

ATELIER

**DEK**

**DEKPROJEKT s.r.o.**  
Zakázka číslo: 2020-000333-BJa

## Akustická studie

Sportovní hala ZŠ Drahotuše

parc. č. 140, 141

k. ú. Drahotuše

### **Vypracoval:**

Ing. Jan Burda

### **Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

### **Zpracováno v období:**

únor 2020

## 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>3</b> |
| <b>3. SITUACE.....</b>                 | <b>4</b> |
| <b>4. POŽADAVKY.....</b>               | <b>5</b> |
| <b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b> | <b>6</b> |
| 5.1. Výpočtový model.....              | 6        |
| 5.2. Návrh úprav.....                  | 6        |
| 5.3. Výpočet.....                      | 8        |
| 5.4. Posouzení.....                    | 8        |
| <b>6. ZÁVĚR.....</b>                   | <b>9</b> |

## 1. VŠEOBECNĚ

### 1.1. Předmět

Sportovní hala ZŠ Drahotuše

### 1.2. Úkol

Akustická studie – prostorová akustika

### 1.3. Objednatel

**StudioPAB s.r.o.**

28. října 462/5  
779 00 Olomouc  
IČ: 03915221

kontaktní osoba:  
Mgr. Ing. arch. Jan Pospíšil  
jan.pospisil@studiopab.cz  
+420 731 108 524

### 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

únor 2020

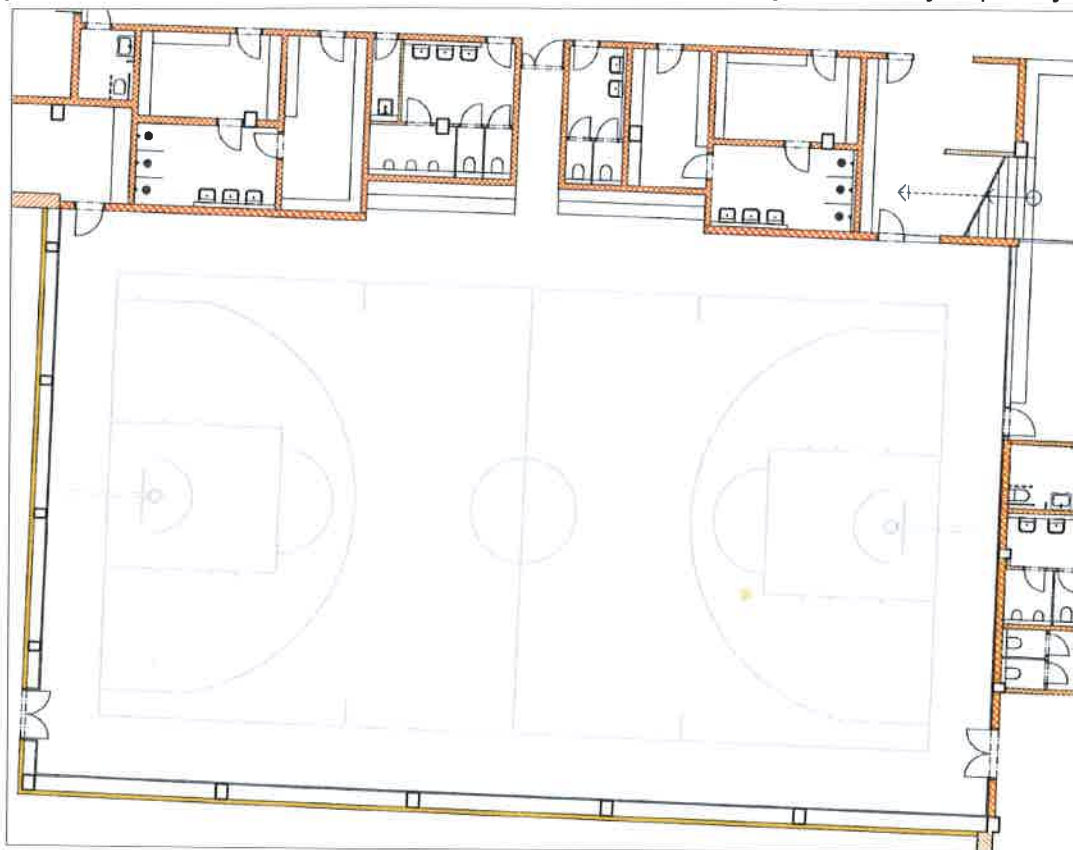
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 12. 12. 2019 dle D2019-038634
- [2] Projektová dokumentace „Tělocvična ZŠ Drahotuše“, zodp. projektant: Ing. arch. Pavel Pospíšil, datum vypracování: 01/2020
- [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

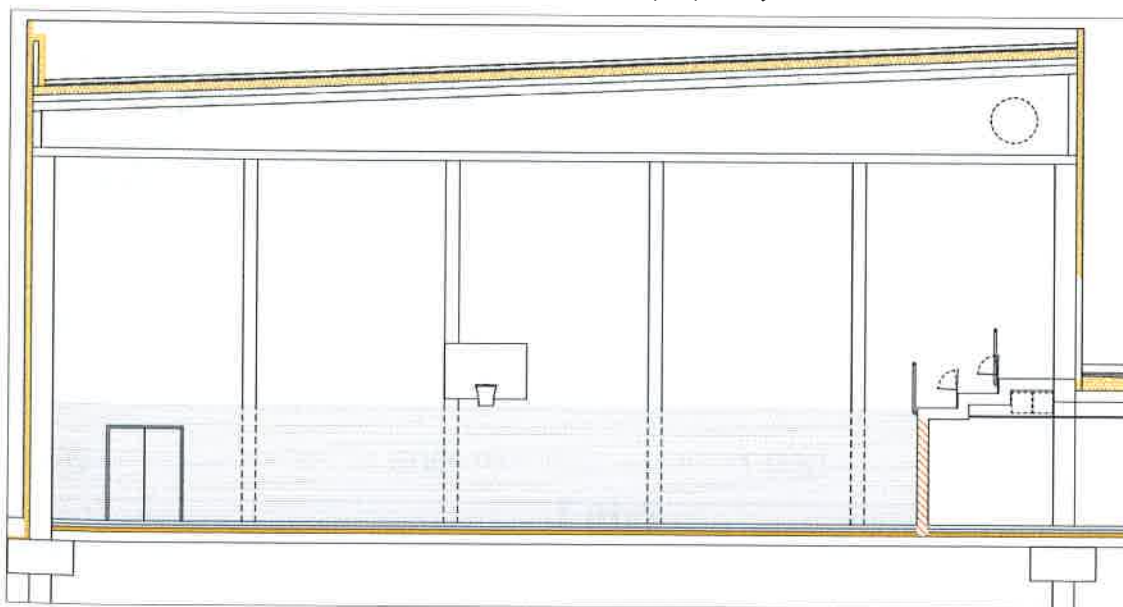
Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie

### 3. SITUACE

Jedná se o projekt dostavby tělocvičny u ZŠ v obci Hranice - Drahotuše [2]. Objednatelem je požadováno posouzení vnitřního prostoru sportovní haly (m.č. 04) z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527. Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace projektu je zobrazena na následujících obrázcích. Střecha a obvodové stěny haly jsou řešeny sendvičovými panely.



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 haly se určí podle následujícího vztahu:

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

Hodnota optimální doby dozvuku pro posuzovaný prostor je uvedena v následující tabulce.

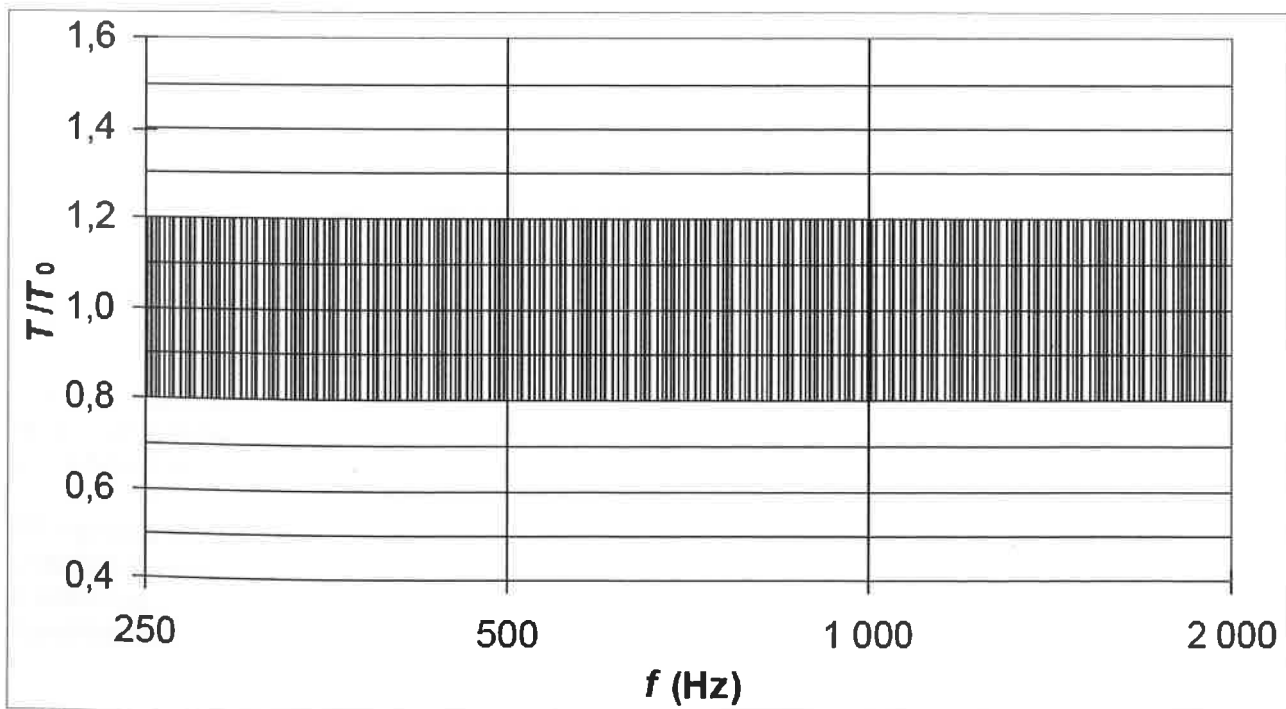
| Místnost                 | Objem [m <sup>3</sup> ] | Optimální doba dozvuku [s] |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Sportovní hala (m.č. 04) | 7086,0                  | 1,79                       |

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová 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 oktávová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

| Účel prostoru   | Meze  | Střední kmitočet $f$ (Hz) oktávového pásma |     |         |      |         |      |         |      |         |      |         |     |
|-----------------|-------|--|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-----|
|                 |       | 125  |     | 250     |      | 500     |      | 1000    |      | 2000    |      | 4000    |     |
|                 |       | $T/T_0$                                    | $T$ | $T/T_0$ | $T$  | $T/T_0$ | $T$  | $T/T_0$ | $T$  | $T/T_0$ | $T$  | $T/T_0$ | $T$ |
| Víceúčelový sál | horní | -  | -   | 1,20    | 2,14 | 1,20    | 2,14 | 1,20    | 2,14 | 1,20    | 2,14 | -       | -   |
|                 | dolní | -  | -   | 0,80    | 1,43 | 0,80    | 1,43 | 0,80    | 1,43 | 0,80    | 1,43 | -       | -   |

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 oktávového 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 <sup>2</sup> ] |
|------------------|--------------------|--------------------------|
| Podlaha          | tvrdá podlahovina  | 766,6                    |
| Stěny            | omítka             | 456,1                    |
| Stěny            | plech              | 590,2                    |
| Okna             | sklo               | 82,7                     |
| Dveře            | dřevo              | 15,9                     |
| Strop            | plech              | 732,0                    |

Tab. /3/ Pohledové konstrukce

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující (pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu 50%):

| Kmitočet f [Hz]                  | 125    | 250    | 500    | 1000   | 2000   | 4000   |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Činitel útlumu ve vzduchu [np/m] | 0,0001 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0010 | 0,0019 | 0,0058 |

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 činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

| Pohledový materiál       | Střední kmitočet f (Hz) oktavového pásma |      |      |      |      |      |
|--------------------------|--|------|------|------|------|------|
|                          | 125                                      | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Prosklené výplně         | 0,12                                     | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| Omítka                   | 0,02                                     | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Podlaha                  | 0,02                                     | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Stěnové a střešní panely | 0,10                                     | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| Dřevo (dveře)            | 0,14                                     | 0,10 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,10 |

Tab. /5/ Průběh činitele pohltivosti v oktavových pásmech

### 5.2. Návrh úprav

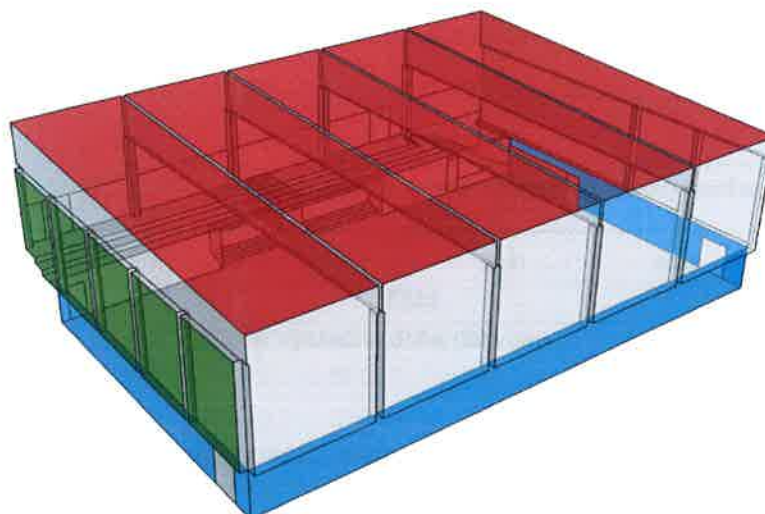
Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 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 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 sportovní haly navrhujeme provedení podhledu stropu mezi nosnou konstrukcí akustickými deskami Heradesign Fine tl. 25 mm s celkovým svěšením 225 mm od povrchu stropu. Ve vzniklé dutině nebude umístěna minerální izolace. Akustické panely budou instalovány montážním systémem B se zvýšenou odolností proti nárazu míče vhodným do tohoto typu prostor. Celková plocha obkladu bude 732 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 červenou barvou.

Dále navrhujeme provedení obkladu stěn akustickými deskami Heradesign Fine tl. 35 mm. Materiál bude instalován kontaktně na plnoplošný dřevěný obklad provedený od podlahy do výšky 2,6 m. Celková plocha obkladu bude 164 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 modrou barvou.

Jedna ze štitových stěn bude obložena akustickými deskami Heradesign Fine tl. 35 mm s celkovým odsazením 135 mm od povrchu stěny. Ve vzniklé dutině nebude umístěna minerální izolace. Akustické panely budou instalovány montážním systémem B/WS se zvýšenou odolností proti nárazu míče vhodným do tohoto typu prostor. Místa nejvíce exponována nárazům míče (nejbližší okolí branky) se doporučuje opatřit ochranou sítí. Celková plocha obkladu bude 113 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 zelenou 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.

| Pohledový materiál  | Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma |      |      |      |      |      |
|---|--|------|------|------|------|------|
|   | 125                                      | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Heradesign Fine, tl. 25 mm, celkové svěšení od stropu 225 mm, bez minerální izolace | 0,45                                     | 0,75 | 0,60 | 0,55 | 0,75 | 0,80 |
| Heradesign Fine, tl. 35 mm, kontaktní instalace                                     | 0,10                                     | 0,25 | 0,55 | 1,00 | 0,40 | 0,90 |
| Heradesign Fine, tl. 35 mm, celkové odsazení od stěny 135 mm, bez minerální izolace | 0,20                                     | 0,70 | 0,80 | 0,60 | 0,80 | 0,80 |

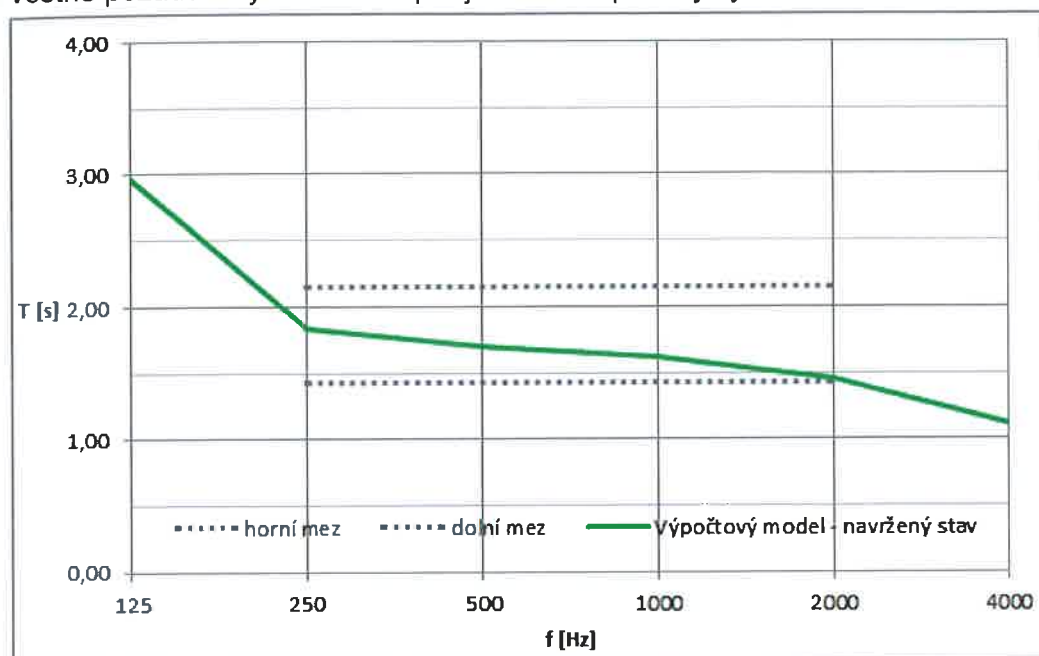
Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech



### 5.3. 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. 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] oktávového pásma |      |      |      |      |      |
|---|-----------|-----------|--|------|------|------|------|------|
|   |           |           | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech             | $T$       | s         | -  | 1,84 | 1,70 | 1,61 | 1,45 | -    |
| Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – sportovní hala | Horní mez | $T_{E,N}$ | s  | -    | 2,14 | 2,14 | 2,14 | 2,14 |
|   | Dolní mez | $T_{E,N}$ | s  | -    | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 |
| Hodnocení (sportovní hala, m.č. 04)                     |           |           | -  | +    | +    | +    | +    | -    |

Tab. 17/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – stav po návrhu úprav

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

Z výsledků v tab. 7 je zřejmé, že posuzované prostory **výpočtově splňují 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 sportovní haly u ZŠ v obci Hranice Drahotuše [2]. Výpočtová doba dozvuku posuzovaného prostoru splňuje požadavky ČSN 73 0527 pro tělocvičny a sportovní haly. Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po realizaci navržených opatření. Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.

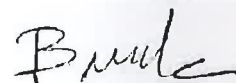
V Brně dne 17. 2. 2020

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