

Akustická studie

Městský plavecký stadion Lužánky

Sportovní 486/4

602 00 Brno

Vypracoval:

Ing. Jan Burda

Kontroloval:

Ing. Roman Pavelka

Zpracováno v období:

prosinec 2019

Obsah

1. VŠEOBECNĚ.....	3
1.1. Předmět.....	3
1.2. Úkol.....	3
1.3. Objednatel.....	3
1.4. Zpracovatel.....	3
1.5. Vypracoval.....	3
1.6. Kontroloval.....	3
1.7. Zpracováno v období.....	3
2. PODKLADY.....	3
3. SITUACE.....	4
4. POŽADAVKY.....	5
5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....	6
5.1. Měření doby dozvuku – stávající stav.....	6
5.2. Výpočtový model.....	6
5.3. Návrh úprav.....	7
5.4. Výpočet.....	8
5.5. Posouzení.....	8
6. ZÁVĚR.....	9

1. VŠEOBECNĚ

1.1. Předmět

Plavecký stadion Kometa, Brno

1.2. Úkol

Akustická studie – prostorová akustika

1.3. Objednatel

INTAR a.s.

Bezručova 81/17a
602 00 Brno
IČ: 25594443

kontaktní osoba:
Ing. Jiří Bartoš
+420 777 135 853
jbartos@intar.cz

1.4. Zpracovatel

DEKPROJEKT s.r.o.

Tiskařská 10/257
budova TTC TECHKOM
CENTRUM
108 00, Praha 10
tel.: +420 234 054 284-5
fax.: +420 234 054 291

IČO: 27 64 24 11
DIČ: CZ 27 64 24 11
bankovní spojení:
35-7899980247/0100
KB Praha 9

Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v Praze oddíl C., vložka 120996

1.5. Vypracoval

Ing. Jan Burda

1.6. Kontroloval

Ing. Roman Pavelka

1.7. Zpracováno v období

prosinec 2019

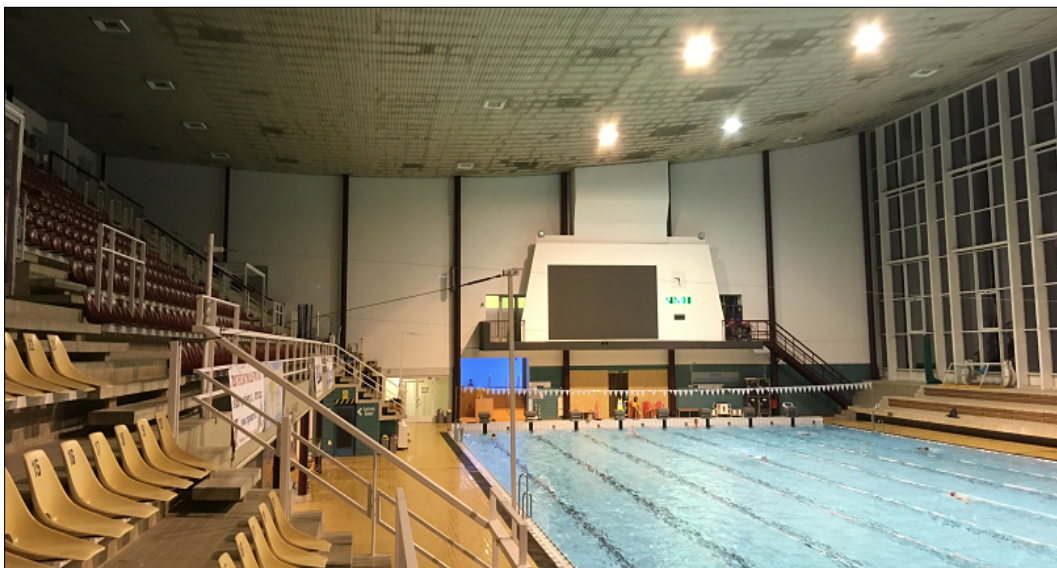
2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 22. 5. 2019 dle D2019-034885
- [2] Projektová dokumentace „Plavecký stadion v Brně“, zodp. projektant: Ing. Pokorová, datum vypracování: 01/1967
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, Csc.
- [4] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- [5] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – prostory pro kulturní účely – prostory ve školách – prostory pro veřejné účely.
- [6] Stavební fyzika I – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., VUTIUM 1998.
- [7] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- [8] ČSN EN ISO 11654 (73 0528) Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- [9] Výpočetní program ODEON 15.10 Auditorium

Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie

3. SITUACE

Jedná se o rekonstrukci objektu Městského plaveckého stadionu Lužánky v Brně [2]. Z důvodu realizace nové střechy bazénové haly bude odstraněn původní akustický podhled. Objednatel je požadováno posouzení vnitřního prostoru hlavní bazénové haly z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527. Situace stávajícího stavu je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. 1/ Vnitřní prostor haly



Obr. 2/ Vnitřní prostor haly

4. POŽADAVKY

Optimální doba dozvuku T_0 prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru. Číselně vyjádřená hodnota optimální doby dozvuku v sekundách se týká prostoru v neobsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtu 1000 Hz.

Hodnota optimální doby dozvuku pro sportovní a plavecké haly se určí podle následujícího vztahu:

$$T_0 = 1,0366 \cdot \log(V) - 2,204$$

Hodnota optimální doby dozvuku je stanovena dle požadavku ČSN 73 0527 [5] platného pro sportovní a plavecké haly s objemem do 20 000 m³. Hodnota optimální doby dozvuku pro posuzovaný prostor je uvedena v následující tabulce.

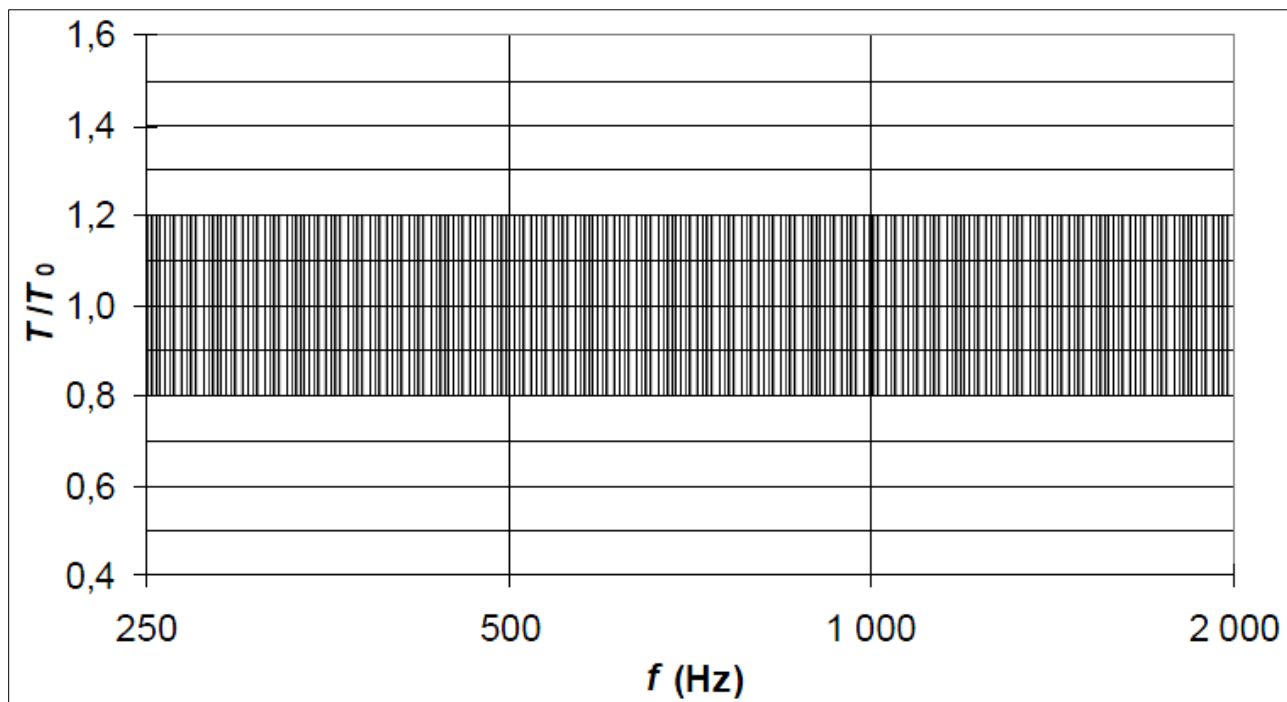
Místnost	Objem [m ³]	Optimální doba dozvuku [s]
Bazénová hala	31530,0	2,46

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktavová pásma se středními kmitočty od 250 Hz do 2 000 Hz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku T se ve vztahu k optimální době dozvuku T_0 prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktavová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet f (Hz) oktavového pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T
Plavecká hala	horní	-	-	1,20	2,95	1,20	2,95	1,20	2,95	1,20	2,95	-	-
	dolní	-	-	0,80	1,97	0,80	1,97	0,80	1,97	0,80	1,97	-	-

Tab. /2/ Přípustné rozmezí T/T_0



Obr. /3/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktavového pásma

5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

5.1. Měření doby dozvuku – stávající stav

V posuzovaném prostoru bylo provedeno měření doby dozvuku v souladu s ČSN EN ISO 3382-2. Měření bylo provedeno dne 18. 9. 2019 metodou impulsové odezvy (výstřel z pistole). Měřením bylo prokázáno dosažení optimální doby dozvuku. Optimálních akustických poměrů je dosaženo pomocí akustického podhledu, který však bude při rekonstrukci odstraněn a nahrazen. Hodnocení dle ČSN 73 0527 je provedeno v následující tabulce.

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Změřená doba dozvuku v oktávových pásmech – neobsazený stav	T	s	-	2,56	2,73	2,76	2,74	-
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – sportovní hala	Horní mez	T _{E,N}	s	-	2,95	2,95	2,95	2,95
	Dolní mez	T _{E,N}	s	-	1,97	1,97	1,97	1,97
Hodnocení			-	+	+	+	+	-

Tab. /3/ Změřená doba dozvuku

Pozn.: + ... Vyhovuje požadavku, X ... Nevyhovuje požadavku, - ... nezhodnoceno

5.2. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m ²]
Podlaha	tvrdá podlahovina	2359,9
Vodní plocha	voda	1109,8
Stěny	omítka	1434,7
Okna, dveře	sklo	1392,9
Strop	Podhled - kovové lamely perforované	2827,6

Tab. /4/ Pohledové konstrukce

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující (pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu 60%):

Kmitočet f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0017	0,0041

Tab. /5/ Činitel útlumu ve vzduchu

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [3, 6, 7 a 9]. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podlaha	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Vodní plocha	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Omítka	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Prosklené výplně	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Kovové lamely perforované	0,65	0,65	0,53	0,47	0,40	0,40

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

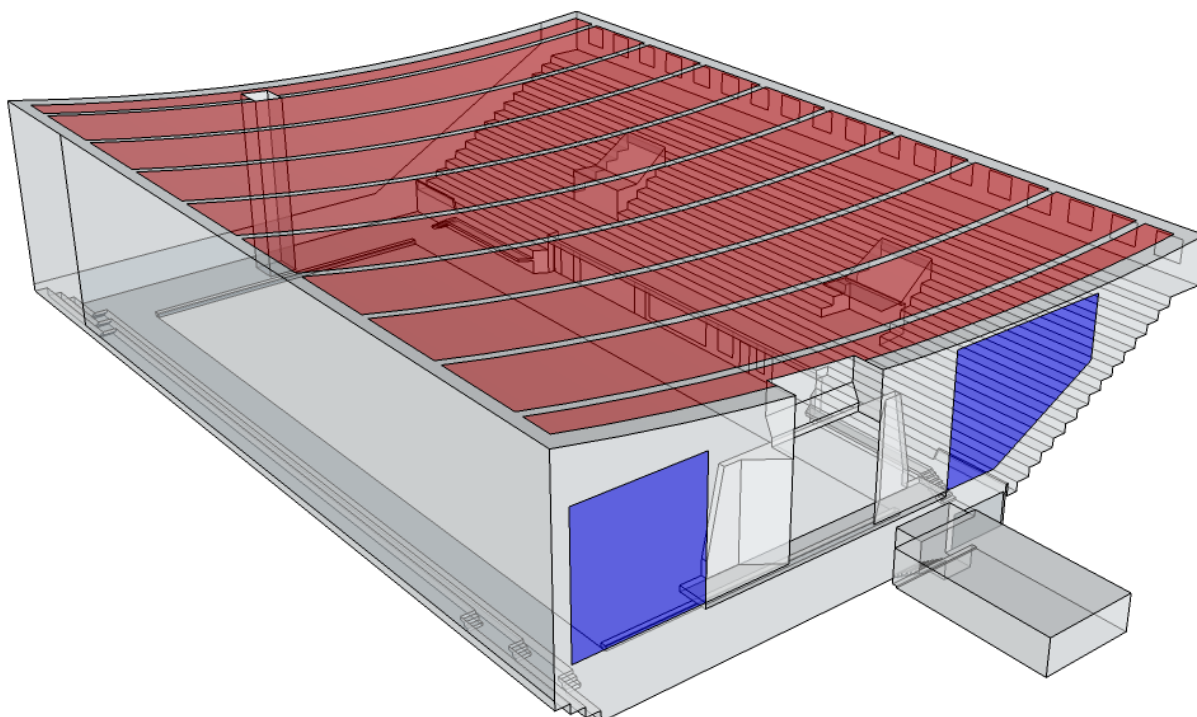
5.3. Návrh úprav

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 12354-6 přílohy D, výpočet v programu ODEON umožňuje přesné zadání tvaru prostoru, podrobné členění a to včetně detailů.

Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Do posuzovaného prostoru bazénové haly navrhujeme provedení podhledu stropu z akustických panelů **Ecophon Hygiene Performace A tl. 40 mm s celkovým odsazením od povrchu stropu 360 mm** (mezi povrchem stropu a vrchní stranou podhledu vznikne vzduchová mezera tl. 320 mm). Nosný systém podhledu bude tvořen antikorozním rastrem Connect T24 v provedení C4. Z tepelnětechnických důvodů po celém obvodu haly v maximální šířce do 1 m od stěny a dále mezi jednotlivými pohltivými plochami v pásech o šířce 600 mm akusticky pohltivý podhled nebude proveden. Celková plocha podhledu bude 2346,2 m². Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 červenou barvou. Jedná se o akustický systém, který je vhodný do prostoru plaveckých hal.

Dále bude proveden částečný obklad jedné štítové stěny akustickými panely **Ecophon Akusto Wall C Akutex HS tl. 40 mm s celkovým odsazením od povrchu stěny 60 mm** (mezi povrchem stěny a zadní stranou obkladu vznikne vzduchová mezera tl. 20 mm). Nosný systém bude tvořen antikorozním rastrem Connect, který je vyroben v korozní třídě C4. Celková plocha stěnového obkladu bude 147,6 m². Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 modrou barvou.



Obr. /4/ Rozmístění úprav – celkový pohled

V následující tabulce jsou uvedeny činitelé pohltivosti zvukopohltivých materiálu uvažovaných ve výpočtu. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z podkladů výrobce. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

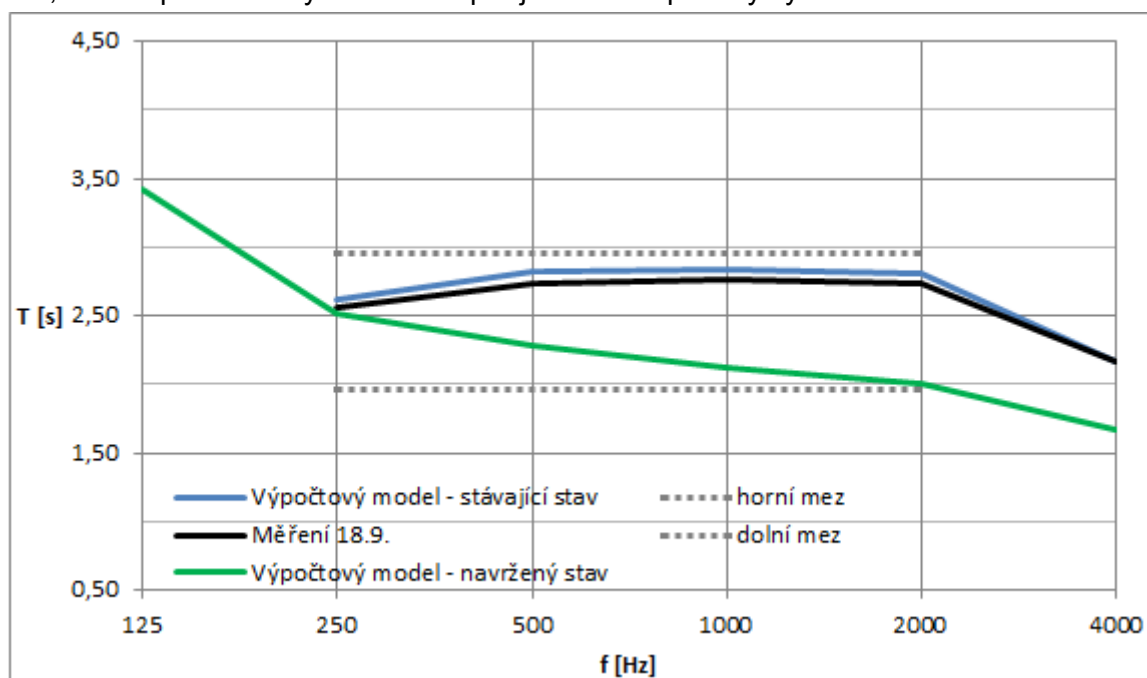
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ecophon Hygiene Performace A, tl. 40 mm, celkové svěšení 360 mm	0,35	0,60	0,70	0,80	0,85	0,80
Ecophon Akusto Wall C Akutex HS, tl. 40 mm, celkové odsazení 60 mm	0,30	0,85	0,95	0,95	1,00	0,95

Tab. /7/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

5.4. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky sportovní haly je použit software ODEON 15.10 Auditorium. Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a geometrii prostoru. ODEON používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků. Při výpočtu je uvažován neobsazený prostor haly.

Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro jednotlivé způsoby využití dle ČSN 73 0527.



Obr. 6/ Výsledná doba dozvuku

5.5. Posouzení

V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	3,42	2,52	2,28	2,12	2,00	1,67
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – plavecká hala	Horní mez	T _{E,N}	s	-	2,95	2,95	2,95	2,95	-
	Dolní mez	T _{E,N}	s	-	1,97	1,97	1,97	1,97	-
Hodnocení				-	+	+	+	+	-

Tab. /8/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – stav po návrhu úprav

Pozn.: + ... Vyhovuje požadavku, X ... Nevhovuje požadavku, - ... nehodnoceno

Z výsledků v tab. 8 je zřejmé, že posuzovaný prostor **výpočtově splňuje požadavky na optimální dobu dozvuku po provedení kompletního rozsahu navržených opatření.**

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po dokončení realizace stropního podhledu. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem. Příčinou může být nerovnoměrné rozložení pohltivých ploch. Návrh vychází z teoretických výpočtů, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností a pracují s hodnotami materiálových parametrů zjišťovaných v laboratorním prostředí. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtových modelů může mírně lišit. Z tohoto důvodu doporučujeme kontrolovat dobu dozvuku prostoru měřením. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 25 % nákladů.

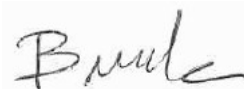
6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do vnitřního prostoru hlavní bazénové haly Městského plaveckého stadionu Lužánky v Brně [2]. Výpočtová doba dozvuku posuzovaného prostoru splňuje požadavky ČSN 73 0527 pro plavecké haly. Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po provedení stropního podhledu, před realizací stěnového obkladu. Doporučujeme tepelnětechnické posouzení.

V Brně dne 18. 12. 2019

za **DEKPROJEKT s.r.o.**

Ing. Jan Burda
Tel.: +420 733 168 116
e-mail: jan.burda@dek-cz.com



ATELIER DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Tiskařská 10/257
108 00 Praha 10
DIČ: CZ699000797

10