

Popis průběhu řešení projektu za sledované období

Řešení projektu Výzkumného centra hudební akustiky probíhalo v období od 1. 1. do 31. 12. 2007 v souladu s výzkumnými cíli centra (Návrh programového projektu, paragraf B5). Činnost řešitelského týmu vycházela ze Strategie a metod výzkumné činnosti centra (B.6) a byla zaměřena především na řešení dílčích projektů P1 až P12 (B.6) stanovených pro tento rok v Časovém harmonogramu (B.7). Základní diskuse členů týmu o úkolech centra v daném roce o představách a termínech jejich řešení se uskutečnily na setkání pracovníků centra ve dnech 18. 1. – 19. 1. 2007 v Poněšicích. Setkání v Poněšicích v počátečních dnech roku se již stalo trvalou součástí koordinace činnosti pracovníků centra jak na pracovišti řešitele, tak i s ostatními partnery.

Složení řešitelského týmu doznalo v průběhu roku 2007 určitých změn, tým po odchodu 4 pracovníků byl doplněn 3 pracovníky ve smyslu splnění specifických podmínek programu. Centrum se aktivně podílelo na uskutečňování doktorských programů, 4 výzkumní pracovníci úspěšně obhájili doktorské práce, dalších 4 pracovníci mají své disertační práce na různém stupni rozpracovanosti (3 na ČVUT FEL, 1 na AMU). V plném rozsahu byly splněny podmínky programu a smlouvy o spolupráci s partnerskými firmami. Přidělené účelové prostředky na řešení projektu v roce 2007 byly beze zbytku vyčerpány, příjemce i spolupříjemci dodrželi rozpočtovou skladbu ostatních neinvestičních nákladů v položkách osobních nákladů, provozních nákladů a doplňkových (režijních) nákladů.

V roce 2007 již nebyly v rámci účelové dotace projektu pořizovány žádné nové investiční položky. Pulsní laserový interferometr ESPI Q-600 od firmy DANTEC, v roce 2005 pořízený jako investice a v téže roce sdružením finančních prostředků partnerských firem doplněný na systém umožňující 3D zobrazení mechanického kmitání byl v roce 2007 dovybaven vertikální upínací deskou vlastní konstrukce a dalšími původními přípravky pro uchycení měřených hudebních nástrojů nebo jejich dílů. Intenzivní využití interferometru si též vyžádalo instalaci klimatizace prostoru, ve kterém se nachází jeho řídicí elektronika a zdroje pro laser, z důvodu zajištění optimální provozní teploty. Měřicí stůl se systémem lineárních posuvů pro dvoupaprskový laserový vibrometr byl rovněž dovybaven rámovou konstrukcí pro upínání. Vícestupňový digitální záznam Tascam X-48 pořízený v roce 2006 byl implementován do systému záznamu sítě měřicích mikrofonů v bezodrazové komoře a je využíván při výzkumu směrových závislostí barvy zvuku hudebních nástrojů.

V laboratoři fyzikální akustiky byla ověřována a v praxi aplikována metodika měření mechanického kmitání houslí (metoda animace) vyvinutá v roce 2006 vycházející ze sledování fázových poměrů v jejich časovém průběhu na spolukmitajících dílech houslí nebo vrchní a spodní desky. Metodika byla použita na zmapování vlastností mechanického kmitání houslí ve frekvenčním pásmu od 100 Hz do 2500 Hz. Housle a samostatné houslové desky dodal pro měření houslařský ateliér Jana B. Špidlena. Spolu s měřením frekvenčních charakteristik a mechanických vlastností pomocí ESPI byly sbírány i údaje o měřených nástrojích. Sběr byl proveden formou nově vypracovaného dotazníku. Dotazník zahrnuje nejen informace o původu nástroje, ale též o subjektivním ohodnocení zvuku na jednotlivých strunách i nástroje jako celku a též o ovladatelnosti nástroje z pohledu hudebníka. Zvuky (tóny stupnice a hudební ukážka) změřených a ohodnocených nástrojů byly též nahrány ve Zvukovém studiu HAMU (nástroje byly přehrávány houslistou Pavlem Šporcem).

Náhradou za teoretické práce související s vnímáním zvuku, které byly uvedeny v původním návrhu projektu a které měly být na doporučení rady centra omezeny, byla uskutečněna řada studií zaměřených na praktickou podporu výrobců. Systém dvoupaprskového laserového vibrometru a lineárních posuvů byl využit při měření mechanického kmitání stěn varhanních píšťal. Tato měření byla jednak součástí úspěšně obhájené diplomové práce Elišky Bejčkové, posluchačky ČVUT FEL, která jako stávající posluchačka oboru Zvuková tvorba na HAMU zůstává členkou řešitelského týmu, a jednak byla použita při měření impulzních odezvě stěn dřevěných píšťal z hlediska vlivu Gama ozáření. Tato měření souvisela s doporučením Rady centra směřujícím k zkoumání vlivu povrchových úprav a Gama ozáření dřeva na zvuk hudebních nástrojů konkrétně dřevěných varhanních píšťal. Měření vlivu Gama ozáření bylo realizováno na vybraných vzorcích dřeva, na restaurované píšťale z historických varhan a na nově vyrobené píšťale. Mechanická měření byla provedena na vzorcích dřeva (laděných J. B. Špidlenem i neladěných) a na píšťalách. Na píšťalách byla ještě doplněna akustickým měřením zvuku v bezodrazové místnosti (2x před ozáření, 1x po ozáření). Při vývoji metodiky, jak sledovat změnu zvuku píšťaly vlivem ozáření, byla ověřována možnost definovaného buzení kmitů vzdušného sloupce uvnitř píšťaly pomocí reproduktoru zabudovaného ve dně píšťaly. Tento způsob se z důvodu malé energetické účinnosti buzení neosvědčil. Rozsáhlé výsledky všech měření včetně jejich výkladu byly předány partnerské firmě Organa Kutná Hora s.r.o. k posouzení. K měření vlastností mechanické struktury byly navrženy a realizovány držáky impulzních kladívek pořízených v předchozím roce. Pomocí velmi přesného ložiskového vedení může kladívko dopadat na zvolené místo na struktuře z definované výchozí polohy a opakovatelným silovým impulsem budit vlastní kmity struktury. Při měření kmitání stěn píšťal bylo použito mimo uvedené buzení kladívkem též přirozené vybudování vibrací působením kmitání vzduchu uvnitř píšťaly a turbulencemi vzduchového jazyčku v okolí lábia. Při tomto způsobu buzení byla píšťala umístěna na experimentální vzdušnici

a tlak vzduchu i ostatní parametry byly nastavovány v souladu s běžnými provozními hodnotami ve varhanách. Přirozený způsob buzení kmitů však vyžadoval snímání signálu pro synchronní spouštění interferometru pomocí mikrofónu. Při řešení problematiky optimalizace polohy snímání externí synchronizace se ve velké míře projevil i problém stanovení nulové výchylky v ESPI obrazci (stanovení polohy uzlové čáry). Problematika nulové výchylky byla řešena dvojím způsobem (publikováno na mezinárodní konferenci uživatelů produktů firmy DANTEC v Ulmu). Druhý ze způsobů vyžaduje pro použití v praxi úpravu software interferometru (automatické nastavování řady parametrů laserových pulsů a vyhodnocování výsledků). Na konferenci v Ulmu zástupci firmy DANTEC vyjádřili zájem o uvedenou metodiku včetně spolupráce při její implementaci. Do doby, než bude inovován nový software k ESPI nabídli k dispozici programátorovi z MARC týmu přístup ke zdrojovému kódu software, který je v interferometru používán nyní.. Návštěva programátora ve firmě DANTEC je domluvena na leden 2008.

Pro účely umělého buzení kytar byl navržen nový budič (způsob excitace založen na Dünnwaldově principu). Tvar jeho magnetických obvodů ze sintrovaných anizotropních magnetů NdFeB byl optimalizován v návaznosti na výrobní možnosti dodavatele magnetů (firma Sinomag s.r.o.) tak, aby umožňoval buzení jak klasické kytary s průběžnou oporou strun na kytarové kobylce, tak country kytary s uchycením strun kolíčky. Z důvodů chyby při magnetizaci jednoho z magnetů magnetického obvodu (reklamováno) doposud nemohl být budič sestaven.

Ve spolupracující firmě ROZAWOOD a.s. byly v průběhu podzimu vyráběny typické vzorové kytary jejichž vlastnosti mají být měřeny (zadána diplomová práce na katedře radioelektroniky FEL ČVUT – diplomant Ladislav Štefek).

Měření vlivu povrchových úprav orientované na strunné nástroje bylo realizováno ve spolupráci Dřevařskou fakultou Technické univerzity ve Zvolenu. Z polotovarů umožňujících sestavení houslí (vyrobena ještě ve spolupráci s firmou Rudolph Fiedler) byla na Technické univerzitě zkompletována sada experimentálních nástrojů, jejichž frekvenční charakteristiky a vlastnosti mechanického kmitání byly měřeny v bezodrazové místnosti a pomocí ESPI na pracovišti HAMU (záznam stavu před povrchovou úpravou). Výsledky byly společně publikovány na mezinárodním sympoziu MAP 2007 (Zvolen). Uvedená měření budou v následujícím roce doplněna o stav po provedení povrchových úprav a porovnána.

V návrhu nové metodiky záznamu směrového vyzářování hudebních nástrojů byla v návaznosti na zakoupené záznamové zařízení Tascam X-48 modifikována původní měřicí metoda „98 mikrofonů“ (celkem 7 měření postupně v 5 výškových polohách s 16 mikrofony rozmístěnými na kruhu v každé z nich doplněné v obou krajních polohách o 8 mikrofonů rozmístěných na menším kruhu a 1 mikrofonem ve středu kruhu) na měření 48 mikrofony (pouze 1 měření simultánně všemi 48 mikrofony). Navržená nosná konstrukce mikrofonů v podobě kruhových výsečí umožňuje mapovat pole kolem nástroje jak rovnoměrně (vždy jeden mikrofon v dílčím segmentu o konstantním prostorovém úhlu), tak nerovnoměrně (v místech, kde dochází k výraznější změně pole s polohou, je možné umístit mikrofony hustěji). Vybraných 48 měřicích pozic obvykle zaručuje zachování podstatné informace o směrovém vyzářování a v případě potřeby může být doplněno dalšími měřeními, s pootočením nástroje. Z důvodu vytížení bezodrazové místnosti měřením varhanních píšťal a frekvenčních i směrových charakteristik houslí (viz akcentace zaměření doporučené radou centra) byl vlastní vývoj a realizace (vyžaduje sejmutí bezodrazového obložení) nové konstrukce prozatím pozdržen.

Všechny výsledky jsou průběžně archivovány na CD a zařazovány do databáze výsledků.

V souvislosti s požadavkem měření varhanních rejstříků byl upraven vlastní software pro signálovou analýzu HAMANAL (prostředí MATLAB), aby umožňoval dávkové zpracování velkého množství naměřených dat.

V průběhu roku došlo k personální změně na místě programátora. Na základě nové systémové analýzy problematiky a s větší mírou zobecnění pokračovaly práce na softwarovém systému pro poslechové testy PSYLAB. Systém byl na nejnižší úrovni rozšířen o přípravu jakýchkoli poslechových (psychoakustických) i bezposlechových (psychologických) testů, doplněn o možnosti řadit testy do testových baterií a vytvářet individuální testové plány na základě společných pravidel platných pro všechny účastníky testů. V souvislosti s těmito možnostmi byla též nově upravována celá horní úroveň i uživatelská vrstva tak, aby PSYLAB mohl být využíván jako autorizovaný software i mimo pracoviště MARC.

Úmrtí RNDr. Jana Štěpánka způsobily změnu v naplánovaných aktivitách, kterých byl s ohledem na svoji specializaci nositelem. Jeho již přihlášený a pro publikování i přednes zpracovaný příspěvek o percepčních váhách spektrálních komponent stacionárních částí houslových tónů nemohl být z důvodů nenadálého úmrtí prezentován na ISMA07 v Barceloně, jak bylo zamýšleno, ale jeho prezentace v zastoupení bude uskutečněna na nejbližší další konferenci s podobným hudebně akustickým zaměřením. Obdobně jeho článek (Acoustic correlates of timbre space dimensions: A confirmatory study using synthetic tones JASA 118 (1), 471-482) do odborného recenzovaného časopisu (JASA), který byl tímto autorem v loňském roce zaslán k posouzení a publikování, doposud nevyšel z důvodů přerušení komunikace v průběhu posuzování. Publikování nyní organizuje v zastoupení autora ing. Otčenášek. V tomto článku je uveden příklad použití nově vyvinuté MARC metodiky 'vnoření' k interpretaci výsledků poslechových testů, které jiný autor považoval za

neinterpretovatelné. Rovněž termín dalšího poslechového testu se stálou poslechovou skupinou, který dr. Štěpánek připravoval, byl posunut. Tato změna měla dva důvody. Jednak byl radou centra změněn akcent v cílech projektu z teoretického poznání o vnímání zvuku hudebních nástrojů na praktickou podporu výrobců (zaměření na varhany a housle). Z tohoto důvodu by byl test posunut i bez uvedené smutné události. Jednak zamýšlený test vyžaduje řadit testy do testových baterií a tuto možnost dokázal v software PSYLAB vyřešit až nový programátor Bc. Prokop. Tento test není z plánu činnosti MARC vypuštěn, ale je v souladu s doporučením Rady centra přesunut na příští rok.

Pro analýzu nahrávek hlasu (pořízených v roce 2006) byly vytvořeny programy v prostředí MATLAB 2006b: VRP_estimation (analyzátor hlasového pole (voice range profile)), RezaniVokalu a Cutting_recognition (usnadněná editace - stříhání a výběr vokálů pro další analýzu), DrawVRPs (program na vizualizaci vlastností editovaných vokálů a jejich zakreslení do hlasového pole, s možností rychlého výběru zvuků z databáze editovaných vokálů), PoslechWav (program na přípravu editovaných vokálů do poslechových testů, vyrovnávání hlasitosti a tvorba testovacích úkolů). Mezi důležité výsledky výzkumu hlasu patří autorizovaný software pro pořizování parametrizovaných fonetogramů obecných řečových a hlasových projevů – ParVRP. Tento software již prakticky využívám zdravotnickým zařízením ComHealth s.r.o. pro hlasovou diagnostiku.

Pomocí uvedených programů byla vytvořena databáze editovaných vokálů z nahrávek pořízených v roce 2006 a jejich objektivní hodnocení v poloze na hlasovém poli (přibližně 9000 vokálů „a“). Na základě analyzovaných výsledků byly upřesněny další hypotézy i postup výzkumu a připraveny předběžné poslechové testy pro posouzení kvality hlasu.

Podle upřesněné metodiky záznamů z roku 2006 byly pořízeny nové hlasové nahrávky mluvního (opřehného a civilního) a zpěvního hlasu kontrolní skupiny 20 hlasových neprofesionálů (nastupujících studentů do 1. ročníku DAMU).

Byla dokončena druhá etapa měření a výpočtů objektivních kritérií akustické kvality prostorů hudebního určení se zaměřením na prostory pro varhanní hudbu, výsledky uložené v databázi akustických vlastností prostorů byly zpracovány do publikovatelné podoby. Se zveřejněním těchto výsledků se počítá v roce 2008. Současně byla zpracována původní metodika měření akustické kvality prostor (čís.16/2007) a aplikována pro případ prostor pro varhanní hudbu v refektáři MFF UK a v St. Michaelis Grote Kerk ve Zwolle (Holandsko). Pracovní skupina pro prostorovou akustiku se zabývala také testováním technické proveditelnosti a použitelnosti auralizace pro provádění poslechových testů za účelem získání subjektivních hodnocení akustické kvality jednotlivých měřených prostorů. Testy byly prováděny s použitím impulzových odezví, získaných při měřeních v prostorech hudebního určení v letech 2005 a 2006, vstupním signálem pro auralizaci byly bezozvukové nahrávky symfonické hudby. Dále byly provedeny orientační poslechové testy a bylo konstatováno, že metoda auralizace je použitelná pro získávání subjektivních hodnocení akustické kvality měřených prostorů. V roce 2008 bude pomocí této metody poslechovou skupinou HAMU subjektivně hodnocena akustická kvalita všech měřených prostorů. Současně byla též zaměřena pozornost na tvorbu matematických modelů vybraných prostorů změřených v letech 2005 a 2006.

Pro účely měření a dokumentování zvuku varhan *in situ* byla vyvinuta nová metoda akustické dokumentace píšťalových varhan 8&1 (8 mikrofonů měří jednotlivé tóny). Oproti způsobu měření 3&3 (3 mikrofony měří trojzvučky) vyvinutém na počátku 90. let a použitým při dokumentaci řady varhan, které prošly restaurováním např. ve Smetanově síni Obecního domu, v Týnském chrámu aj., umožňuje metoda 8&1 kromě objektivního posouzení zvukových vlastností varhan i prostoru, ve kterém se nalézají, také posouzení subjektivní, a to poslechem binaurálního záznamu pořízeného pomocí umělé hlavy z místa varhaníka i z místa posluchače.

Jedním z nejvýznamnějších výsledků dosažených v roce 2007 bylo dohotovení varhan v refektáři MFF UK postavených partnerskou firmou Organa Kutná Hora s.r.o. Varhany byly úspěšně zkolaudovány dne 6.9.2007 a předány k užívání. V tomto nástroji – funkčním vzorku byly zohledněny všechny dosud v rámci řešení projektu získané poznatky z prostorové akustiky (návrh umístění nástroje a rozmístění jeho jednotlivých strojů, měření vyzařování nástroje a základních parametrů akustiky sálu v rámci nově uplatněné metodiky čís.16/2007, vlivu varhan, interiéru a publika na tyto parametry), dále byl optimalizován návrh dispozice a menzurače vzhledem ke zjištěným parametrům akustiky sálu a požadavkům uživatele a průběh intonace píšťal (zejména principálového sboru) byl monitorován dle uplatněné metodiky čís. 4/2006. Po konstrukční stránce bylo realizováno nové řešení vzdušnic, které umožnilo optimalizovat vyzařování píšťal do prostoru za současné úspory prostorové náročnosti až o 30%. Současně byla zvýšena stabilita vzduchového zásobování a snížena hlučnost chodu ventilů. Ovládání nástroje, tj. komunikace hracího stolu se vzdušnicemi byla řešena čistě elektronickou cestou, což umožnilo rozšířit klasicky pojatou dispozici varhan pomocí systému spojek vázaných na konkrétní „fyzické“ rejstříky (na způsob tzv. transmisí a extenzí) o nové virtuální rejstříky. Podrobný popis zvukového i technického řešení varhan přináší uplatněný výsledek jako funkční vzorek čís.14 /2007. Nástroj byl dokumentován nově vyvinutou metodou akustické dokumentace píšťalových varhan 8&1 (uplatněná metodika čís. 15/2007). Úplné dokumentační měření tohoto nástroje bylo provedeno celkem třikrát (stav před intonací, po první intonaci a po

druhé intonaci). Zpracované výsledky měření stavu po první intonaci byly použity jako pomůcka intonéra při druhé intonaci. Při předvedení varhan (3.12.2007) pak bylo dále provedeno měření plénotvorných rejstříků, pléna a tutti (včetně měření prostoru) se sálem plně obsazeným posluchači. Jako druhý nástroj, který byl novou metodou dokumentován, byly světoznámé Schnitgerovy varhany v holandském Zwolle. Dokumentaci, která trvala 5 dní resp. nocí věnovala, inicioval projekt Sonus Paradisi. O výsledek dokumentace projevila zájem Nadace přátel Schnitgerových varhan v Holandsku. Dokumentaci věnovala na naše poměry neobyčejnou pozornost regionální i celostátní holandská média, ve kterých byla veřejnost seznámena jak s konkrétní metodou akustické dokumentace varhan, tak s činností Výzkumného centra hudební akustiky.