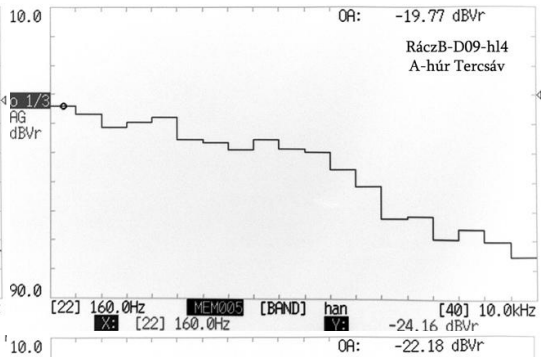
7

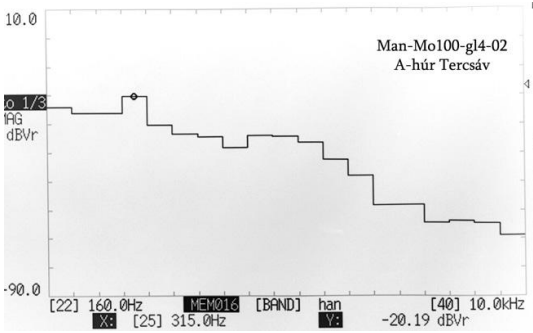


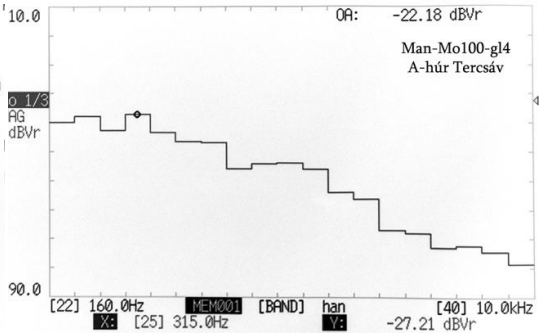
A játszott hangok átlag spektruma tercsávos elrendezése a rangsor szerint

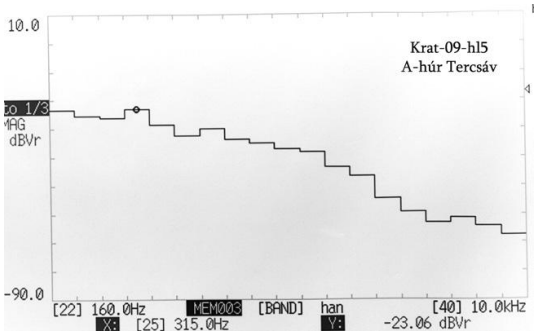
VIII. f. Kontra A-húr tercsáv

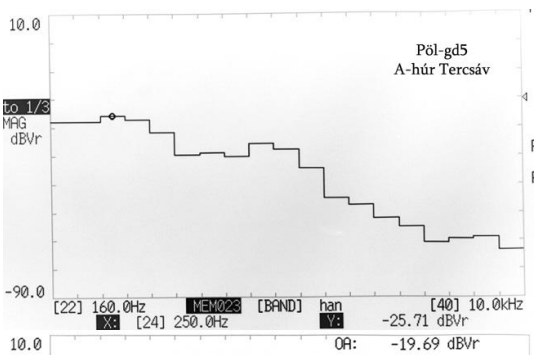


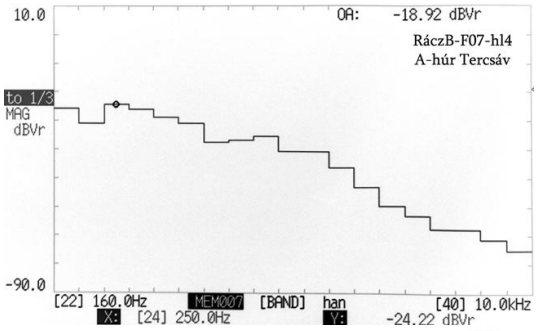


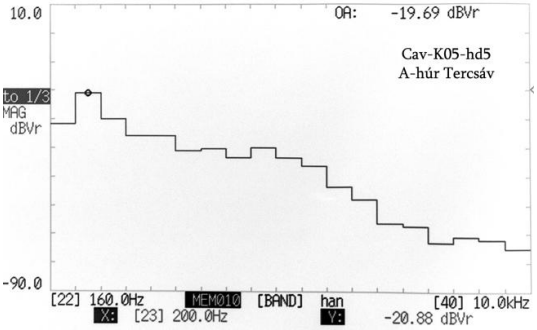


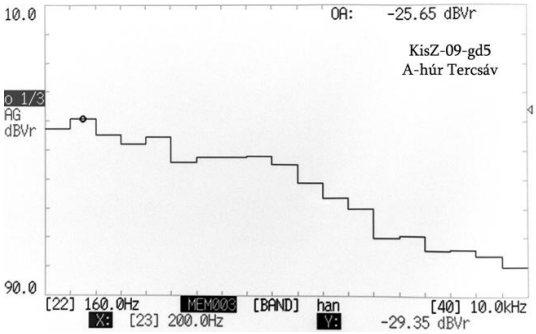


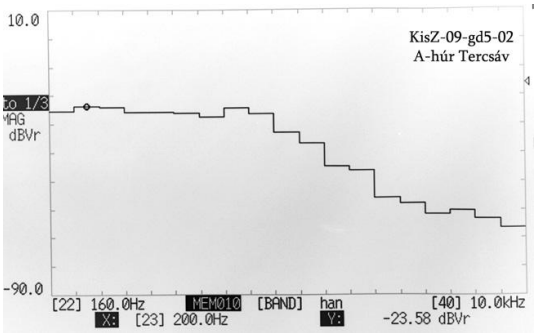

Krat-09-hl5
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM003
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [25] 315.0Hz
Y: -23.06 dBVr

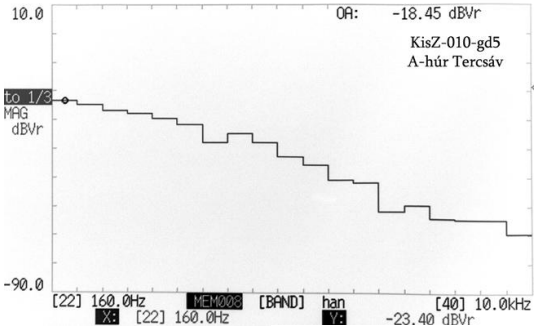

Pöl-gd5
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM028
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -25.71 dBVr

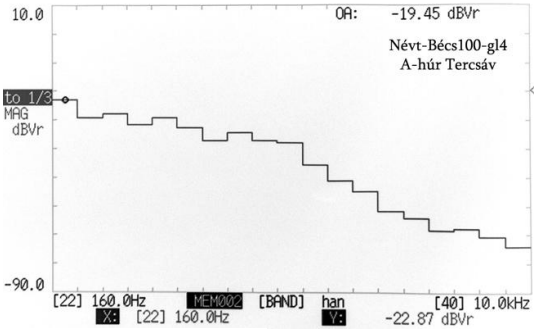

OA: -18.92 dBVr
RáczB-F07-hl4
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM007
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -24.22 dBVr

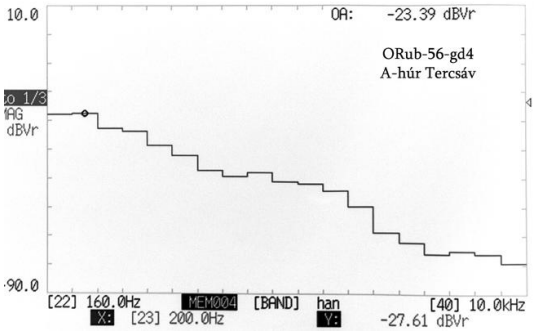

OA: -19.69 dBVr
Cav-K05-hd5
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM010
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [23] 200.0Hz
Y: -20.88 dBVr


OA: -25.65 dBVr
KisZ-09-gd5
A-húr Tercsáv
10.0
90.0
[22] 160.0Hz
MEM008
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [23] 200.0Hz
Y: -29.35 dBVr


KisZ-09-gd5-02
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM010
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [23] 200.0Hz
Y: -23.58 dBVr

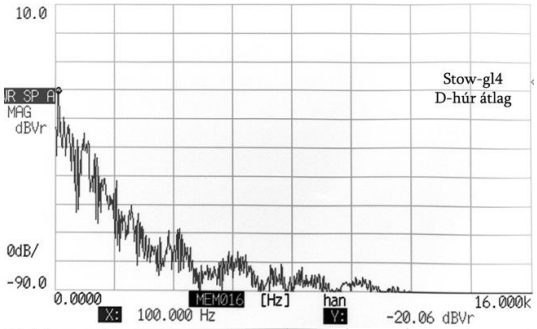

OA: -18.45 dBVr
KisZ-010-gd5
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM008
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [22] 160.0Hz
Y: -23.40 dBVr

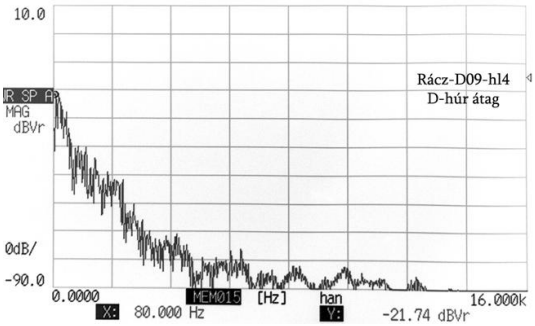

OA: -19.45 dBVr
Névt-Bécs100-gl4
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM002
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [22] 160.0Hz
Y: -22.87 dBVr

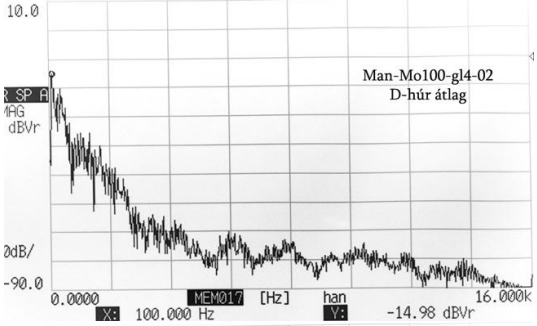

OA: -23.39 dBVr
ORub-56-gd4
A-húr Tercsáv
10.0
-90.0
[22] 160.0Hz
MEM004
[BAND]
han
[40] 10.0kHz
X: [23] 200.0Hz
Y: -27.61 dBVr

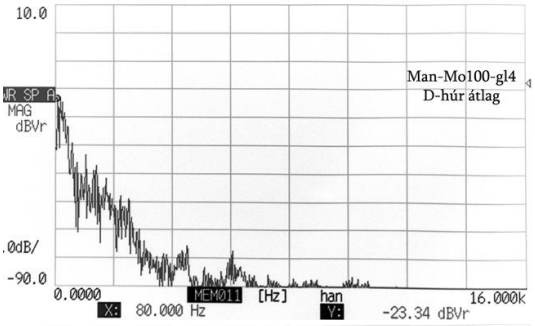
Játszott hangok átlagspektruma rangsor szerint

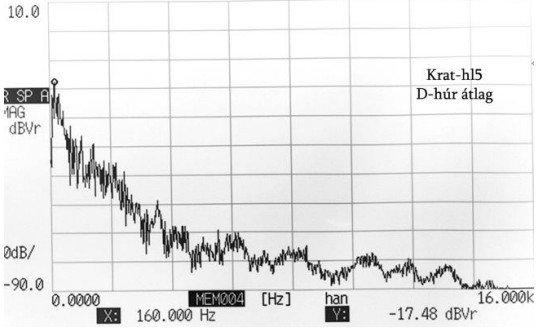
VIII. g. Nagy D-húr átlag

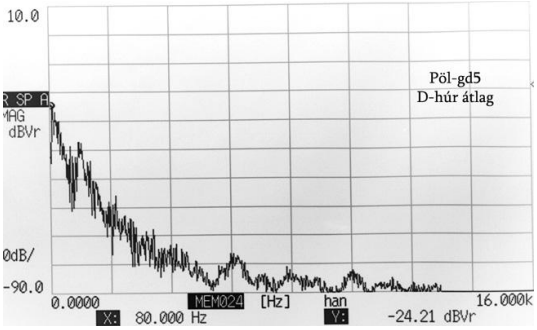


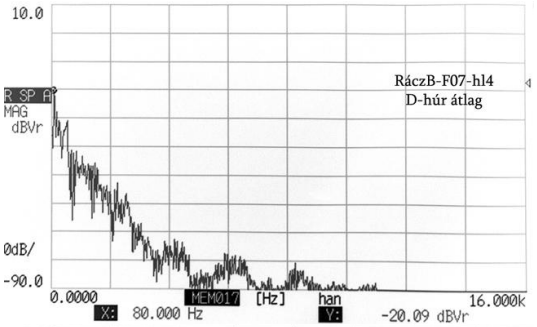


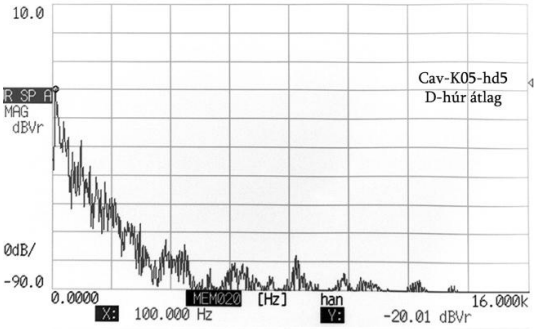


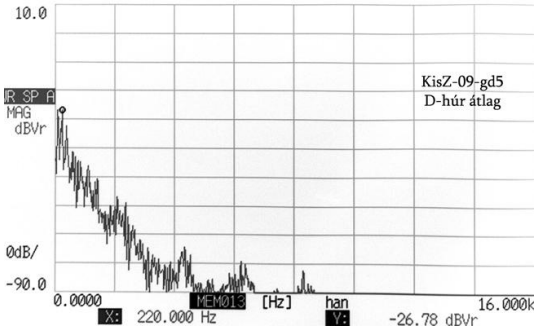


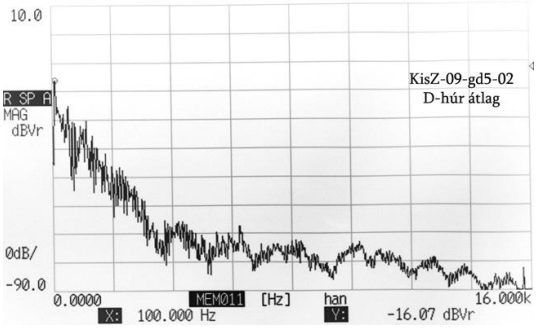


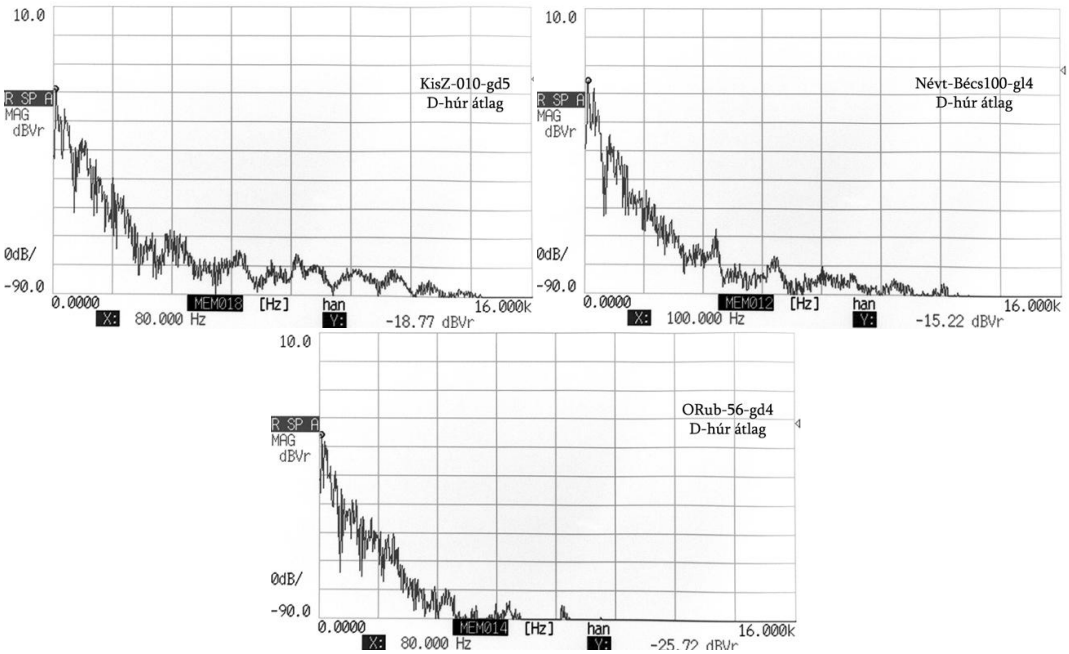






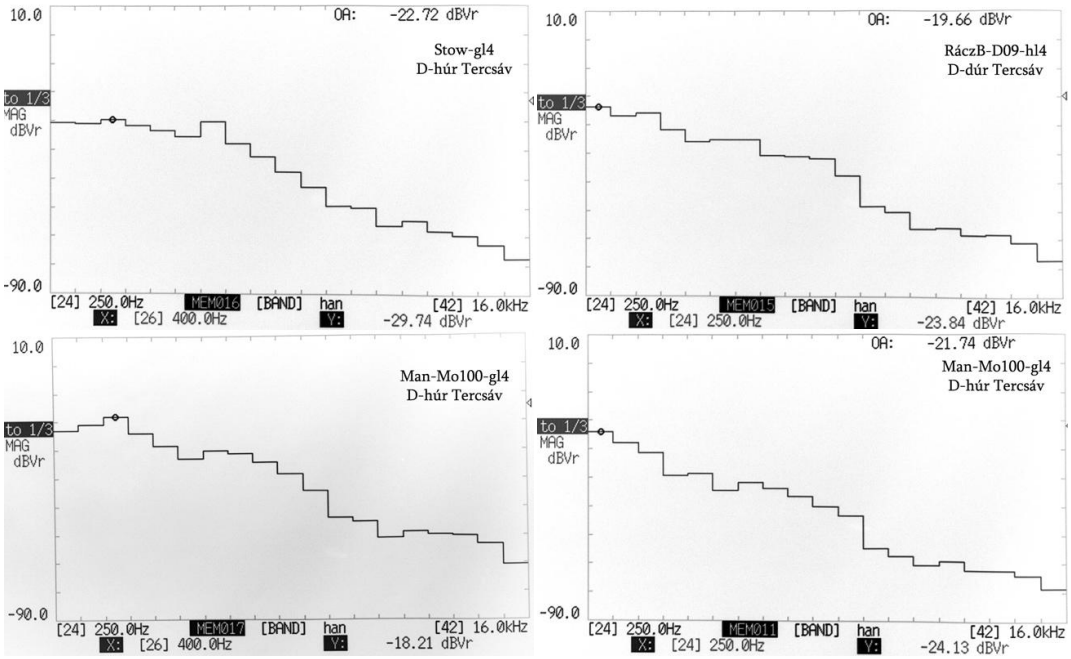


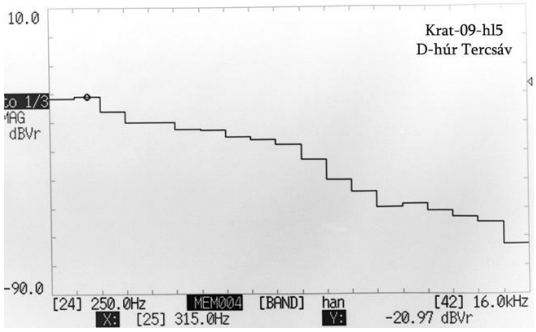


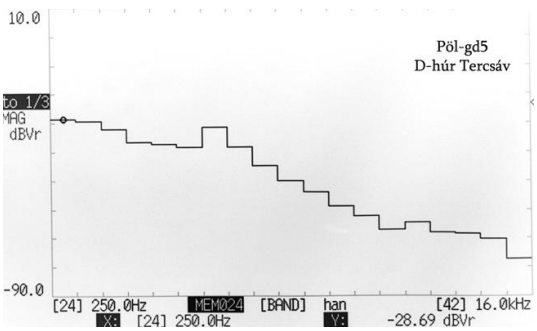


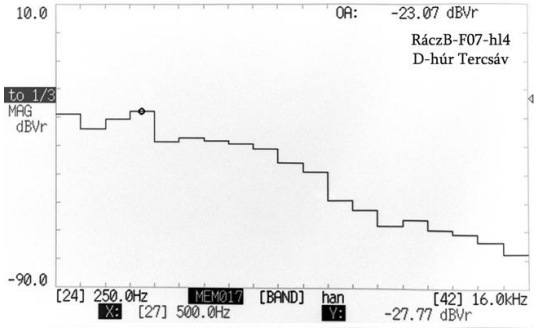
Játszott hangok átlagspektruma tercsávos elrendezése rangsor szerint

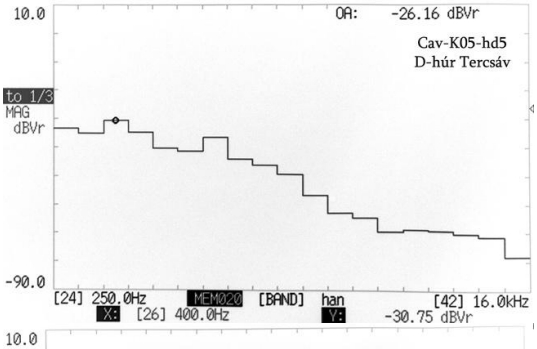
VIII. h. Nagy D-húr tercsáv

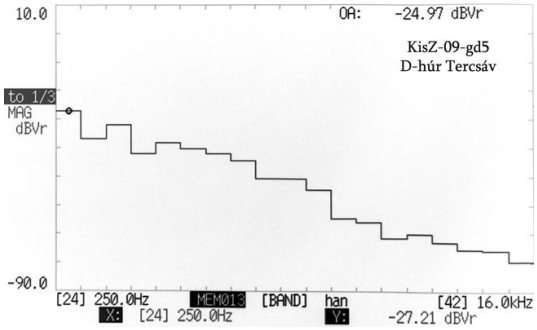


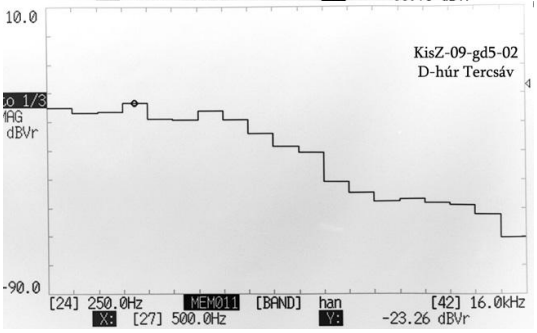

Krat-09-hl5
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM004
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [25] 315.0Hz
Y: -20.97 dBVr

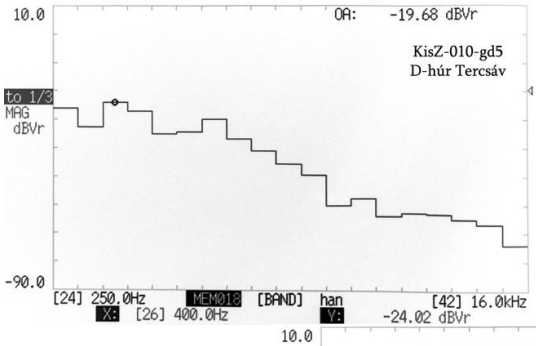

Pöl-gd5
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM024
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -28.69 dBVr

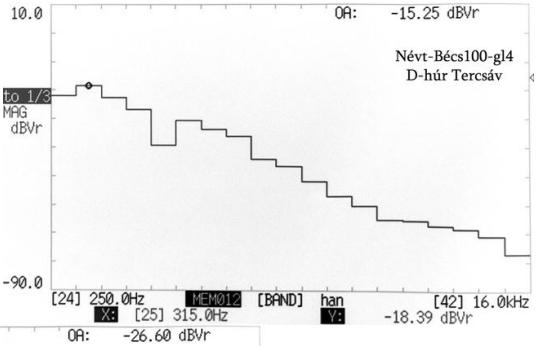

OA: -23.07 dBVr
RáczB-F07-hl4
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM017
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [27] 500.0Hz
Y: -27.77 dBVr

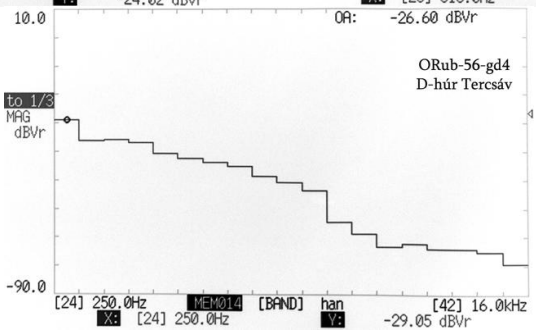

OA: -26.16 dBVr
Cav-K05-hd5
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM020
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [26] 400.0Hz
Y: -30.75 dBVr


OA: -24.97 dBVr
KisZ-09-gd5
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM013
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -27.21 dBVr


KisZ-09-gd5-02
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM011
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [27] 500.0Hz
Y: -23.26 dBVr

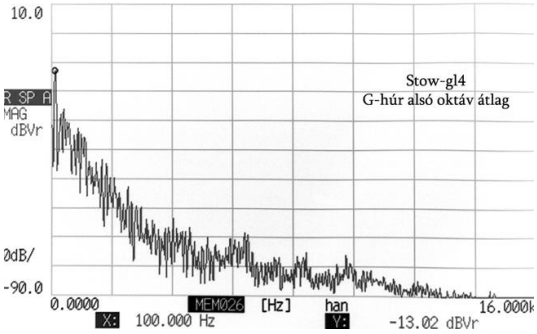

OA: -19.68 dBVr
KisZ-010-gd5
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM018
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [26] 400.0Hz
Y: -24.02 dBVr

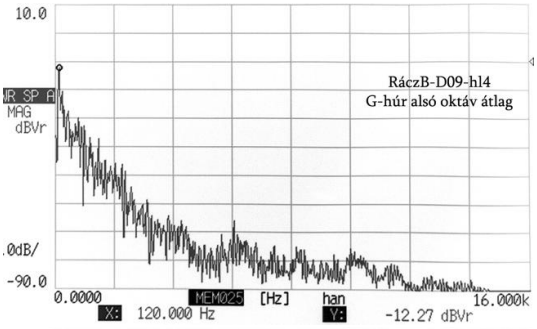

OA: -15.25 dBVr
Névt-Bécs100-gl4
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM012
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [25] 315.0Hz
Y: -18.39 dBVr

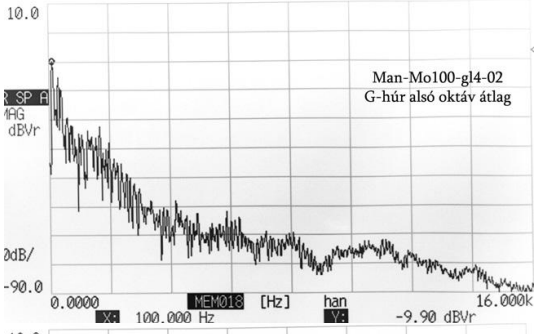

OA: -26.60 dBVr
ORub-56-gd4
D-húr Tercsáv
10.0
-90.0
to 1/3
MAG
dBVr
[24] 250.0Hz
MEM014
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -29.05 dBVr

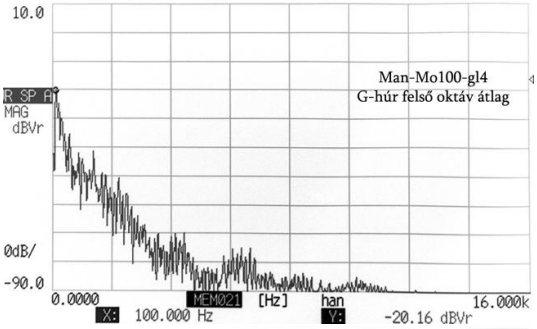
Játszott hangok átlag spektruma rangsor szerint

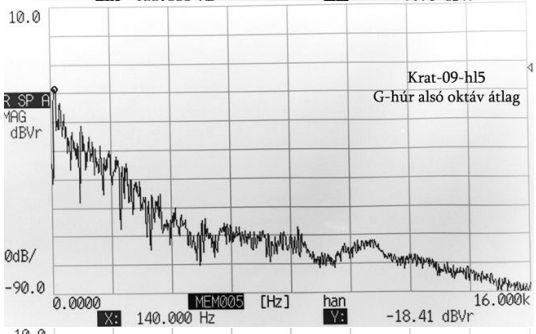
VIII. i. Nagy G-húr d-ig átlag

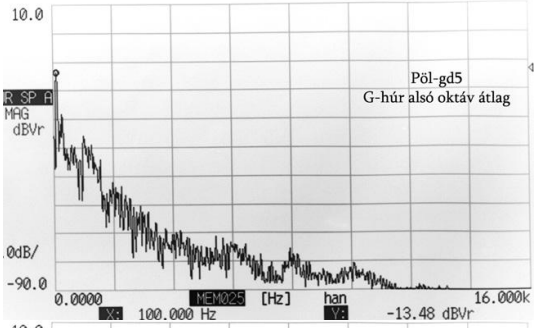


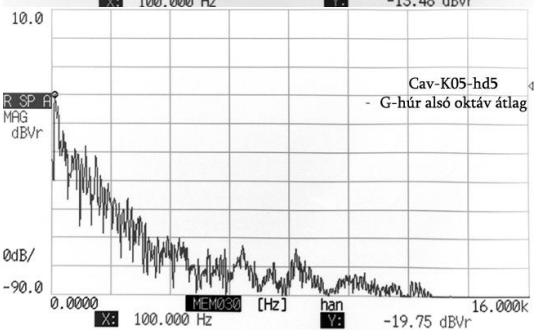


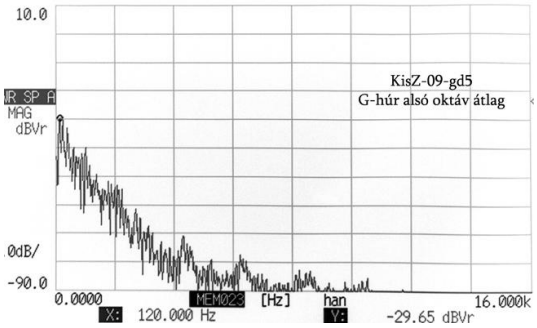


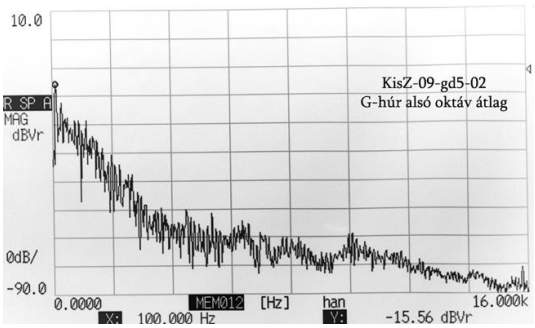


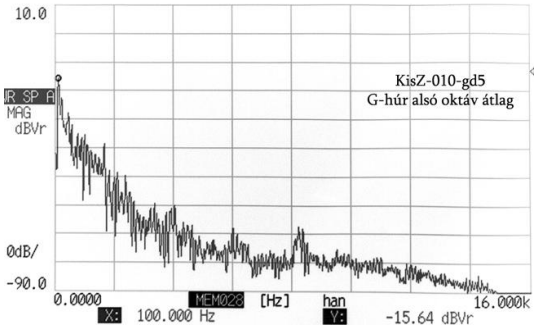


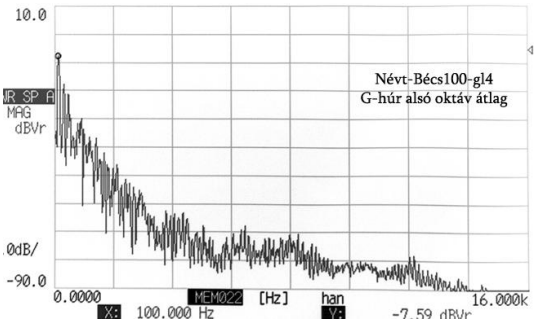


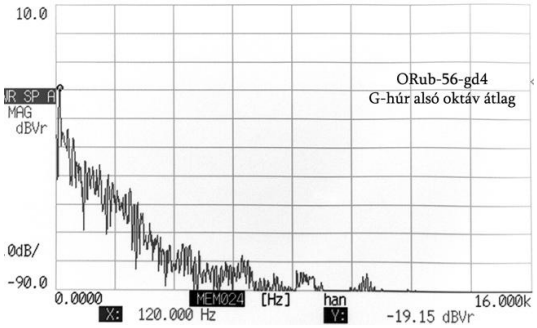



KisZ-09-gd5
G-húr alsó oktáv átlag
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM023
[Hz]
han
16.000k
X: 120.000 Hz
Y: -29.65 dBVr


KisZ-09-gd5-02
G-húr alsó oktáv átlag
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM012
[Hz]
han
16.000k
X: 100.000 Hz
Y: -15.56 dBVr

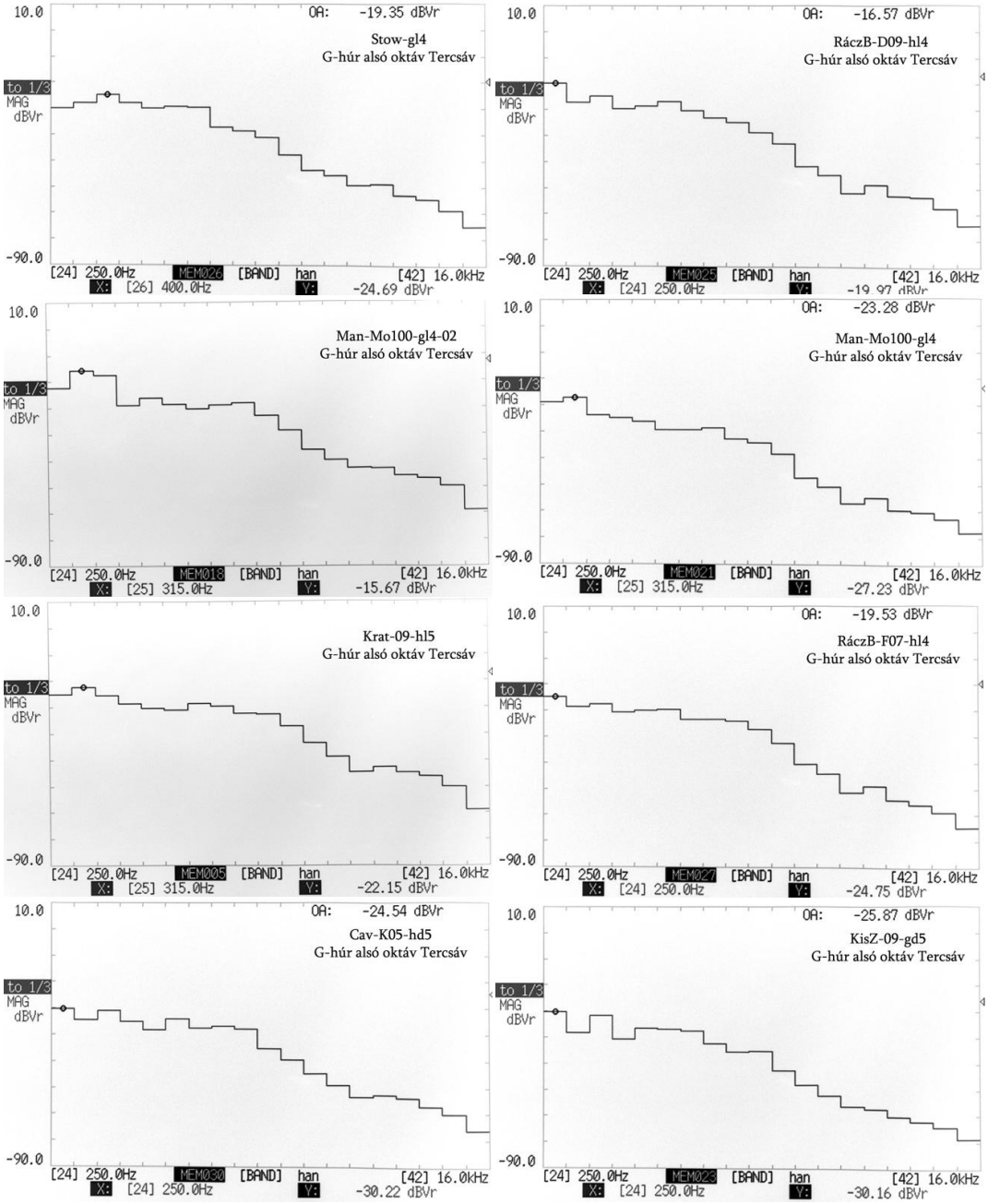

KisZ-010-gd5
G-húr alsó oktáv átlag
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM028
[Hz]
han
16.000k
X: 100.000 Hz
Y: -15.64 dBVr

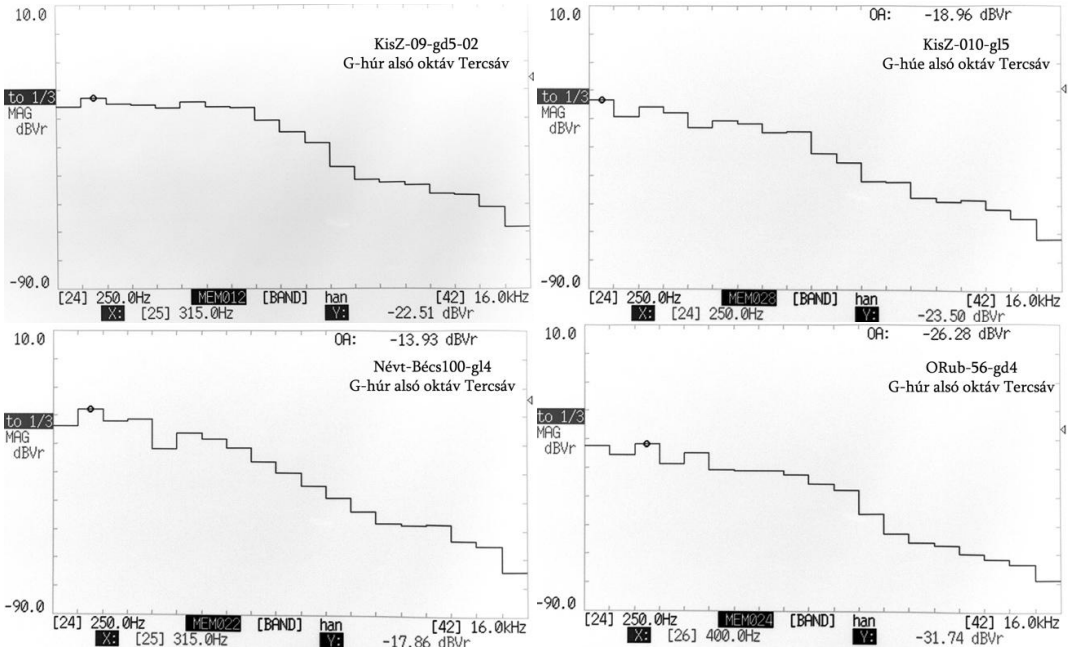

Névt-Bécs100-gl4
G-húr alsó oktáv átlag
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM022
[Hz]
han
16.000k
X: 100.000 Hz


ORub-56-gd4
G-húr alsó oktáv átlag
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM024
[Hz]
han
16.000k
X: 120.000 Hz
Y: -19.15 dBVr

Játszott hangok átlagspektruma tercsávos elrendezése rangsor szerint

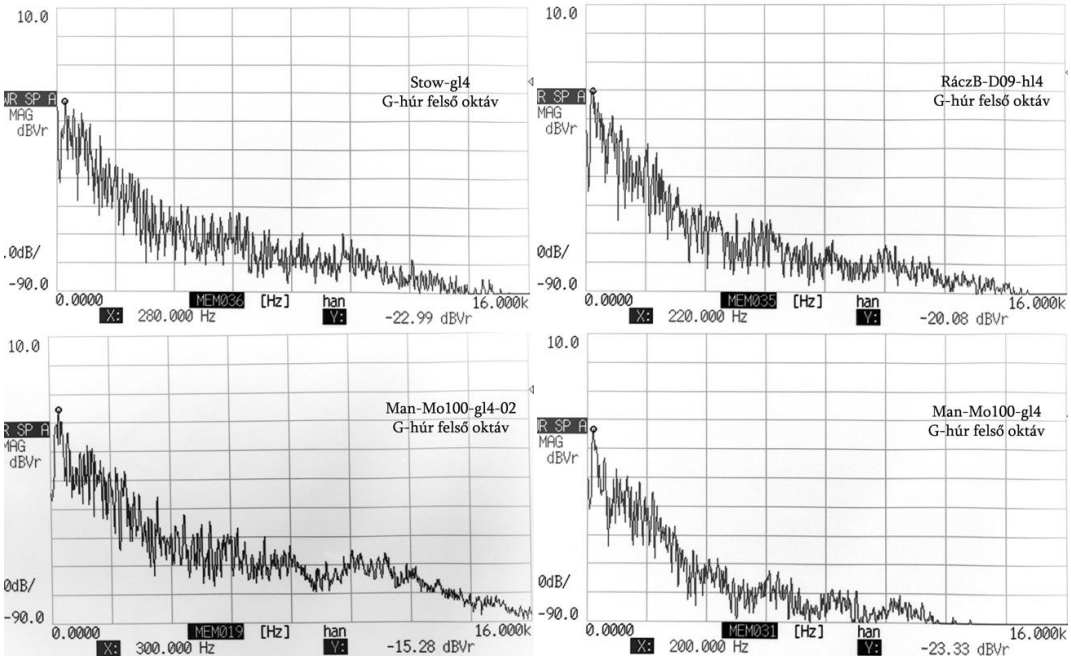
VIII. j. Nagy G-húr d-ig tercsáv

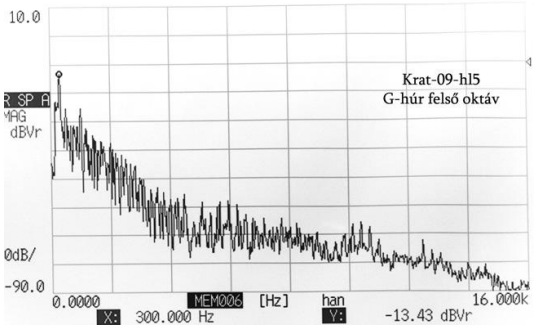


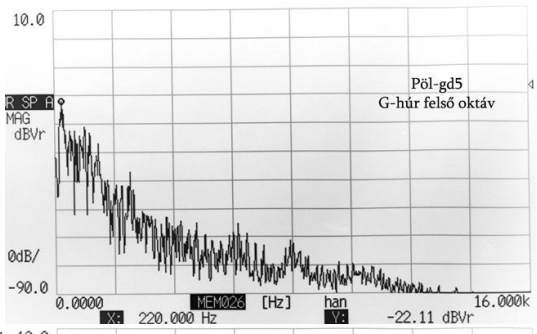


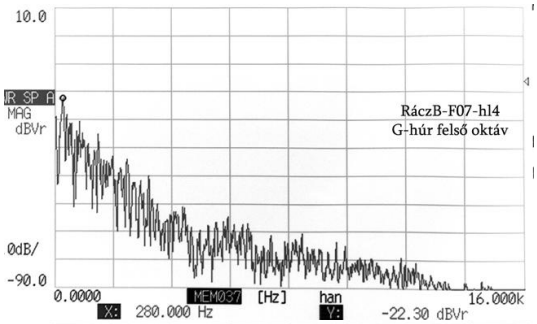
Játszott hangok átlagspektruma rangsor szerint

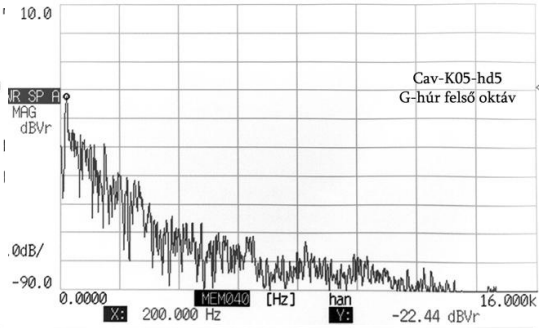
VIII. k. Nagy G-húr d-d'-ig átlag

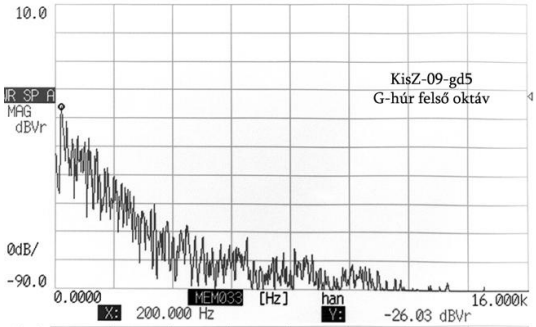


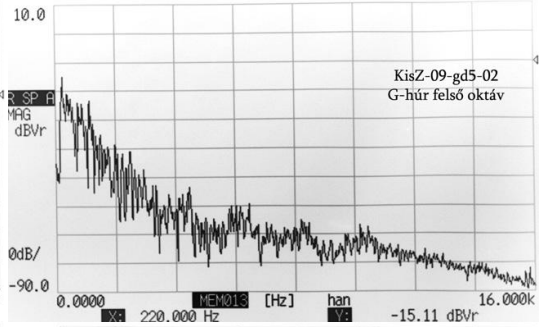

Krat-09-hl5
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM006
[Hz]
han
16.000k
X: 300.000 Hz
Y: -13.43 dBVr

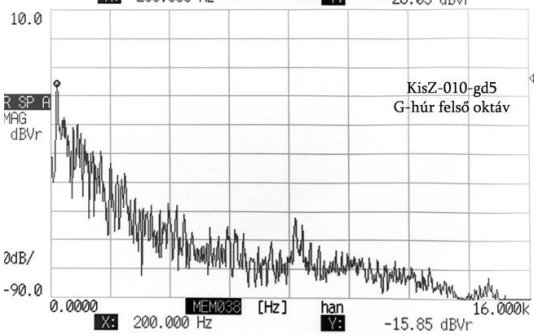

Pöl-gd5
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM026
[Hz]
han
16.000k
X: 220.000 Hz
Y: -22.11 dBVr

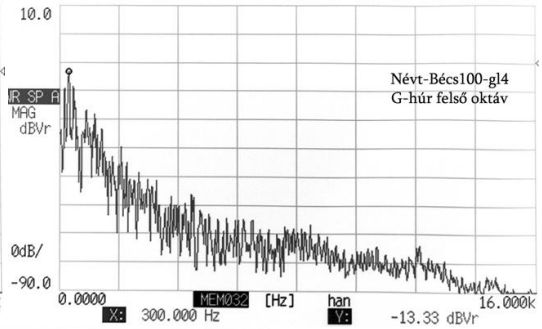

RáczB-F07-hl4
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM037
[Hz]
han
16.000k
X: 280.000 Hz
Y: -22.30 dBVr

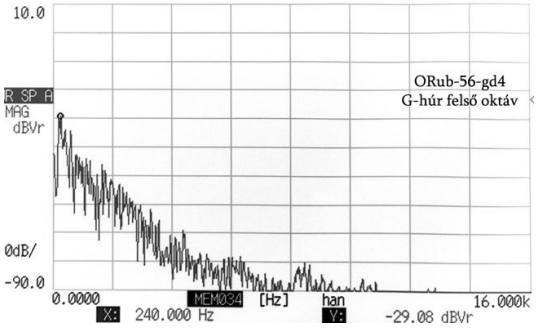

Cav-K05-hd5
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM040
[Hz]
han
16.000k
X: 200.000 Hz
Y: -22.44 dBVr


KisZ-09-gd5
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM033
[Hz]
han
16.000k
X: 200.000 Hz
Y: -26.03 dBVr


KisZ-09-gd5-02
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM013
[Hz]
han
16.000k
X: 220.000 Hz
Y: -15.11 dBVr

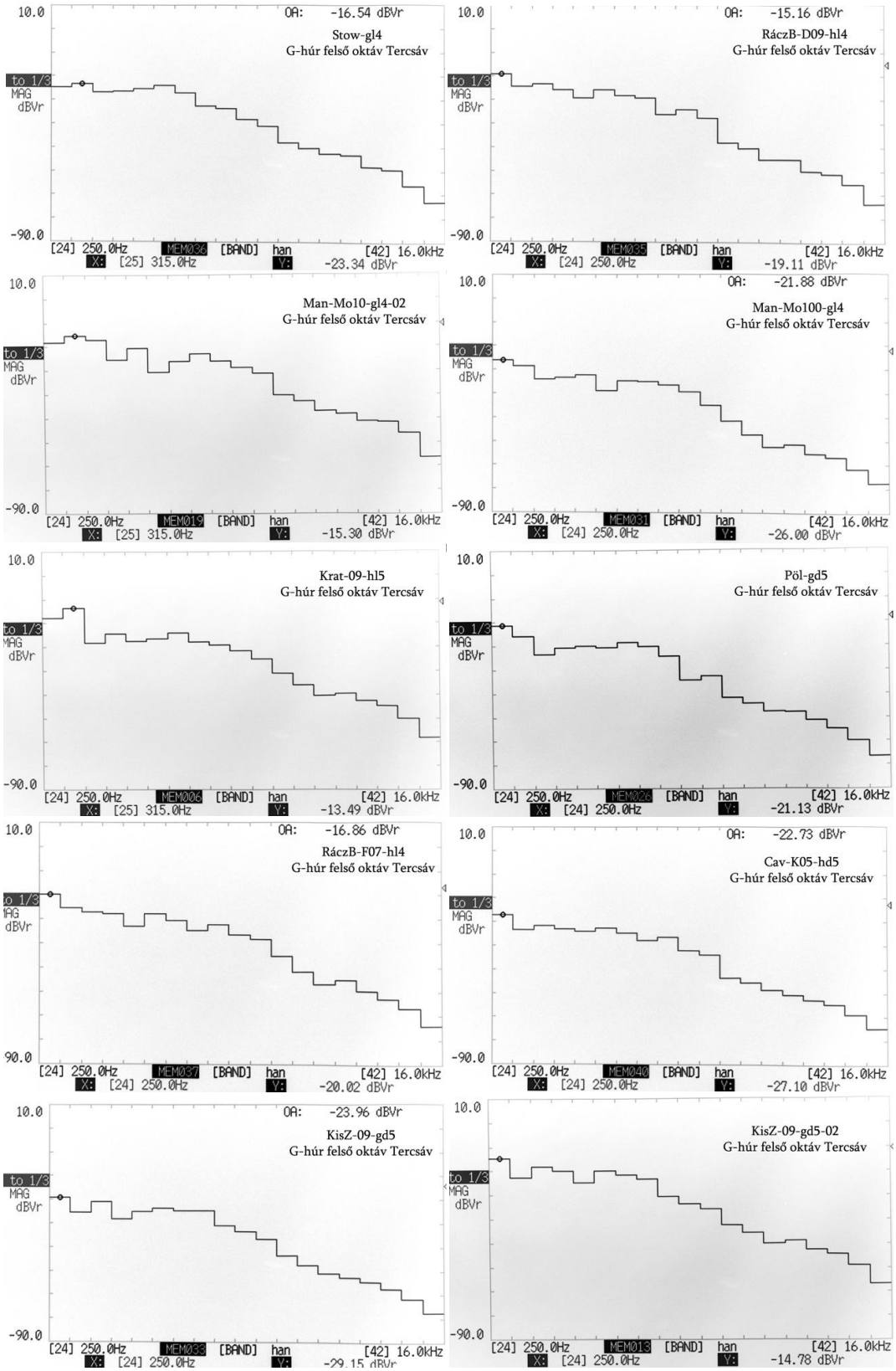

KisZ-010-gd5
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM038
[Hz]
han
16.000k
X: 200.000 Hz
Y: -15.85 dBVr

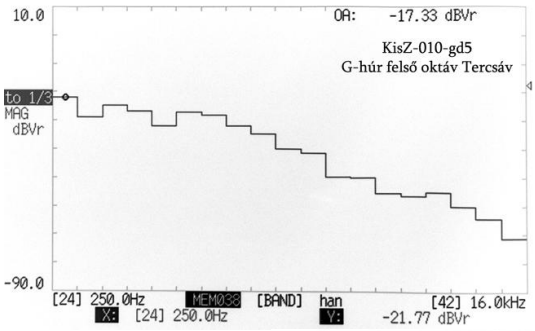

Névt-Bécs100-gl4
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM032
[Hz]
han
16.000k
X: 300.000 Hz
Y: -13.33 dBVr

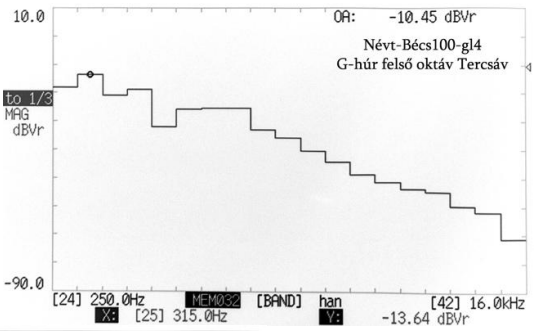

ORub-56-gd4
G-húr felső oktáv
10.0
MAG
dBVr
0dB/
-90.0
0.0000
MEM034
[Hz]
han
16.000k
X: 240.000 Hz
Y: -29.08 dBVr

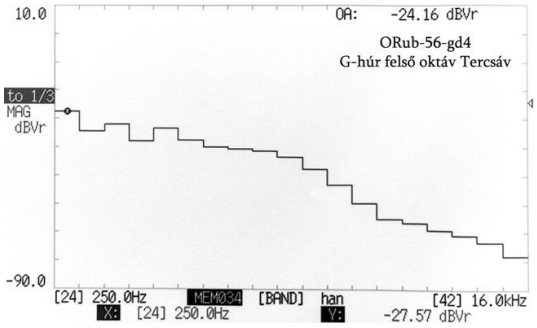
Játszott hangok átlagspektruma tercsávos elrendezése rangsor szerint

VIII. l. Nagy G-húr d-d'-ig tercsáv




10.0
OA: -17.33 dBVr
KisZ-010-gd5
G-húr felső oktáv Tercsáv
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[24] 250.0Hz
MEM033
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -21.77 dBVr


10.0
OA: -10.45 dBVr
Névt-Bécs100-gl4
G-húr felső oktáv Tercsáv
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[24] 250.0Hz
MEM032
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [25] 315.0Hz
Y: -13.64 dBVr


10.0
OA: -24.16 dBVr
ORub-56-gd4
G-húr felső oktáv Tercsáv
to 1/3
MAG
dBVr
-90.0
[24] 250.0Hz
MEM034
[BAND]
han
[42] 16.0kHz
X: [24] 250.0Hz
Y: -27.57 dBVr