

## **Akustická studie**

### **Prostorová akustika**

Zimní stadion Nový Jičín

U Stadionu 2180/1

741 01 Nový Jičín

Přiložená akustická studie a materiály v ní definované mají pouze informativní charakter z důvodu nutnosti uvedení konkrétních parametrů akustických obkladů do vypracování výpočtu. V nabídce dodavatele je možné použití jakýchkoli jiných akustických obkladů za předpokladu aktualizace výpočtu a související aktualizace počtu a rozmístění akustických prvků jakéhokoli jiného výrobce – výpočtově splňující požadavky na optimální dobu dozvuku v definovaném prostoru haly zimního stadionu.

#### **Vypracoval:**

Ing. Petr Kropáč

#### **Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

#### **Zpracováno v období:**

červenec 2018

## Obsah

<b>1. VŠEOBECNĚ.....</b>	<b>3</b>
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
<b>2. PODKLADY.....</b>	<b>4</b>
<b>3. SITUACE.....</b>	<b>5</b>
<b>4. POŽADAVKY.....</b>	<b>7</b>
<b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>	<b>8</b>
5.1. Měření doby dozvuku – stávající stav.....	8
5.2. Výpočtový model.....	8
5.3. Výpočet – současný stav.....	9
5.4. Návrh úprav.....	10
5.5. Výpočet.....	12
5.6. Posouzení.....	13
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>13</b>

## 1. VŠEOBECNĚ

### 1.1. Předmět

Zimní stadion Nový Jičín

U Stadionu 2180/1

741 01 Nový Jičín

### 1.2. Úkol

Akustická studie

### 1.3. Objednatel

**TECHNOPROJEKT, a.s.**

Havlíčkovo nábřeží 2728/38  
Ostrava  
720 00  
IČ: 27810054

kontaktní osoba:  
Ing. Martin Sedlák  
Tel.: +420 602 559 819  
E-mail:  
martin.sedlak@  
technoproject.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. Petr Kropáč

### 1.6. Kontroloval

Ing. Roman Pavelka

### 1.7. Zpracováno v období

červenec 2018

## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 3.5.2018
- [2] Půdorys a řez tělocvičny zaslaný objednatelem
- [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] ČSN EN ISO 3382-2 (73 0534) Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech, 2009
- [10] Měření doby dozvuku dle ČSN EN ISO 3382-2 provedené Ing. Petrem Kropáčem a Ing. Romanem Pavelkou
- [11] Výpočetní program ODEON 14.04 Auditorium
- [12] <http://www.soning.cz>

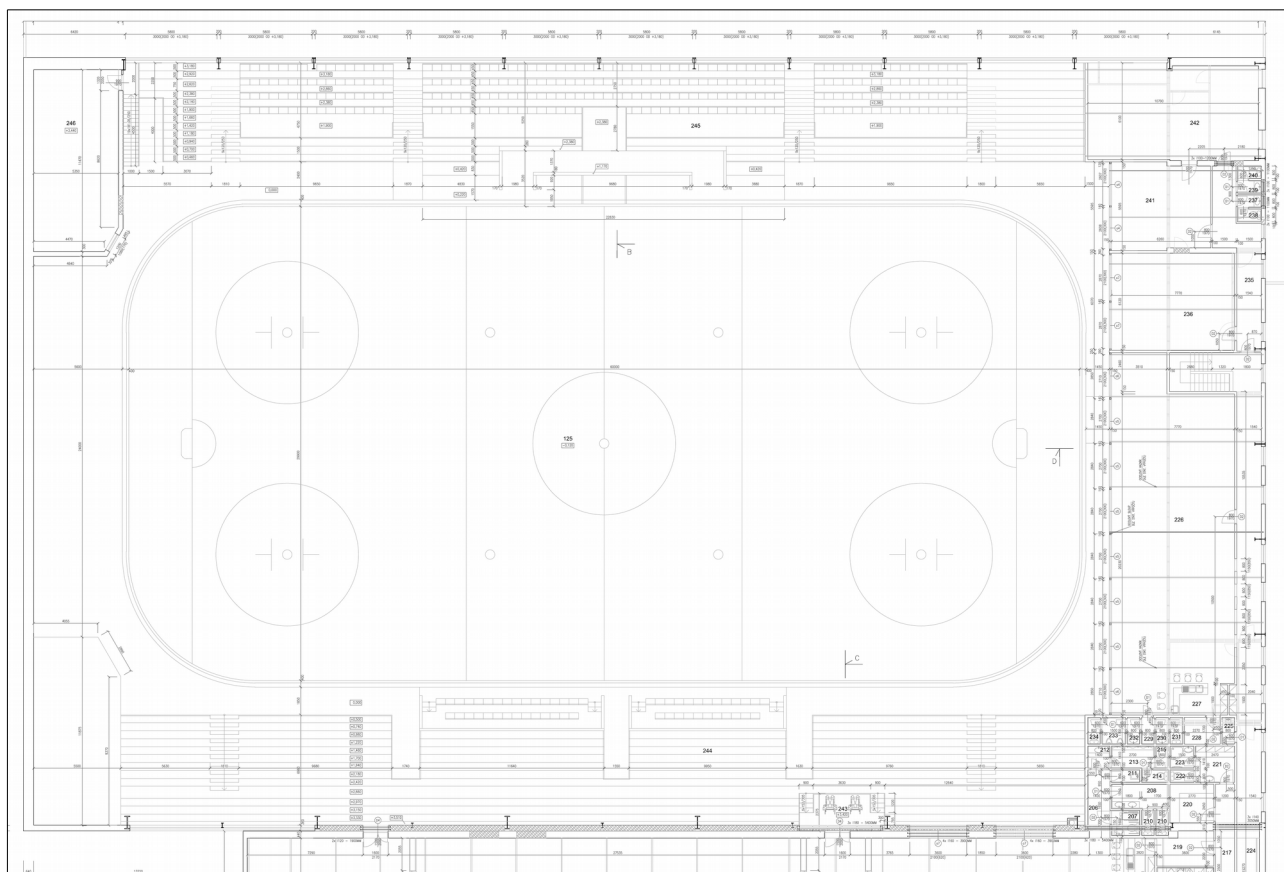
*Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie*

### 3. SITUACE

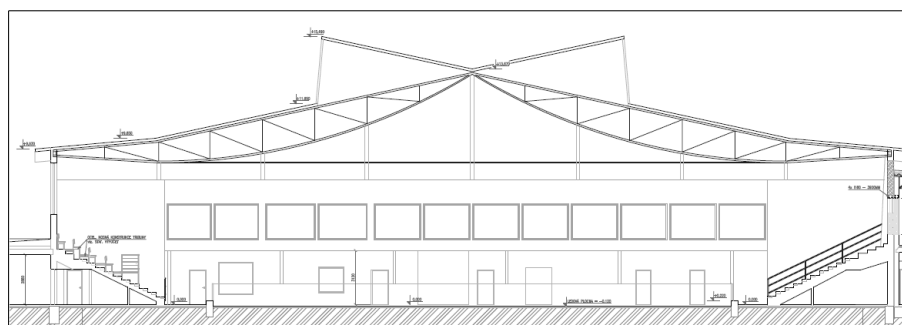
Jedná se o objekt zimního stadionu v Novém Jičíně. Vnitřní hala je využívána jako prostor s ledovou plochou (hokej, bruslení pro veřejnost apod.) případně sportovní hala bez ledové plochy.

Z důvodu návrhu nové skladby střešní konstrukce je objednatelem požadován návrh a posouzení akustických úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527.

Před zahájením posouzení haly z hlediska prostorové akustiky proběhlo v hale měření stávajícího stavu v souladu s ČSN EN ISO 3382-2 zaměstnanci firmy DEKPROJEKT.



Obr. /1/ Půdorys zimního stadionu

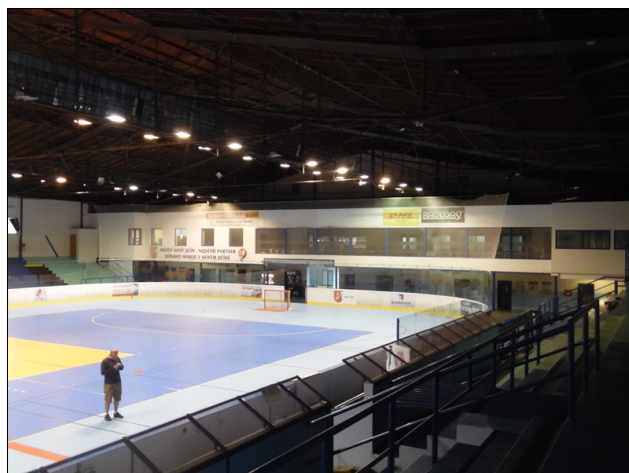


Obr. /2/ Řez zimním stadionem

Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska požární bezpečnosti staveb a statiky.



Obr. /3/ Vnitřní prostory stadionu – pohled 1



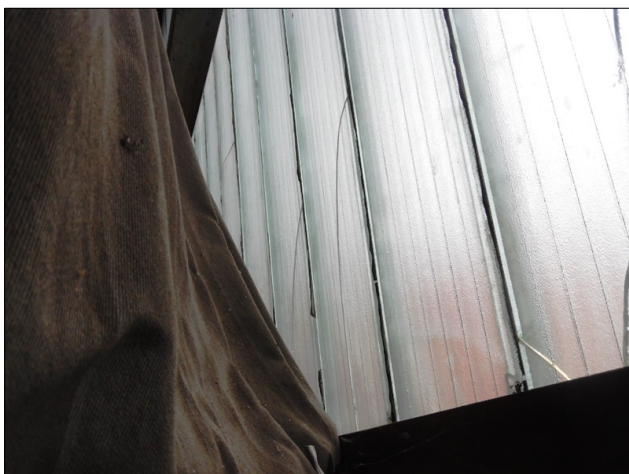
Obr. /4/ Vnitřní prostory stadionu – pohled 2



Obr. /5/ Ocelové hlediště, dřevěné bednění ve skladbě střechy



Obr. /6/ Sádkartonový obklad části jedné podélné stěny



Obr. /7/ Skleněné tvarovky COPILIT na podélné stěně



Obr. /8/ Závěs z umělých vláken před COPILITEM

## 4. POŽADAVKY

Optimální doba dozvuku  $T_0$  prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru. Číselně vyjádřené hodnoty optimální doby dozvuku v sekundách se týkají prostoru v **neobsazeném** stavu a vztahují se ke kmitočtu 1000 Hz.

Pro sportovní halu o objemu prostoru přes 3000 m<sup>3</sup> je optimální doba dozvuku stanovena dle vztahu:

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

kde  $V$  [m<sup>3</sup>] je objem posuzovaného prostoru.

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

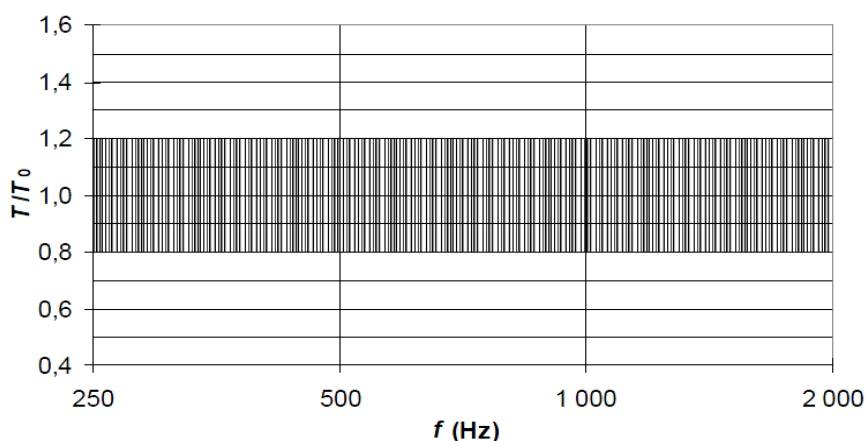
Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Optimální doba dozvuku $T_0$ [s]
Sportovní hala	36487	2,53

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 250 Hz do 2000 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 následující tabulce.**

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	3,04	1,20	3,04	1,20	3,04	1,20	3,04	-	-
	dolní	-	-	0,80	2,02	0,80	2,02	0,80	2,02	0,80	2,02	-	-

Tab. /2/ Přípustné rozmezí  $T/T_0$  – sportovní hala



Obr./9/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku  $T/T_0$  tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma



## 5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

### 5.1. Měření doby dozvuku – stávající stav

V posuzované hale bylo provedeno měření doby dozvuku v souladu s ČSN EN ISO 3382-2. Měření bylo provedeno dne 11.7.2018 metodou impulsové odezvy. Měření doby dozvuku v hale byla prokázána nedostatečná zvuková pohltivost vnitřního prostoru v některých frekvenčních pásmech. Plánovaná úprava střešního pláště zahrnuje umístění trapézového plechu na spodní líc střechy, tím by s největší pravděpodobností došlo ke zhoršení zvukové pohltivosti vnitřního prostoru (viz. obr. 13 – výchozí stav). Požadavky ČSN 73 0527 jsou překročeny pro způsob využití prostoru jako sportovní haly. V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527 ve stávajícím stavu.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech – <b>neobsazený stav</b>		T <sub>E</sub>	s	4,09	4,13	2,69	2,85	3,12	2,52
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – <b>sportovní hala</b>	Horní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	3,04	3,04	3,04	3,04	-
	Dolní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	2,02	2,02	2,02	2,02	-
Hodnocení (tělocvična)				-	X	+	+	X	-

Tab. /3/ Posouzení změřené doby dozvuku – stávající stav

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

### 5.2. Výpočtový model

V následujících tabulkách jsou uvedeny uvažované konstrukce.

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Sportovní hala [m <sup>2</sup> ]
Tvrdá podlahovina	Betonová podlaha	640,8
Hlediště	Ocel	918,2
Dveře, lavice	Dřevo	220,6
Okna	Zasklení	134,2
Strop haly	Dřevěné bednění – stávající stav Trapézový plech – výchozí stav Trapézový plech + AKU opatření - návrh	3,693,3
Strop zázemí	Minerální vlna s folií	478,68
Stěna	SDK konstrukce	380,3
Podlaha	Ledová plocha	1742,5
Mantinely	Plast, plexisklo	691,4
Stěny	Omítka	1289,6

Tab. /4/ Pohledové konstrukce sportovní haly

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

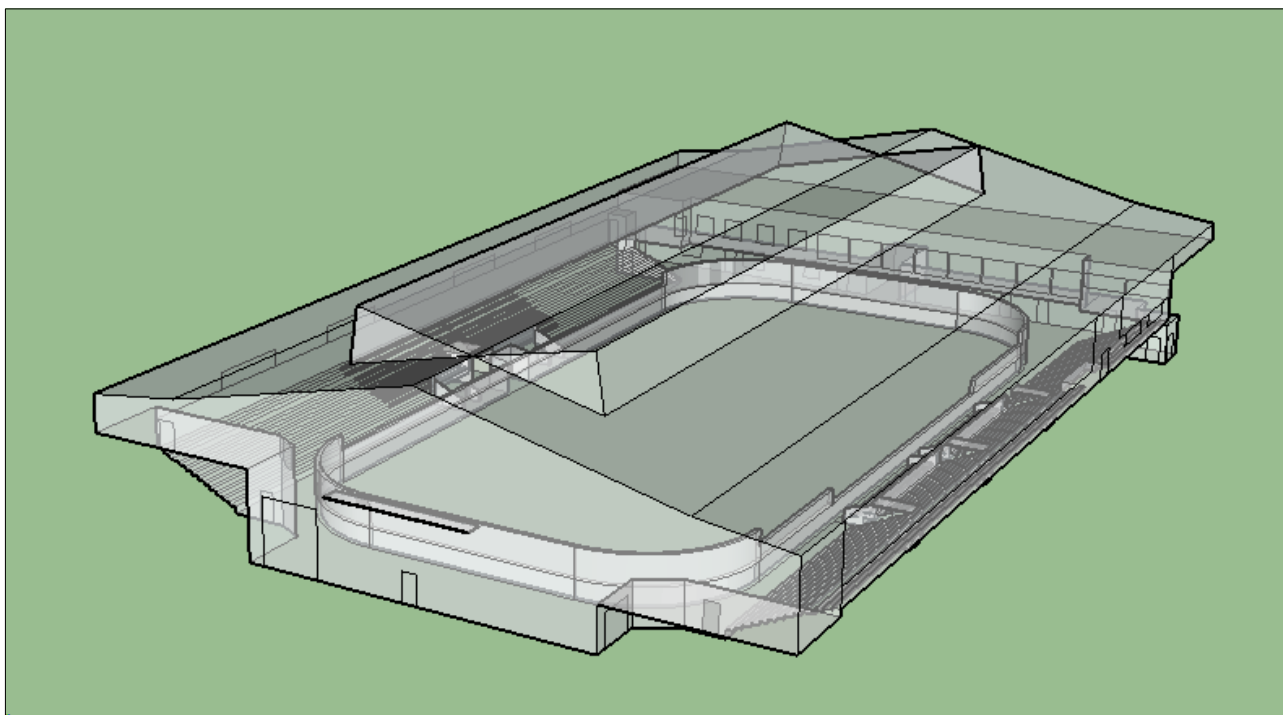
Tab. /5/ Činitel útlumu ve vzduchu

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [3,6,7,12]. 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
Betonová podlaha	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Ocelové hlediště	0,10	0,08	0,10	0,08	0,07	0,05
Dřevo	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
Zasklení	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Dřevěné bednění	0,18	0,19	0,32	0,28	0,22	0,11
Minerální vlna s folií	0,10	0,20	0,55	0,55	0,55	0,55
SDK konstrukce	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
Ledová plocha	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Plast, plexisklo	0,06	0,16	0,12	0,10	0,08	0,03
Omítka	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Trapézový plech	0,35	0,40	0,15	0,10	0,10	0,10

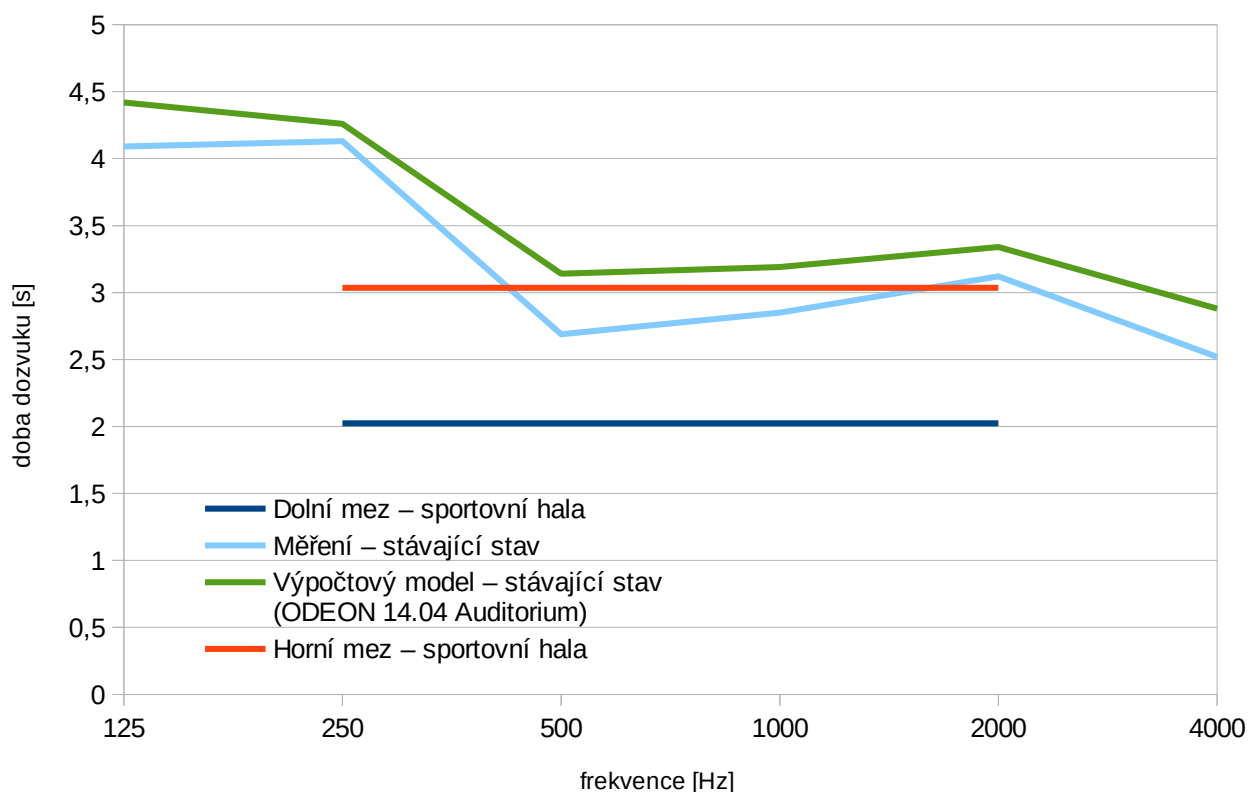
Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech



Obr./10/ Model sportovní haly použitý pro výpočet

### 5.3. Výpočet – současný stav

Výpočtový model doby dozvuku pro sportovní halu v současném stavu odpovídá výsledku měření. Na obr. 5 je graficky znázorněno srovnání změřeného průběhu doby dozvuku s vypočtenými hodnotami, včetně požadovaných rozmezí pro jednotlivé způsoby využití dle ČSN 73 0527. Výpočtový návrh úprav bude proveden souborem několika dílčích opatření.



Obr. /11/ Výsledky měření doby dozvuku ve sportovní hale ve stávajícím stavu

#### 5.4. Návrh úprav

Snížení doby dozvuku lze obecně dosáhnout zvětšením 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 je navržena instalace akustických solitérních prvků s PVC povrchem **SONIRAL A** (1000 x 600 x 50 mm) zavěšených na strop a obklad jedné z čelních stěn obkladem **SONIT D30**.

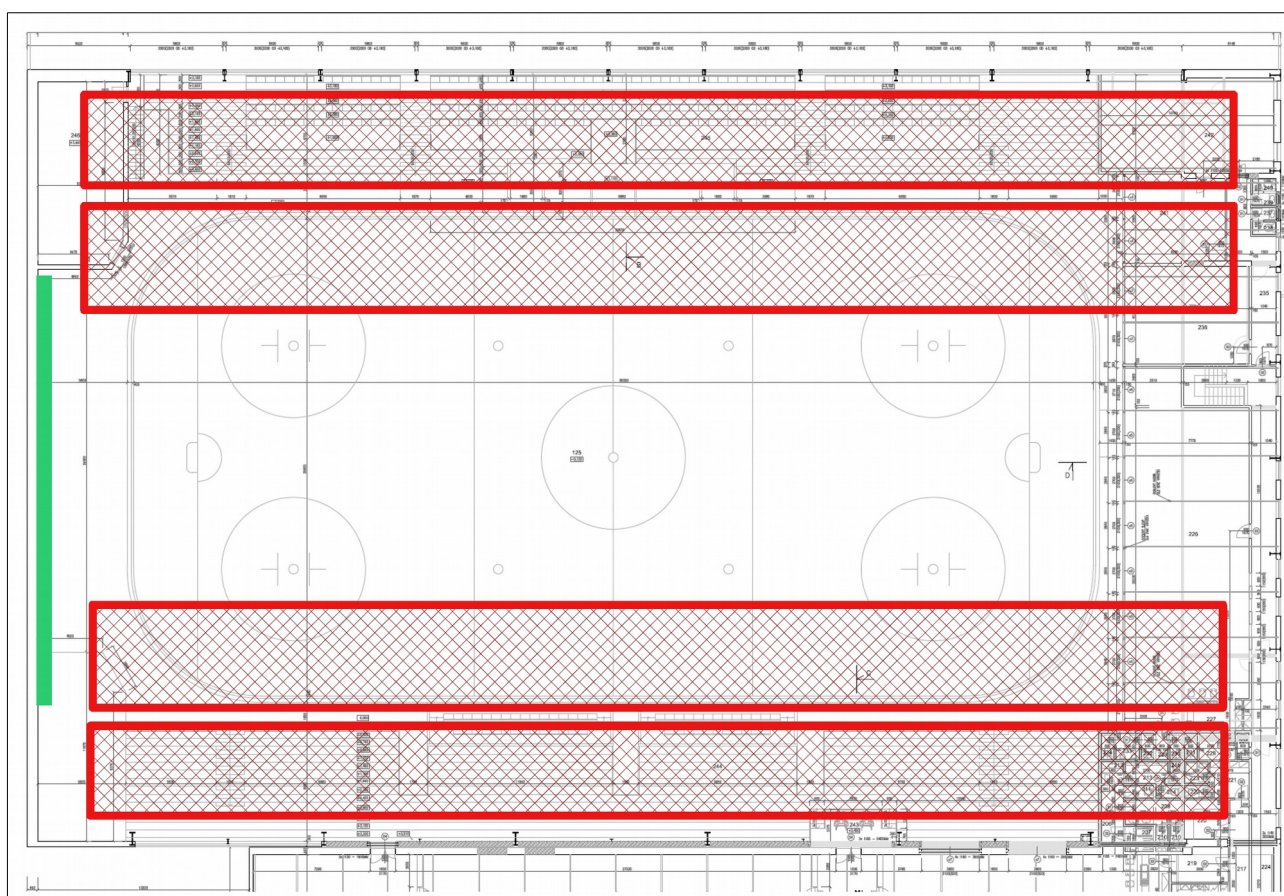
Akustické solitérní závěsné prvky SONIRAL A o rozměru jednoho prvku 1000 x 600 x 50 mm budou instalovány v celkové ploše 1740 m<sup>2</sup>. Jednotlivé prvky budou instalovány ve vzájemných odstupech cca 600 mm, což bude znamenat že na 1 m<sup>2</sup> stropu, bude instalován 1,67 kusů. Celkem tedy bude instalováno 2900 ks závěsných akustických prvků. Přibližné plošné rozložení je patrné ze schématu na obr. 12.

Stěnový obklad Sonit D bude instalován na jihozápadní čelní stěny v celkové ploše 138 m<sup>2</sup> od výšky 5,5 m nad podlahou. Obklad bude instalován se vzduchovou mezerou 75 mm. Přibližné umístění obkladu je vyznačeno na schématu na obr. 12.

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti navržených zvukopohltivých materiálů v tělocvičně. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z podkladů výrobce SONING Praha s.r.o..

Pohledový materiál	Střední kmitočty (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
SONIRAL A – hustota 1,67 ks/m <sup>2</sup>	0,20	0,35	0,75	0,95	0,65	0,35
SONIT D30 – vzduchová mezera 75 mm	0,20	0,40	0,80	0,75	0,60	0,65

**Tab. /7/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech zvukopohltivých materiálů ve sportovní hale**



SONIRAL A – hustota 1,67 ks/m<sup>2</sup>



SONIT D30 – vzduchová mezera 75 mm

**Obr./12/ Schéma rozmístění akustického opatření**

## 5.5. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky místností je použit software ODEON 14.04 Auditorium.

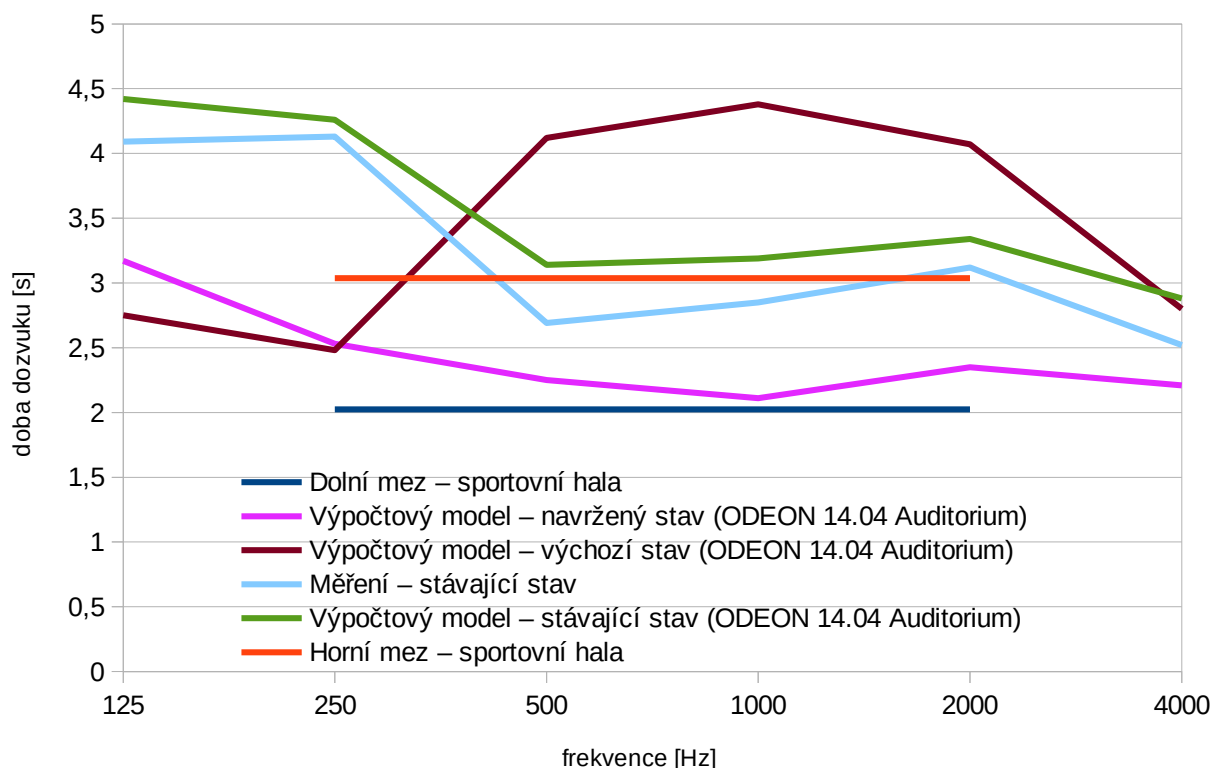
Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a geometrii prostoru. ODEON používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků.

Na následující tabulce jsou uvedeny doby dozvuku ve výchozím a nově navrženém stavu. Výchozí stav zohledňuje nově navrženou skladbu střešního pláště, který z vnitřní strany obsahuje trapézový plech.

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Sportovní hala – výchozí stav	$T_E$	s	2,75	2,48	4,12	4,38	4,07	2,80
Sportovní hala - navržený stav	$T_E$	s	3,17	2,53	2,25	2,11	2,35	2,21

Tab. /8/ Výpočet doby dozvuku sportovní haly

Na následujících obrázcích jsou graficky znázorněny průběhy doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro sportovní halu dle ČSN 73 0527.



Obr. /13/ Výsledná doba dozvuku sportovní haly

**Kontrolní měření doby dozvuku** ve sportovní hale doporučujeme provést po dokončení realizace podhledu a obkladu.

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.

**5.6. Posouzení**

V následujících tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku pro sportovní halu 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 – <b>neobsazený stav</b>		T <sub>E</sub>	s	3,17	2,53	2,25	2,11	2,35	2,21
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – <b>tělocvična</b>	Horní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	3,04	3,04	3,04	3,04	-
	Dolní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	2,02	2,02	2,02	2,02	-
Hodnocení (tělocvična)				-	+	+	+	+	-

Tab. /8/ Posouzení doby dozvuku – sportovní hala

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

Z výsledků v tab. 8. je zřejmé, že posuzovaná sportovní hala **výpočtově splňuje požadavky na optimální dobu dozvuku**. Ze zkušenosti lze říci, že změřená doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem.

**6. ZÁVĚR**

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do prostoru sportovní haly zimního stadionu v Novém Jičíně. Výpočtová doba dozvuku ve sportovní hale po navržených úpravách dle kap. 5. je v mezích požadavků ČSN 73 0527 pro sportovní halu.

Návrh zvukopohltivých úprav není v rámci studie řešen z hlediska požární bezpečnosti staveb a statiky.

V Olomouci dne 30.7.2018

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

Ing. Petr Kropáč

Tel.: +420 739 488 141

e-mail: petr.kropac@dek-cz.com



**ATELIER DEK**

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

10