

Koncertná sála Župného domu v Nitre

Cieľ výskumu

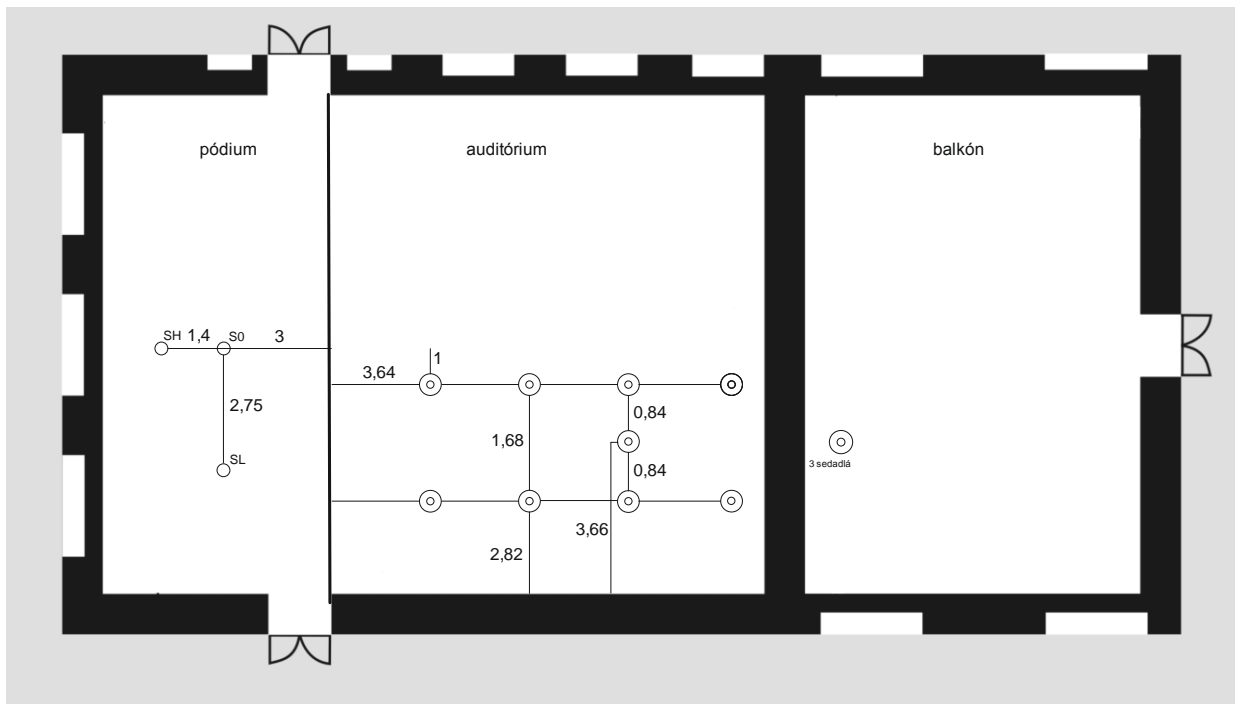
Zmeranie základných akustických vlastností priestoru Koncertnej sály Župného domu v Nitre. Merania uskutočnil Mgr. Pavol Brezina, PhD. [Katedra hudby, Pedagogickej fakulty, Univerzity Konštatína Filozofa v Nitre].

Metodika merania akustického priestoru

Meranie akustického priestoru Koncertnej sály Župného domu v Nitre vychádzalo z metodiky uvedenej v norme STN EN ISO 3382 *Meranie akustických vlastností miestnosti Časť 1: Sálové priestory*. Na meranie a vyhodnocovanie výsledkov sme použili počítačový program ARTA¹. Rozmiestnenie mikrofónov a zvukového zdroja vychádza z metodiky popísanej T. Hidakom, L. Beranekom a T. Okanom.² Použitý bol všesmerový zvukový zdroj (umiestnený vo výške 1,5 metra nad zemou) a desať pozícií meracích mikrofónov. V každej pozícií bolo vykonaných desať meraní, ktoré boli následne priemerované. Na zmeranie korelačného koeficientu vzájomnej počuteľnosti (IAAC) bola použitá skutočná hlava a binaurálne mikrofóny Soundman OKM II Classic/Studio. Pozície umiestnenia hlavy boli identické s pozíciami meracích mikrofónov. Hlava respondenta bola nasmerovaná čelom k pódiumu a ten dostal pokyn, aby sa počas priebehu merania nehýbal. Všetky zmerané pozície boli následne priemerované. Výška mikrofónov pri klasickom meraní a aj pri meraní IAAC bola 1,2 metra nad zemou, čo približne zodpovedá výške uší v auditóriu sediaceho poslucháča. Rozloženie mikrofónov a zvukového zdroja sa nachádza na obrázku číslo 1.

¹ <http://www.artalabs.hr/>

² HIDAKA, J., BERANEK L., OKANO T.: *Interaural cross-correlation, lateral fraction, and low- and high-frequency sound levels as measures of acoustical quality in concert halls*, 1995, s. 988 – 1007



S0, SH, SL - pozície zvukového zdroja
 (○) - pozície mikrofónov

Obrázok 1 Pôdorys a rozmiestnenie mikrofónov podľa metodiky Hidaku, Beranka a Okana.

Ako výstupy výskumu uvádzame parametre reprezentujúce akustické vlastnosti priestoru primárne súvisiace s kvalitou zvuku hudobných produkcií:

- čas dozvuku v sekundách založený na hodnotiacom pásme 30 dB (T_{30})

Predstavuje čas, ktorý je potrebný na to, aby priemerná hustota energie v priestore klesla o 30 dB po vypnutí zvukového zdroja. Udáva sa v sekundách. Jednočíselné vyjadrenie dozvuku $T_{30 \text{ mid}}$ sme vypočítali priemerovaním T_{30} v oktávových pásmach 500 Hz až 1000 Hz.

- čas dozvuku v sekundách založený na hodnotiacom pásme 20 dB (T_{20})

Predstavuje čas, ktorý je potrebný na to, aby priemerná hustota energie v priestore klesla o 20 dB po vypnutí zvukového zdroja. Udáva sa v sekundách. Jednočíselné vyjadrenie dozvuku $T_{20 \text{ mid}}$ sme vypočítali priemerovaním T_{20} v oktávových pásmach 500 Hz až 1000 Hz.

- ťažisko impulzovej odozvy v milisekundách (T_s)

- počiatkový čas dozvuku (EDT)

Čas dozvuku vypočítaný z počiatkového 10 dB poklesu. Zároveň ide o údaj najlepšie reprezentujúci subjektívne vnímanie doby dozvuku. Uvádza sa v sekundách.

- index počiatkovej a neskoršie prichádzajúcej zvukovej energie (C80)

Vondrášek a Antek³ uvádzajú nasledovné hodnoty miery jasnosti pre jednotlivé hudobné žánre:

Tabuľka 1 *Orientačné delenie parametru C80 vzhľadom na hudobno-zvukové požiadavky*

0±2 dB	ideálne pre organovú hudbu a pomalšie tempo
2±2 dB	ideálne pre sláčikové nástroje, rýchlejšie tempo. Vhodné aj pre zborový spev
4±2 dB	ideálne pre brnkacie nástroje, rýchlejšie tempo. Vhodná pre folkovú a ľahkú populárnu hudbu
6±2 dB	ideálne pre perkusívne nástroje a súčasnú modernú hudbu

- korelačný koeficienty vzájomnej počuteľnosti (IACC)

Najčastejšie sa uvádza koeficient v podobe $IACC_E$ (prvotné odrazy) a podľa Beranka⁴ hodnota $(1-IACC_E)$ súvisí so subjektívnym vnímaním priestorovosti zvuku, preto sme sa rozhodli uviesť výsledky v tejto forme. Beranek definuje následne tri kategórie kvality priestorovosti objektov na základe hodnoty $IACC_{E3}$ [$IACC_{E3}=(IACC_{E,500}+IACC_{E,1000}+IACC_{E,2000})/3$]:

Tabuľka 2 *Kategorizácia IACC z pohľadu kvality akustického priestoru*

Kategória	$IACC_{E3}$	$1-IACC_{E3}$
Excelentný až výnimočný	0.28-0.38	0.62-0.72
Dobrý až excelentný	0.39-0.54	0.46-0.61
Priemerný až dobrý	0.55-0.59	0.41-0.45

³ VONDRÁŠEK, M., ANTEK, M.: *Porovnání objektivních kritérií kvality koncertních sálů*, 2005, s. 10

⁴ HIDAKA, J., BERANEK L., OKANO T.: *Interaural cross-correlation, lateral fraction, and low- and high-frequency sound levels as measures of acoustical quality in concert halls*, 1995, s. 988 – 1007

- basový pomer (BR)

Zvýraznené basové odrazy pokladá Beranek⁵ za jeden z hlavných faktorov určujúcich kvalitu koncertných sál. Zároveň stanovuje odporúčané hodnoty BR pre priestory s dobou dozvuku 2,3 s a viac v rozpätí 1,10 – 1,25 a pre dobu dozvuku kratšiu ako 1,8 s v rozpätí 1,10 – 1,45.

Odporúčania ideálnych hodnôt k parametrom C80, (1-IACC_E) a BR platia pre podmienky plne obsadenej koncertnej sály. Naše merania boli uskutočňované v neobsadených priestoroch, preto sa v konečnom dôsledku môžu hodnoty v praxi mierne líšiť. Taktiež je dôležité uviesť, že naše merania nie sú certifikované.

Závery meraní vzhľadom na hudobno-akustickú kvalitu koncertnej sály

Najvýznamnejšími ukazovateľmi kvality akustiky priestorov určených na hudobnú produkciu sú parametre: korelačný koeficienty vzájomnej počuteľnosti (IACC) a index počiatocnej a neskoršie prichádzajúcej zvukovej energie (C80). Naše merania ukázali, že priemerná hodnota parametru C80 je -1,45, čo podľa vyššie uvedenej tabuľky vyhovuje prevažne skladbám pomalšieho tempa, dychovým nástrojom a zborovej tvorbe. Odporúčaným repertoárom pre klavírne koncerty v takomto priestore sú skladby romantizmu. Pre porovnanie uvádzame tabuľku s hodnotami najlepších koncertných sál na svete meraných Kierakiewitzom a Vercammenom⁶:

Tabuľka 3 Porovnanie parametru C80 významných koncertných sál

Sála	C80 (dB)
Concertgebouw Amsterdam	-1,6
Musikverein Wien	-2,3
Koncertná sála Župného domu v Nitre	-1,4

Korelačný koeficienty vzájomnej počuteľnosti (IACC) dosiahol aj po opakovanom meraní hodnoty, ktoré doposiaľ neboli namerané v žiadnej významnej sále v rámci celého sveta. Práve prostredníctvom tohto parametra môžeme poukázať na výnimočnosť akustických

⁵ BERANEK, L.: *Concert and opera halls: How they sound*, 1996, s. 428 – 430

⁶ KIERAKIEWITZ K. H. L., VERCAMMEN M.: *Acoustical Survey of 25 European Concert Halls*, 2009, s. 2

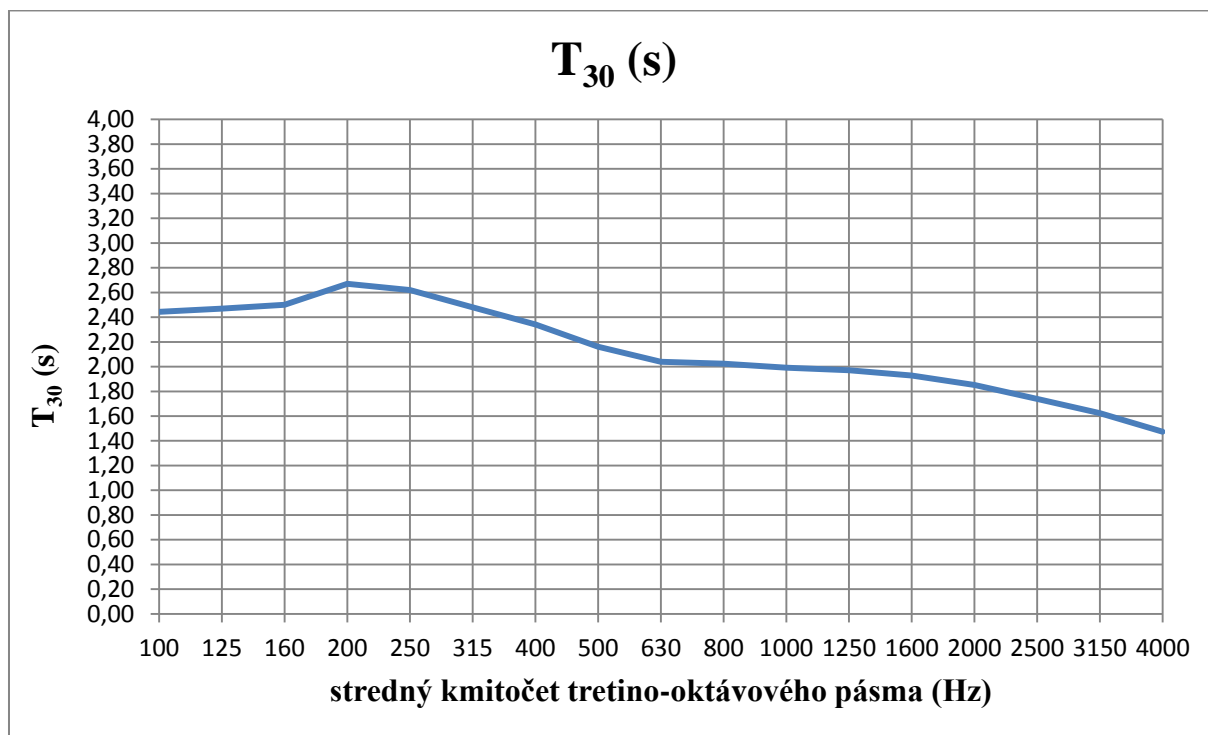
vlastností priestoru Koncertnej sály Župného domu v Nitre nie len v regionálnom, ale aj celosvetovom merítku. Nižšie uvádzame tabuľku hodnôt troch akusticky najlepších koncertných sál na svete podľa meraní Hidaku, Beranka a Okana⁷ v porovnaní s Koncertnou sálou Župného domu v Nitre.

Tabuľka 4 *Porovnanie parametru $IACC_{E3}$ významných koncertných sál*

Sála	$IACC_{E3}$
Musikverein Wien	0,29
Boston, Symphony Hall	0,35
Concertgebouw Amsterdam	0,38
Koncertná sála Župného domu v Nitre	0,28

⁷ HIDAHA, J., BERANEK L., OKANO T.: *Interaural cross-correlation, lateral fraction, and low- and high-frequency sound levels as measures of acoustical quality in concert halls*, 1995, s. 996

Grafy a tabuľky pre Koncertnú sálu Župného domu v Nitre

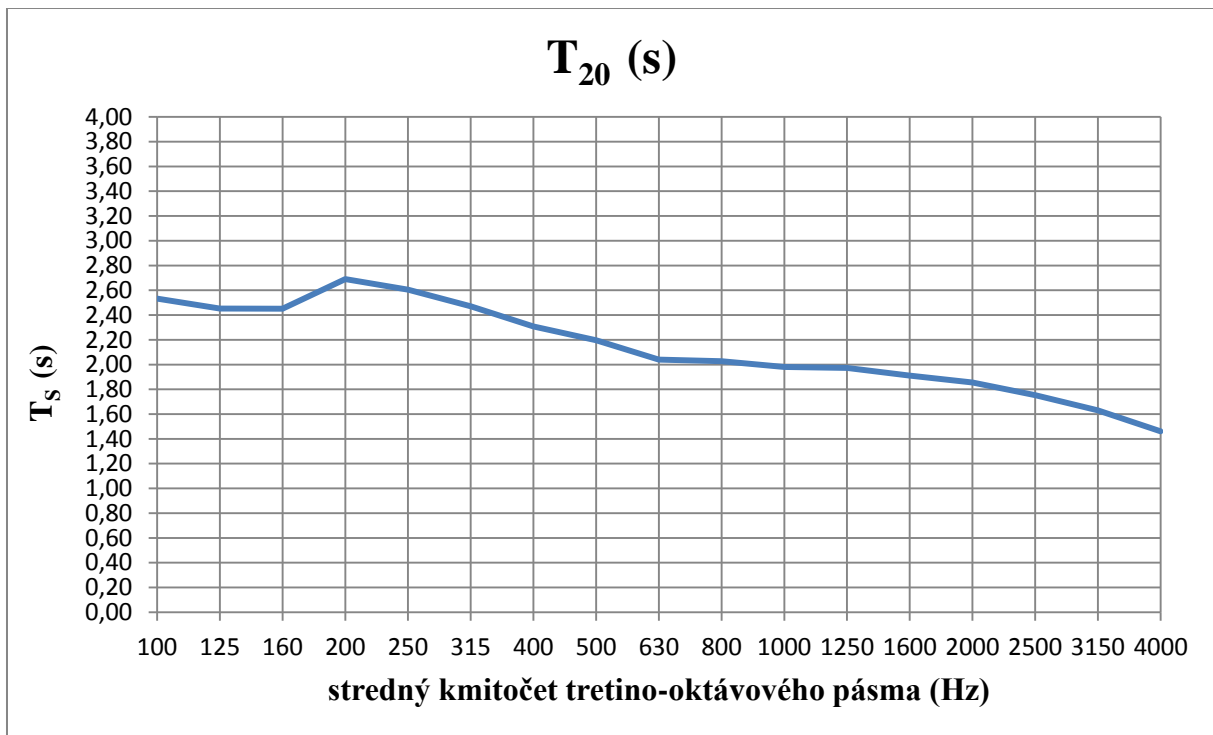


Graf 1 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 30 dB (T_{30})

Tabuľka 5 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 30 dB (T_{30})

stredný kmitočet tretino-oktávového pásma (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
T_{30} (s)	2,44	2,47	2,50	2,67	2,62	2,48	2,34	2,16	2,04

800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
2,02	1,99	1,97	1,93	1,85	1,74	1,62	1,47

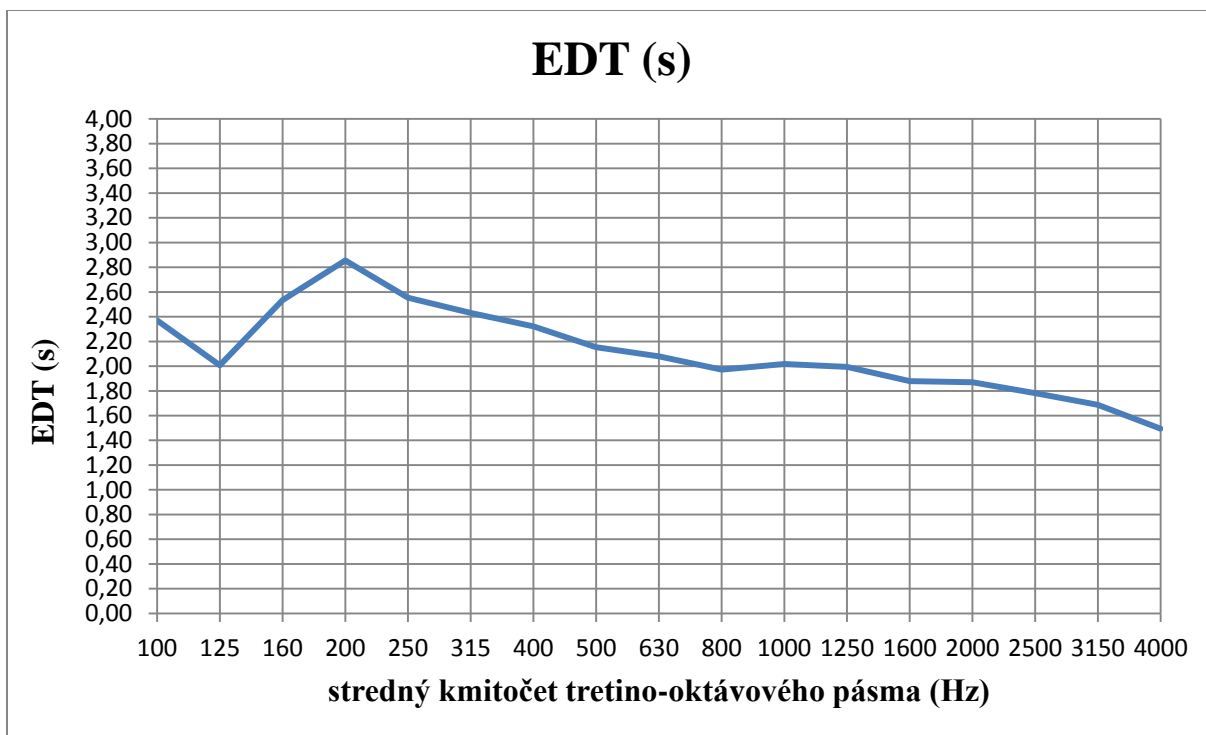


Graf 2 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 20 dB (T_{20})

Tabuľka 6 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 20 dB (T_{20})

stredný kmitočet tretino-oktávového pásma (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
T_{20} (s)	2,53	2,45	2,45	2,69	2,61	2,47	2,31	2,20	2,04

800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
2,03	1,98	1,97	1,91	1,86	1,75	1,63	1,46



Graf 3 Počiatočný čas dozvuku (EDT)

Tabuľka 7 Počiatočný čas dozvuku (EDT)

stredný kmitočť tretino-oktávového pásma (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
EDT (s)	2,37	2,01	2,53	2,85	2,55	2,43	2,32	2,15	2,08

800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
1,97	2,02	1,99	1,88	1,87	1,78	1,69	1,50

Tabuľka 8 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 30 dB (T_{30}) v oktávovom pásme

stredný kmitočť oktávového pásma (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T_{30} (s)	2,51	2,47	2,23	2	1,82	1,56

$T_{30 \text{ mid}} = 2,12$

Tabuľka 9 Čas dozvuku založený na hodnotiacom pásme 20 dB (T_{20}) v oktávovom pásme

stredný kmitočet oktávového pásma (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T_{20} (s)	2,46	2,45	2,22	1,99	1,82	1,55
$T_{20 \text{ mid}} = 2,11$						

Tabuľka 10 Počiatočný čas dozvuku (EDT) v oktávovom pásme

stredný kmitočet oktávového pásma (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
EDT (s)	2,43	2,43	2,19	1,99	1,83	1,56
$EDT_{\text{mid}} = 2,09$						

Tabuľka 11 Ťažisko impulzovej odozvy (T_s)

stredný kmitočet oktávového pásma (Hz)	500	1000	2000	4000	priemer
t_s (ms)	174,5	155,3	138,1	112,4	145,1

Tabuľka 12 Index počiatočnej a neskoršie prichádzajúcej zvukovej energie (C80 – jasnosť)

stredný kmitočet oktávového pásma (Hz)	500	1000	2000	4000	priemer
C80 (dB)	-2,5	-2,1	-1,3	0,16	-1,45

Tabuľka 13 *Korelačné koeficienty vzájomnej počuteľnosti (IACC_E)*

stredný kmitočet oktávového pásma (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
IACC_E3	0,84	0,61	0,39	0,24	0,22	0,25
IACC_E3 = 0,28						

Tabuľka 14 *Basový pomer (BR)*

BR = 1,17

Použitá literatúra

STN EN ISO 3382-1 Akustika: Meranie akustických vlastností miestnosti. Časť 1: Sálové priestory. Bratislava. Slovenský ústav technickej normalizácie. 2010.

BERANEK, L.: *Concert and opera halls: How they sound*, NY: Acoustical Society of America, Woodbury, 1996, 643 s.

KIERAKIEWITZ K. H. L., VERCAMMEN M.: *Acoustical Survey of 25 European Concert Halls*, Peutz Publicatie, 2009, 4 s.

HIDAKA, J., BERANEK L., OKANO T.: *Interaural cross-correlation, lateral fraction, and low- and high-frequency sound levels as measures of acoustical quality in concert halls*, In: *Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 98, No. 2 Pt1., U.S.A., 1995, s. 988 – 1007

BRADLEY, John S.: *Using ISO 3382 measures, and their extensions, to evaluate acoustical conditions in concert halls*, In: *Acoustical Science and Technology* Vol. 26, No. 2 Special issue on Room Acoustics in honour of RADS 2004, Tokyo, Japan, 2005, s.170 – 178

VONDRÁŠEK, M., MIKEŠ, M., FLEISCHMAN, R.: *Akustika hudebních prostorů v České republice*, Akademie múzických umění v Praze, Praha, Česká republika, 2008, 110 s.

VONDRÁŠEK, M., ANTEK, M.: *Porovnání objektivních kritérií kvality koncertních sálů*, In: *Akustické listy*, Vol. 11, No. 3, Česká republika, str. 10, 2005, s. 9 – 18