

ATELIER

DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Zakázka číslo: 2020-005786-BJa

Akustická studie

Bazénová hala

Sportovní 4

602 00 Brno

Vypracoval:

Ing. Jan Burda

Kontroloval:

Ing. Roman Pavelka

Zpracováno v období:

březen 2020

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. Výpočtový model.....	6
5.2. Návrh úprav.....	6
5.3. Výpočet.....	7
5.4. Posouzení.....	8
6. ZÁVĚR.....	9

1. VŠEOBECNĚ

1.1. Předmět

Bazénová hala, ul. Sportovní, Brno

1.2. Úkol

Akustická studie – prostorová akustika

1.3. Objednatel

Atelier 99 s.r.o.

Purkyňova 71/99
612 00 Brno
IČ: 02463245

kontaktní osoba:
Ing. Marek Vrba
+420 731 501 444
marek.vrba@atelier99.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

březen 2020

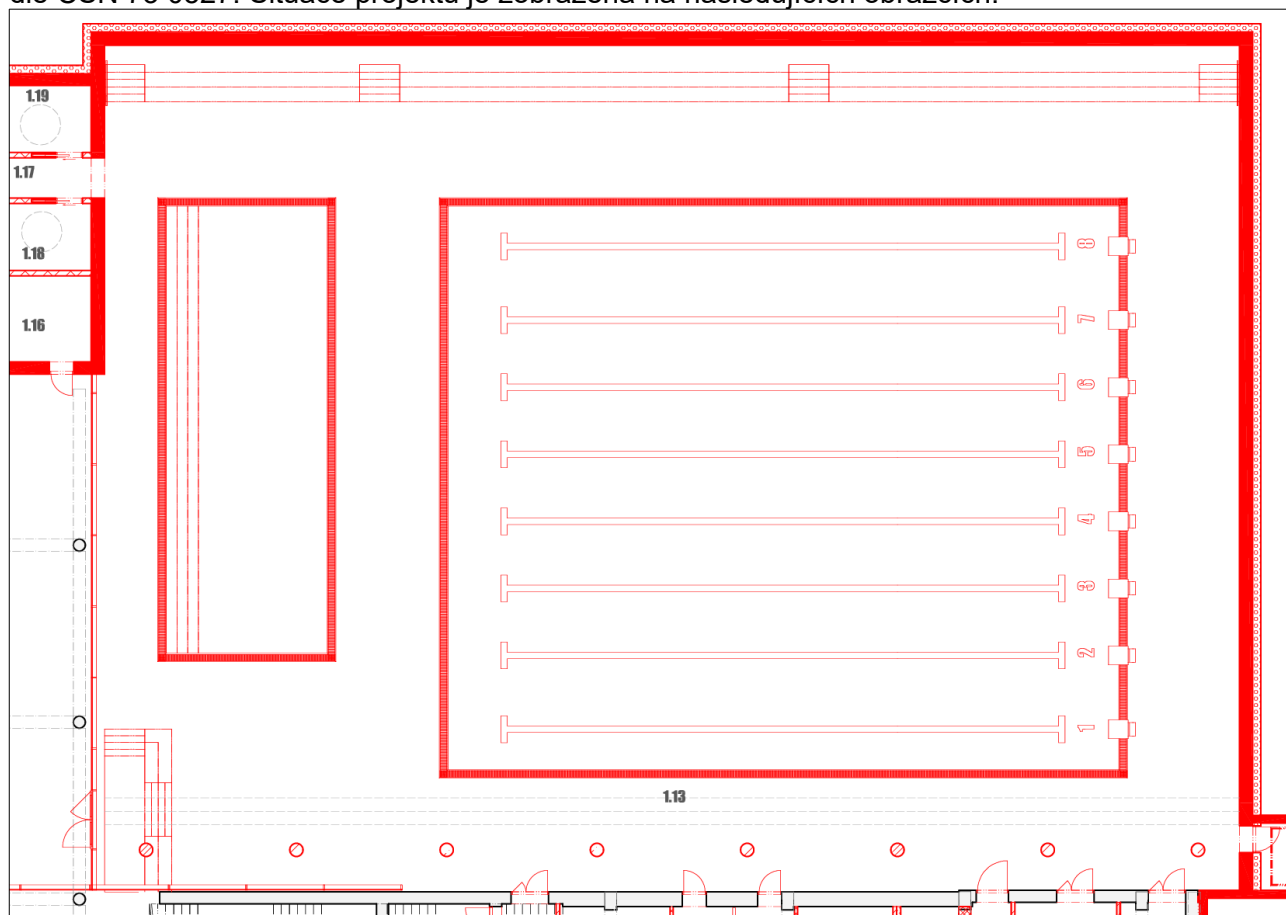
2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 3.3.2020 dle D2020-040134
- [2] Projektová dokumentace „Stavba 25 metrového bazénu MPS Lužánky“, hlavní inženýr projektu: Ing. Marek Vrba, datum vypracování: 08/2019
- [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

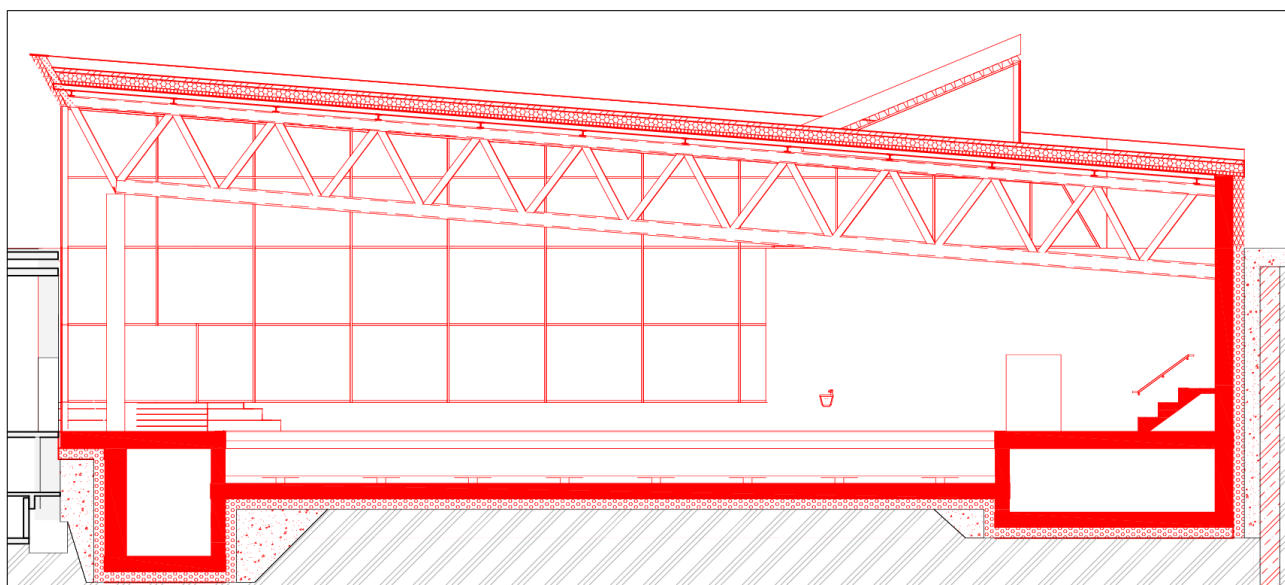
Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie

3. SITUACE

Jedná se o novostavbu bazénové haly u Městského plaveckého stadionu Lužánky v Brně [2]. Objednatel je požadováno posouzení vnitřního prostoru bazénové haly (m.č. 1.13) z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527. Situace projektu je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. /1/ Vnitřní prostor haly – půdorys



Obr. /2/ Vnitřní prostor haly – řez

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 s objemem od 3000 m³ do 20 000 m³ 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 od 3000 m³ do 20 000 m³. Hodnota optimální doby dozvuku pro posuzovaný prostor je uvedena v následující tabulce.

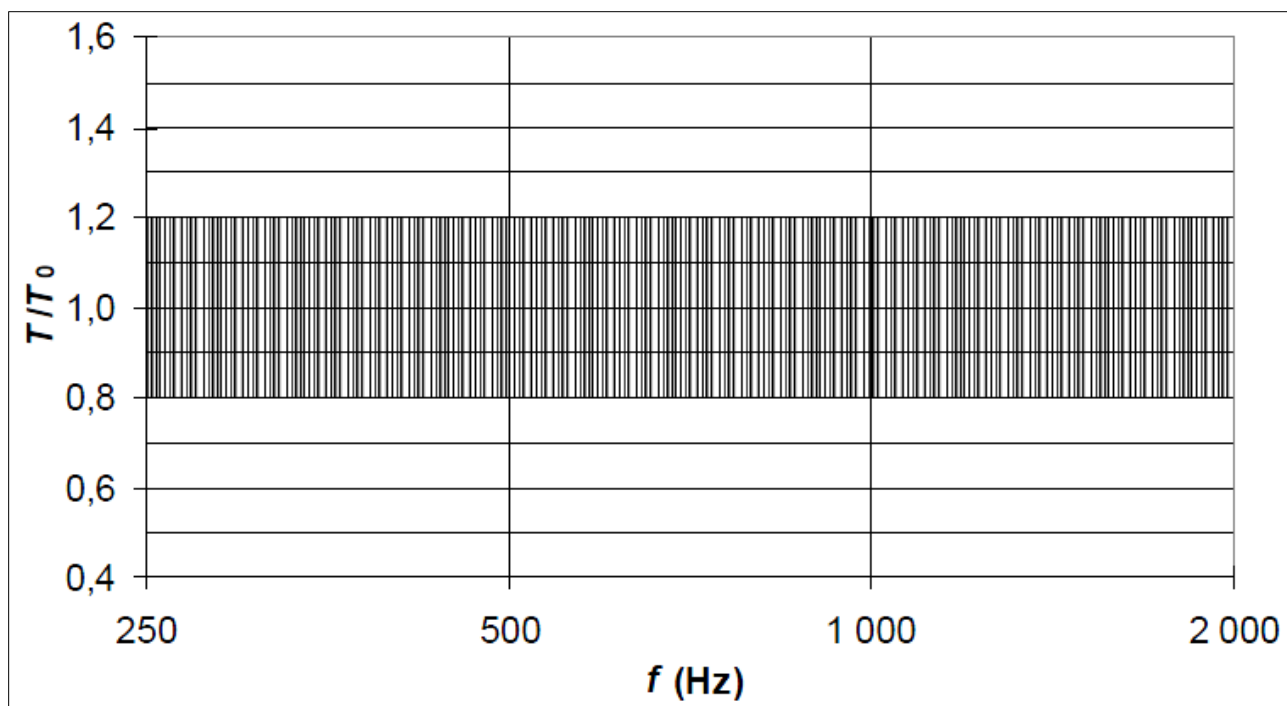
Místnost	Objem [m ³]	Optimální doba dozvuku [s]
Bazénová hala (m.č. 1.13)	10691,0	1,97

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	2,37	1,20	2,37	1,20	2,37	1,20	2,37	-	-
	dolní	-	-	0,80	1,58	0,80	1,58	0,80	1,58	0,80	1,58	-	-

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. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m ²]
Podlaha	tvrdá podlahovina	765,5
Vodní plocha	voda	625,0
Stěny	omítka	610,1
Okna, dveře	sklo	523,7
Strop	trapézový plech	1260,6
Strop	vazníky	75,8

Tab. /3/ Pohledové konstrukce

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující (pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu 70%):

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. /4/ 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 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	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Vodní plocha	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Omítka	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Prosklené výplně	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Trapézový plech	0,35	0,40	0,18	0,10	0,10	0,10

Tab. /5/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

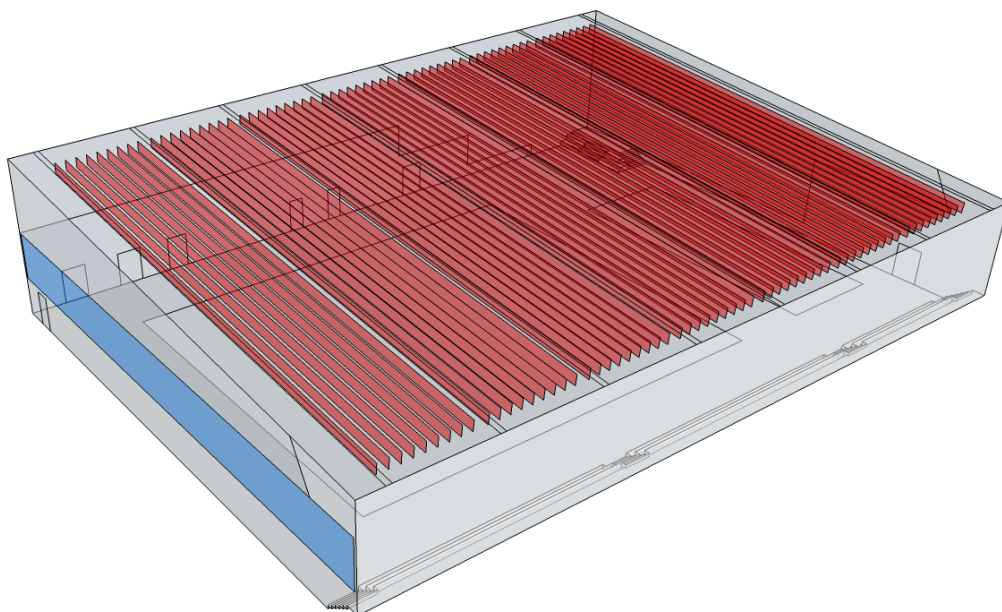
5.2. Návrh úprav

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 difúzním 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 zavěšených pohltivých panelů **Ecophon Hygiene Performance Baffle**. Absorbéry budou zavěšeny na nosném rastru Ecophon Connect s provedením v korozní třídě C4. Celkový počet absorbérů o velikosti 1200x600x50 mm bude 1512 ks a budou instalovány v řadách s osovou vzdáleností 600 mm. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 červenou barvou. Jedná se o akustický systém, který je vhodný do prostoru plaveckých bazénů.

Dále bude proveden částečný obklad jedné kratší stěny haly 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 mezeira tl. 20 mm). Nosný systém bude tvořen antikoročním rastrem Connect, který je vyroben v korozní třídě C4. Celková plocha stěnového obkladu bude 84,24 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 materiálů 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.

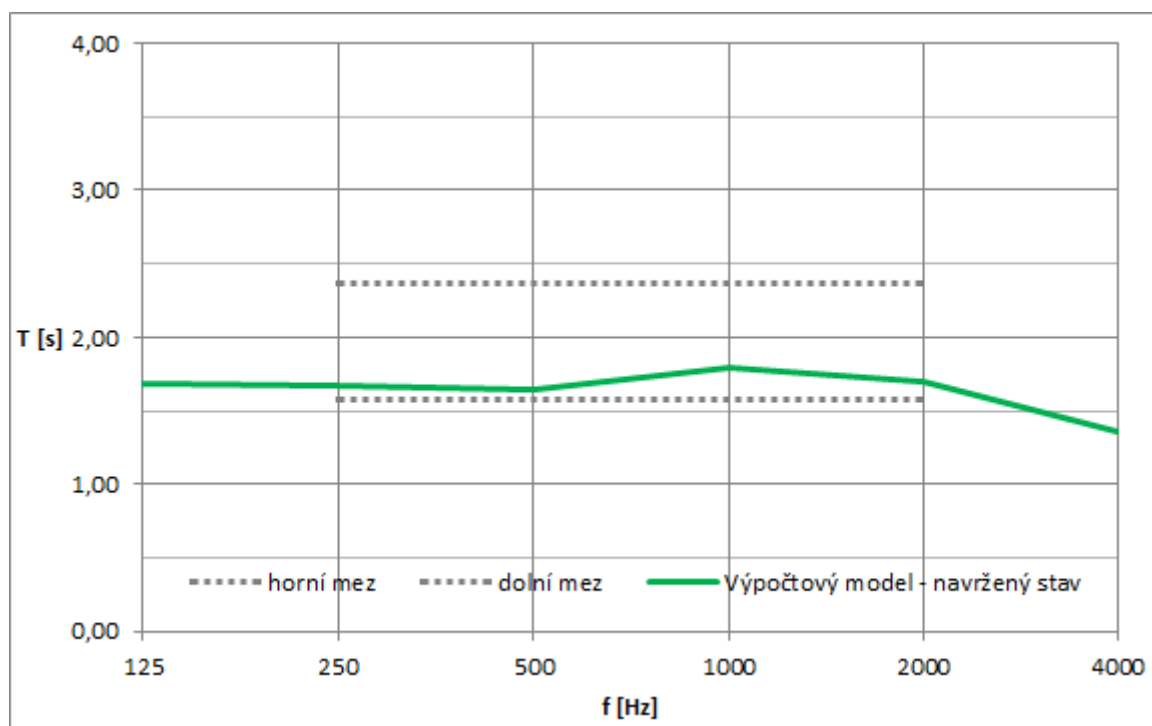
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ecophon Hygiene Performance Baffle, 1200x600x50 mm	0,45	0,40	0,75	0,90	0,90	0,85
Ecophon Akusto Wall C Akutex HS, tl. 40 mm, celkové odsazení 60 mm	0,30	0,85	0,95	0,95	1,00	0,95

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

5.3. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky bazénové 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./5/ Výsledná doba dozvuku

5.4. Posouzení

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

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktavových pásmech		T	s	1,69	1,67	1,64	1,80	1,70	1,36
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – plavecká hala	Horní mez	T _{E,N}	s	-	2,37	2,37	2,37	2,37	-
	Dolní mez	T _{E,N}	s	-	1,58	1,58	1,58	1,58	-
Hodnocení				-	+	+	+	+	-

Tab. /7/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – stav po návrhu úprav

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

Z výsledků v tab. 7 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 navržených úprav. 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 měření. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. návrhem dalších stěnových obkladů. 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 bazénové haly u 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 navržených úprav. Doporučujeme tepelnětechnické posouzení.

V Brně dne 30. 3. 2020

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

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



ATELIER DEK

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

10