

ATELIER

DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Zakázka číslo: 2024-005791-BJa

Akustická studie

Starez arena Vodova

Vodova 336/108

612 00 Brno – Královo Pole

Vypracoval:

Ing. Jan Burda

Kontroloval:

Ing. Roman Pavelka

Zpracováno v období:

Duben 2024

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
4.1. Optimální doba dozvuku – T_0	5
5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....	6
5.1. Měření – 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** Starez arena Vodova, Brno – Královo Pole
- 1.2. Úkol** Akustická studie – prostorová akustika
- 1.3. Objednatel** **STAREZ - SPORT, a.s.**
Křídlovická 911/34 Kontaktní osoba:
603 00 Brno Daniela Konečná
+420 730 806 312
IČ: 26932211 konecna@starezsport.cz
- 1.4. Zpracovatel** **DEKPROJEKT s.r.o.**
Tiskařská 10/257 IČO: 27642411
budova TTC DIČ: CZ699000797
108 00, Praha 10 bankovní spojení:
35-7899980247/0100
tel.: +420 234 054 284 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** Duben 2024

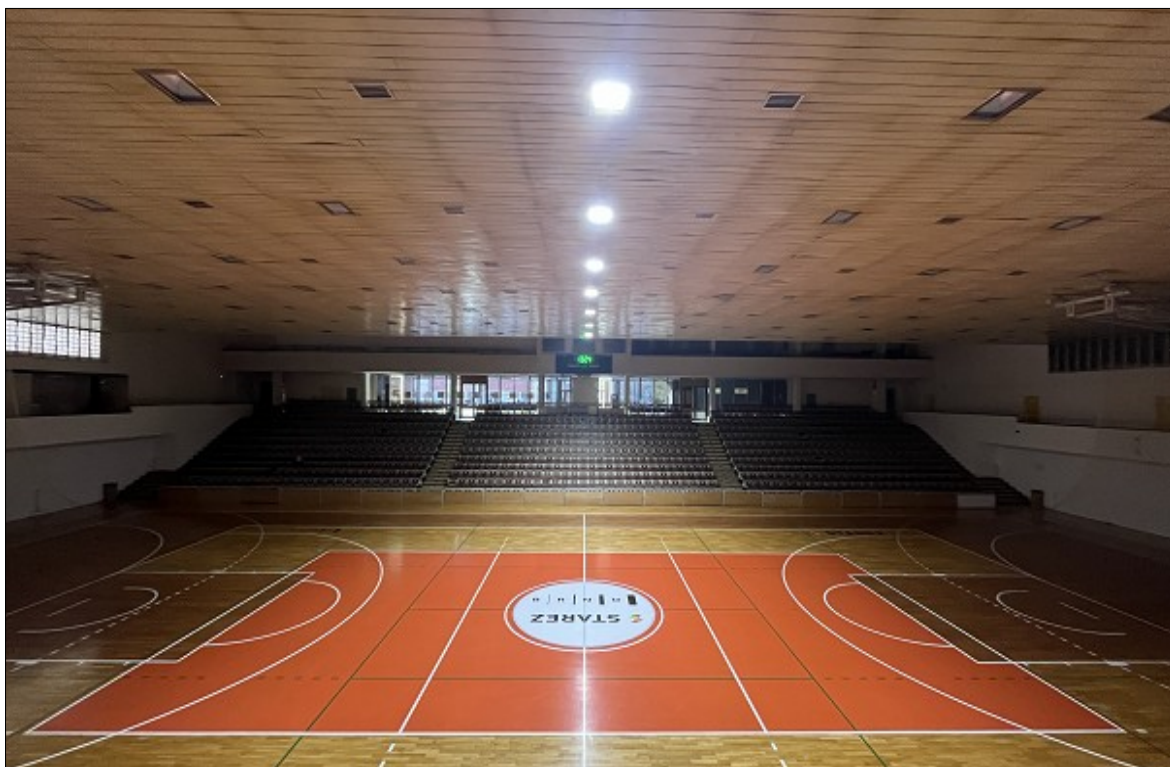
2. PODKLADY

- [1] Objednávka D2024-068255 ze dne 2.1.2024
- [2] Výkresová dokumentace „STAREZ ARÉNA VODOVA, Vodova 108, 612 00 Brno – Královo Pole“, zodpovědný projektant: Ing. Pavel Štajnrt, datum vypracování: 06/2023
- [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 15.16 Auditorium

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

3. SITUACE

Předmětem studie je rekonstrukce objektu sportovní haly Starez arena Vodova v Brně Králově Poli [2]. Objednatel je požadováno posouzení vybraných vnitřních prostor z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527 [5]. Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace stávajícího stavu je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. /1/ tělocvična – stávající stav



Obr. /2/ tělocvična – stávající stav

4. POŽADAVKY

4.1. Optimální doba dozvuku – T_0

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 tělocvičny s objemem od 3000 m³ do 50 000 m³ se určí podle následujícího vztahu:

$$T_0 = 1,037 \cdot \log(V) - 2,204$$

Hodnota optimální doby dozvuku T_0 pro posuzované prostory je uvedena v následující tabulce.

Místnost	Objem [m ³]	Požadavek ČSN 73 0527
Sportovní hala	13448	$T_0 = 2,08$ s

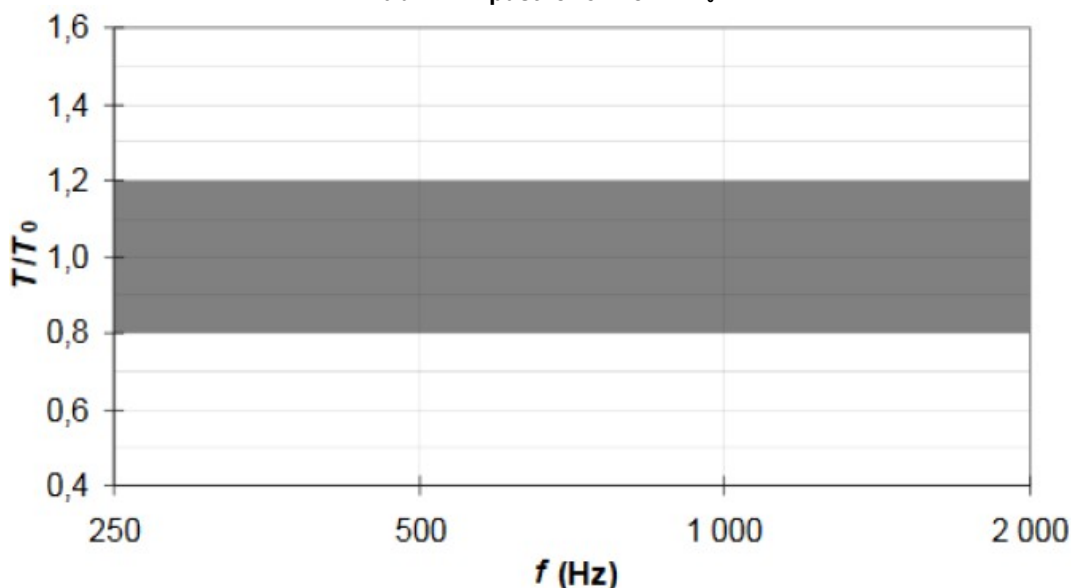
Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4 000 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 oktávová pásma jsou uvedeny v tab. 2.

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Příznivých akustických poměrů ve vnitřních prostorech se dosáhne zpravidla pomocí kombinace zvukopohltivého obkladu stropu a stěn. Taková úprava má také za následek snížení hladiny hluku v prostoru a lepší srozumitelnost mluveného slova.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet f (Hz) oktávového 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
Sportovní hala	horní	-	-	1,20	2,49	1,20	2,49	1,20	2,49	1,20	2,49	-	-
	dolní	-	-	0,80	1,66	0,80	1,66	0,80	1,66	0,80	1,66	-	-

Tab. /2/ Přípustné rozmezí T/T_0



Obr. /3/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

5.1. Měření – stávající stav

V posuzovaném prostoru bylo provedeno měření doby dozvuku v souladu s ČSN EN ISO 3382-2. Měření bylo provedeno dne 6.3.2024.

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	1,76	1,75	1,99	1,79	1,92	1,49	
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – sportovní hala	Horní mez	T _{E,N}	s	-	2,49	2,49	2,49	2,49	-
	Dolní mez	T _{E,N}	s	-	1,66	1,66	1,66	1,66	-
Hodnocení				-	+	+	+	+	-

Tab. /3/ Změřená doba dozvuku – stávající stav

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

Z výsledků uvedených v tab. 3 je zřejmé, že doba dozvuku neobsazeného prostoru ve stávajícím stavu se pohybuje v mezích pro stanovenou optimální dobu dozvuku. Z pohledu doporučených požadavků normy jsou tyto hodnoty vyhodnoceny jako vyhovující.

5.2. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru.

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m ²]
Strop	Plechové lamely	1694,7
Strop	omítka	484,6
Podlaha	Tvrdá podlaha	563,7
Podlaha	parkety	1315,4
Stěny	omítka	1543,5
Stěny	SDK	159,3
Hlediště	Dřevěná sedadla	406,5
Prosklené výplně	sklo	196,3
Dveře	dřevěné	49,3

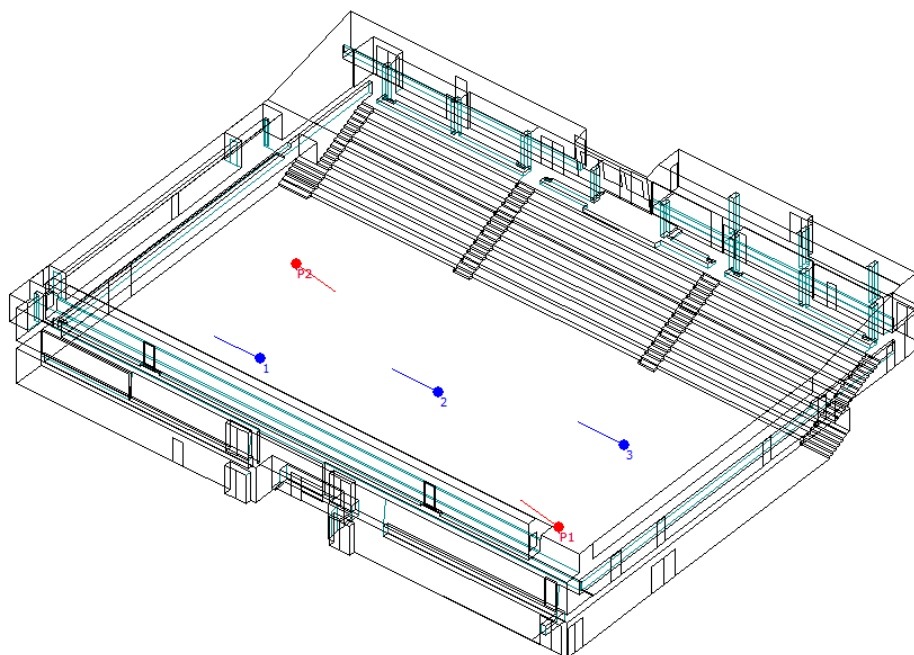
Tab. /4/ Pohledové konstrukce

Výpočet doby dozvuku je proveden za pomoci softwaru ODEON Auditorium 15.16. 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.

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu a 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.

Náhled na výpočtový model s rozmístěnými místy zdroje (červeně) a přijímače (modře), zpracovaný v programu Odeon Auditorium 15.16, je uveden na následujících obrázcích.

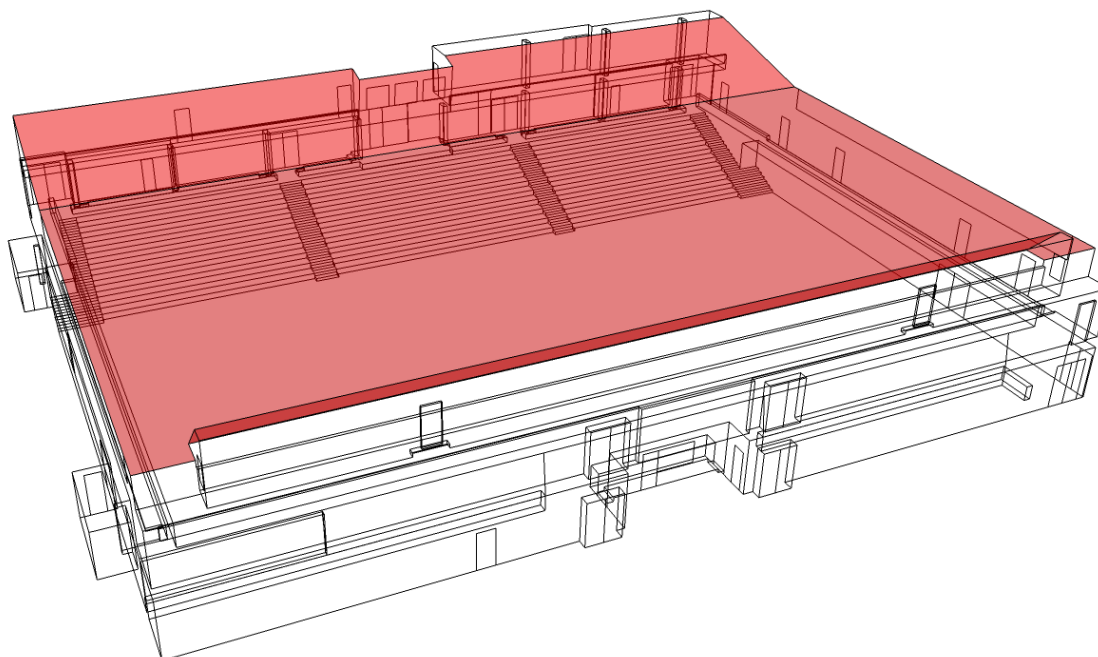


Obr. /4/ Výpočtový model – sportovní hala

5.3. Návrh úprav

Sportovní hala

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu stropu z akustických panelů Heradesign Fine tl. 35 mm, s celkovým svěšením 235 mm od stávajícího plechového záklopu. Ve vzniklé dutině bude umístěna minerální izolace tl. 60 mm. Panely budou instalované montážním systémem B z důvodu dodržení požadavku na dostatečnou odolnost proti nárazu míče třídy 1A. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,80(L)$. Celková plocha podhledu bude 1694,7 m². Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 5 červenou barvou.



Obr./5/ Akustické úpravy

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty činitele pohltivosti zvukopohltivých materiálu uvažovaných ve výpočtu. **Při výběru konkrétních akustických materiálů, je pro očekávanou optimální dobu dozvuku důležité dodržet průběhy činitele pohltivosti uvedené v tab. 5.**

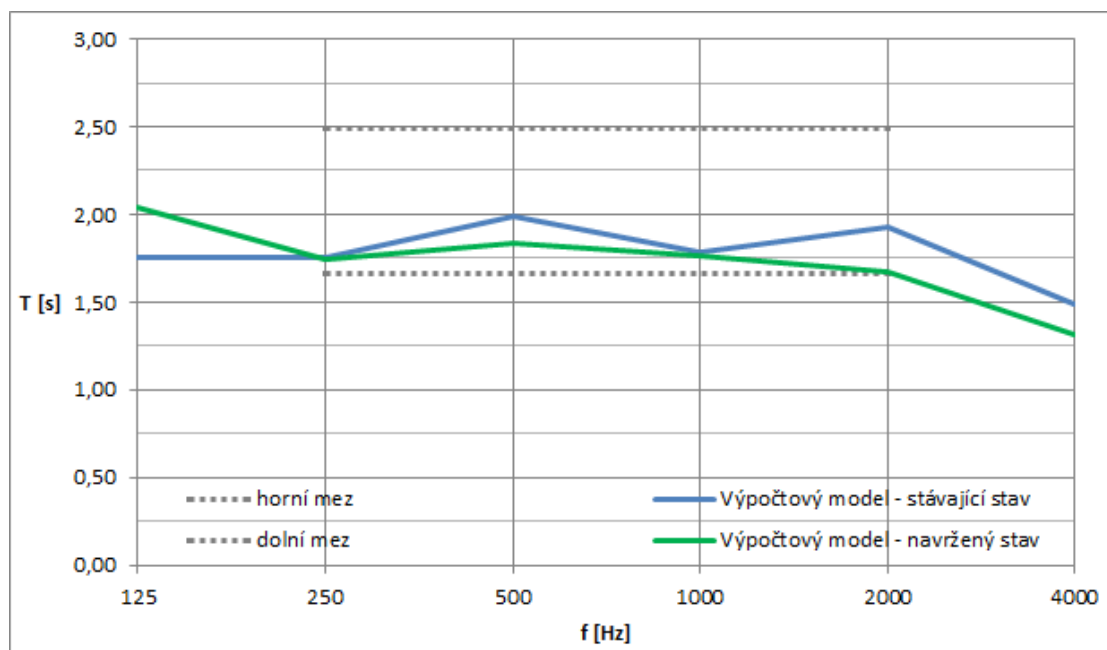
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Heradesign Fine tl. 35 mm svěšení 235 mm, minerální izolace tl. 60 mm tř. zvukové pohltivosti: B – 0,80(L)	0,70	0,90	0,75	0,75	0,88	0,89

Tab. /5/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

5.4. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky je použit software ODEON 15.16 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 uvažováno s neobsazeným prostorem.

Na následujícím grafu je znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro daný způsob využití dle ČSN 73 0527. Pro přehlednost je v grafu uveden také průběh doby dozvuku pro stávající stav.



Obr.6/ Výsledná doba dozvuku – sportovní hala

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	2,04	1,74	1,88	1,77	1,68	1,31
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – sportovní hala	Horní mez	T _{E,N}	-	2,49	2,49	2,49	2,49	-
	Dolní mez	T _{E,N}	-	1,66	1,66	1,66	1,66	-
Hodnocení			-	+	+	+	+	-

Tab. /6/ Posouzení vypočtené doby dozvuku

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

Z výsledků v tab. 6 je zřejmé, že **posuzované prostory výpočtově splňují požadavky na optimální dobu dozvuku po provedení celého rozsahu navržených úprav** pro daný účel využití.

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po dokončení kompletní realizace navržených úprav. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem. 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 měření. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. instalací stěnových obkladů. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 20 % nákladů.

6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do sportovní haly Starez aréna Vodova v Brně [2].

Výpočtová doba dozvuku posuzovaných prostor splňuje požadavky ČSN 73 0527 [5] pro sportovní haly po realizaci kompletního rozsahu navržených úprav.

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po kompletní realizaci navržených opatření. Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.

V Brně dne 9.4.2024

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

Ing. Jan Burda
+420 735 768 488
jan.burda@dek-cz.com



ATELIER DEK

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

10