

Název:

Tělocvična v ulici Jívanská

Zakázkové číslo:	20-05-12
Profese:	prostorová akustika
Dokument:	technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace:	studie
Datum:	červen 2020
Revize:	00

Zpracoval: Ing. Lukáš Posekaný

Kontroloval: Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Krátkého 211/2, 190 00 Praha 9

tel.: +420 731 463 403

e-mail.: hradek@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647



AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNIKA
DESIGN

Obsah:

1. Základní údaje.....	3
1.1. Výchozí údaje a podklady.....	3
1.2. Použité normy a literatura.....	3
2. Prostorová akustika.....	3
2.1. Požadavky na akustické parametry.....	3
2.2. Teoretický výpočet doby dozvuku.....	6
2.3. Řešení prostorové akustiky.....	7
3. Požadavky na profesi prostorová akustika.....	7
4. Závěr.....	7

Přílohy:

Výpočetní příloha:

VP01 – Výpočet doby dozvuku tělocvičny

Tabulková příloha:

Tab1 – Výkaz výměr a specifikace akustických prvků

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- Výkresové podklady z 6/2020.
- Informace předané při telefonických jednáních s projektantem

1.2. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN 73 0525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady – únor 1998
- [2] ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely – březen 2005
- [3] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [4] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6
- [5] Reichl J., Všeticka M.: Multimediální Encyklopedie Fyziky, <http://fyzika.reichl.com>

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Akusticky náročné prostory vyžadují dle norem ČSN 73 0525 a 73 0527 a praktických zkušeností speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků ČSN 73 0527 je pro prostory a zařízení pro výchovu a vzdělávání závazné dle vyhlášky č. 343/2009 sbírky zákonů ČR. V případě výukových prostor, tělocvičen, sportovních a víceúčelových hal, apod. je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše zmiňovanou normou, dosáhnout dobré srozumitelnosti mluveného slova a celkově snížit hladinu hluku.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit vzniku nežádoucích odrazů zvuku. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny násobné odrazy zvuku mezi rovnoběžnými odrazivými stěnami (tzv. třepotavá ozvěna), fokusované odrazy zvuku a další negativní akustické jevy, které výrazně zhoršují akustické podmínky.

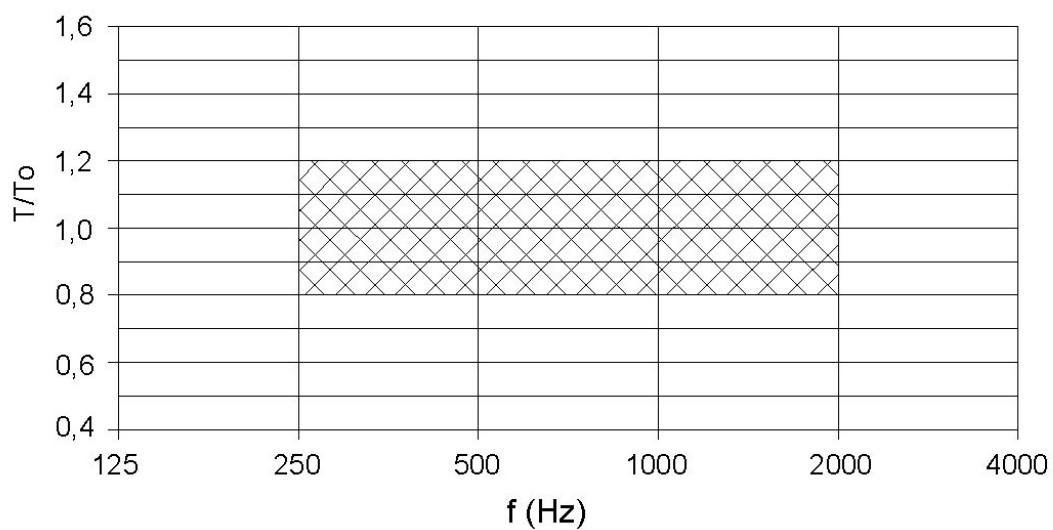
Tělocvična č.m. 1.04

Stanovená hodnota cílové doby dozvuku v základu vychází z požadavku normy ČSN 73 0527 pro tělocvičny a sportovní haly (viz Obr. 2 průběh č. 5) o objemu 11 700 m³, který je $T_0 = \text{cca } 2,0 \text{ s}$. Na základě praktických zkušeností s provozem současných sportovišť, která nezřídka plní funkci víceúčelového sálu, lze připustit i kratší dobu dozvuku a atypické umístění podhledových panelů mezi betonové nosníky s sebou nese určitou míru nejistoty, kdy může být doba dozvuku mírně vyšší. Optimální doba dozvuku je tak určena jako rozmezí hodnot $T_0 = 1,95 - 2,05 \text{ s}$. Doba dozvuku je v tělocvičně uvažována v neobsazeném stavu.

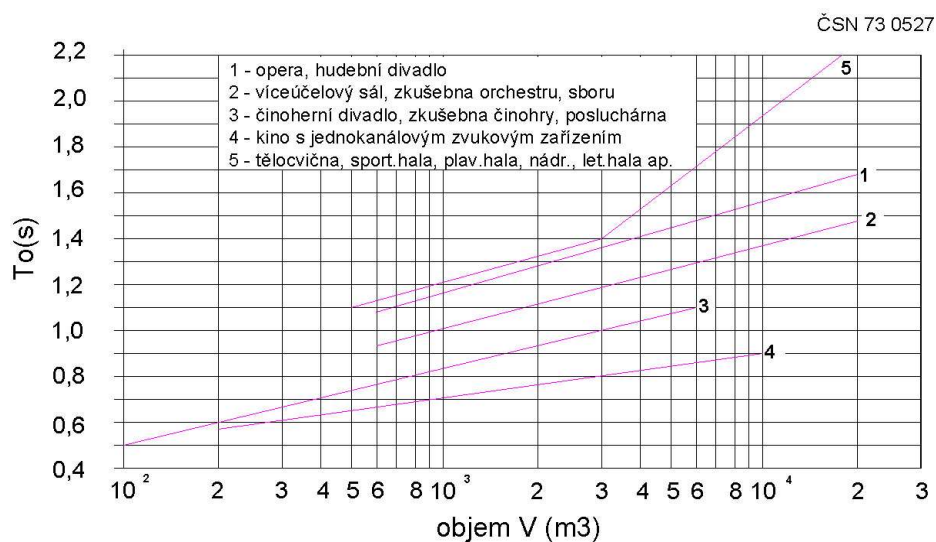
Frekvenční průběh doby dozvuku v tělocvičně je hodnocen v rozsahu frekvenčních oktávových pásem od 250 Hz do 2 kHz, což je stanoveno dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 1.

Poznámka:

Z výše uvedeného vyplývá, že v tělocvičně není možné provést plnohodnotnou akustickou úpravu pouze umístěním akustického podhledu. V případě takového řešení není pohltivá plocha rozmístěna rovnoměrně a mezi stěnami dochází často ke vzniku třepotavé ozvěny a tedy i celkovému prodloužení doby dozvuku v určitém frekvenčním pásmu. Toto bývá častým problémem sportovních a víceúčelových hal, tělocvičen, apod., kde je jen velmi zřídka stěnový obklad rozmístěn optimálně z hlediska prostorové akustiky.



Obr. 1 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma



Obr. 2 – Závislost optimální doby dozvuku $T_0(s)$ pro kmitočty 1000 Hz na objemu $V(m^3)$ uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (u závislosti 5 neobsazeném stavu).

2.2. TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU

Pro výpočet doby dozvuku byl dle ČSN 73 0525 použit Eyringův vztah:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} [s]$$

kde $V [m^3]$ je objem místnosti
 $S [m^2]$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti
 $\alpha_s [-]$ je střední hodnota činitele zvukové pohltivosti
 $m [-]$ je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} [-]$$

kde $S_i [m^2]$ je dílčí pohltivá plocha
 $\alpha_i [-]$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch
 $S [m^2]$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN 73 0525 v oktávových pásmech se středními kmitočty 250 Hz až 2 kHz.

Do výpočtu doby dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické parametry ale nelze pominout (podlaha, strop, rozvody VZT, topidla, světla, tribuna, apod.).

Graf vypočtené doby dozvuku je uveden ve výpočetní příloze VP01.

2.3. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Tělocvična 1.04:

- Akustický podhled: Akustický podhled je uvažován v pásech v betonových nosnících. Podhled je tvořen svěšeným rastrem v mechanicky odolném provedení, který je zaklopen absorpčními kazetami z materiálu na bázi minerální vlny (označení **ASP**, více viz Tab1 – specifikace a výkaz výměr). Podhled musí být realizován včetně nosné konstrukce a bočního zakončení U profily, které zajistí potřebné mechanické vlastnosti. Rozložení podhledu v rámci stropu haly je provedeno tak, aby byla půdorysná plocha sportovní haly pokryta v mezích možností co nejrovnoměrněji – viz výkresová dokumentace stavební části - interiér.
- Akustické obklady stěn: Obě kratší a celá jedna dlouhá stěna jsou do výšky 5,54 m, resp. od úrovně podlahy až po horní hranu oken dlouhé stěny, pokryty mechanicky odolným akusticky pohltivým obkladem označeným **OA0** (více viz Tab1 – specifikace a výkaz výměr). Tyto plochy jsou velmi důležité pro eliminaci nežádoucí třepotavé ozvěny mezi stěnami. Rozložení stěnových akustických obkladů – viz výkresová dokumentace stavební části – interiér, pohledy 2, 3, 4.

3. POŽADAVKY NA PROFESI PROSTOROVÁ AKUSTIKA

- Etapová měření doby dozvuku tělocvičny (m. č. 1.04) dle ČSN EN ISO 3382-1.
- Závěrečné měření doby dozvuku tělocvičny (m. č. 1.04) dle ČSN EN ISO 3382-1.
- Prvky prostorové akustiky podléhají vzorkování a odsouhlasení ze strany investora (z hlediska kvality provedení), architekta (z hlediska designu) a akustika (z hlediska funkčnosti).

4. ZÁVĚR

Studie prostorové akustiky tělocvičny v ulici Jívanská stanovuje akustické úpravy pro dosažení požadavků příslušné legislativy a hlavně uživatelsky vhodných akustických podmínek. Pro akustiky náročný prostor vlastní tělocvičny m.č. 1.04 je stanovena optimální doba dozvuku a proveden návrh akustických úprav včetně výpočtu doby dozvuku tak, aby byl splněn definovaný požadavek normy ČSN 73 0527 resp. ČSN 73 0525.

V průběhu realizace je nezbytné provést kontrolní etapové měření doby dozvuku. Po dokončení realizace je nutné provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu. Všechny výše uvedené akustické zkoušky jsou nutné pro úspěšné dokončení díla.

V případě jakýchkoliv změn v koncepci, umístění nebo typu akustických prvků, dispozičních změn či změn skladeb konstrukcí a povrchových úprav je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem.

Výpočet doby dozvuku

název prostoru: **Tělocvična v ulici Jívanská - tělocvična**

Cílová doba dozvuku	$T_0 =$	2,00 s	(1.95 - 2.05 s)	základní parametry prostoru:		
toleranční pásmo		řeč				
		hudba				
		hudba a řeč	1			
objem prostoru	$V =$	11 727	m ³			
plocha prostoru	$S =$	3 803	m ²	střední výška 10,03 m půdorysná plocha 1169,4 m ² obrys půdorysu 146 m		

materiály	činitel zvukové pohltivosti k oktávovým pásmům						plochy
popis, základní charakteristika	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	[m ²]
vzduch, 50% relativní vlhkost	6,60E-05	2,50E-04	6,83E-04	1,10E-03	2,70E-03	9,40E-03	–
strop							
ASP, vzd. 450 mm	0,45	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	542,9
technologie - teplo, světlo, VZT	0,20	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	142,8
odrazivé plochy	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	483,7
podlaha							
dřevěná podlaha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1083,2
tribuna	0,2	0,12	0,08	0,08	0,08	0,1	86,2
stěny							
okna a dveře	0,1	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	196,0
odrazivé plochy	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	795,5
OAQ, celk. tl. 100 mm	0,40	0,70	0,8	0,65	0,5	0,40	472,6

celková plocha	3803,0
----------------	--------

celková ekvivalentní pohltivá plocha [-]		607,2	924,8	985,5	985,1	987,9	1253,2
toleranční pásmo [s]	dolní mez		1,60	1,60	1,60	1,60	
	horní mez		2,40	2,40	2,40	2,40	
vypočtená doba dozvuku dle řešení [s]		2,91	1,82	1,70	1,71	1,74	1,42

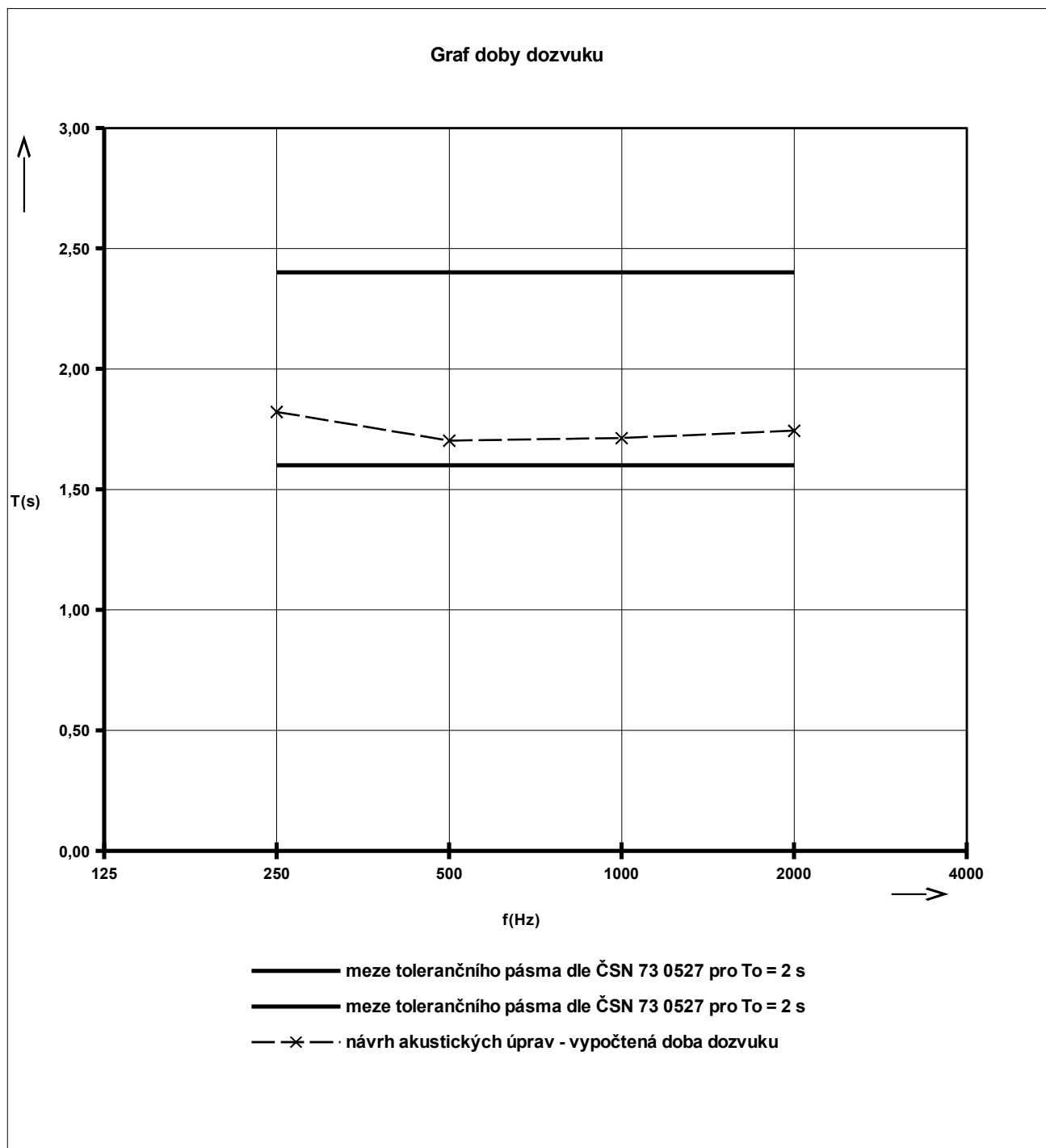
Graf vypočtené doby dozvuku

název prostoru: **Tělocvična v ulici Jívanská - tělocvična**

objem prostoru $V = 11727,3 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 3803,0 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
návrh akustických úprav - vypočtená doba dozvuku			1,82	1,70	1,71	1,74	
toleranční pásmo [s]	dolní mez		1,60	1,60	1,60	1,60	
	horní mez		2,40	2,40	2,40	2,40	



Název akce:	Tělocvična v ulici Jívanská
Dokument:	Výkaz výměr a specifikace
Profese:	Prostorová akustika
Stupeň dokumentace:	Studie

Čís. pol.	kód položky	Název položky	Počet měř. jednotek	Měrná jednotka	Jednotková cena v Kč	Celková cena v Kč	Technické specifikace, technické a uživatelské standardy stavby, podrobný popis položky
Akustické úpravy stropů							
1	ASP	D+M - akustický stropní podhled	542,9	m²		0,-	jedná se o mechanicky odolný rastrový akustický podhled s jádrem ze skelné vlny lisované v plástvích; formát jednotlivých panelů je 1200×600×40mm; povrch je tvořen silnou sklovláknitou tkaninou s vysokou odolností proti mechanickým nárazům (např. Ecophon Super G plus A); akustický podhled splňuje požadavky mechanické odolnosti a nárazuvzdornosti odpovídající třídě 1A dle EN 13964 odst. D; podhled je instalován na systémovém křížovém rastru tvořícím mechanicky odolnou podkonstrukci; vlastní kazety jsou vkládány do rastru tvořeném omega profily bílé barvy kotvenými k podkonstrukci; požadovaný činitel zvukové pohltivosti podhledu při celkové skladebné tloušťce 450 mm v oktákových pásmech je: 250 Hz - $\alpha \div 0,8$; 500 Hz - $\alpha \div 0,8$; 1 kHz - $\alpha \div 0,90$; 2 kHz - $\alpha \div 0,90$; provedení kazet v bílé barvě; boky obkladu jsou uzavřeny U profilem v bílé barvě; požární odolnost podhledu je A2-s1,d0 a tím splňuje podhled požadavek PBR: třída reakce na oheň B-s1-d0 nebo lepší a index šíření plamene is=0 mm/min.
Akustické úpravy stěn							
2	OA0	D+M – odolný akustický obklad	472,6	m²		0,-	jedná se o širokopásmově pohltivý akustický obklad s maximem pohltivosti na nižších středních frekvencích; obklad je mechanicky odolný a jeho konstrukce je sendvičová; lícová plocha obkladu je tvořena z lamel z materiálu na bázi dřeva o min. tloušťce 18 mm, šířka lamel je 60 mm a mezera mezi lamelami je 20 mm; povrch lamel tvoří tenká HPL vrstva o designu dle výběru zástupce zadavatele; lamely včetně mezer jsou z rubové strany celoplošně čalouněny černou průzvučnou textilií; dílčí panely se instalují na mechanicky odolný vyrovnávací podkladní rošt s možností rektifikace pomocí skrytých kotevních prvků; ve vzduchové mezeře za obkladovými deskami je umístěna tlumící zvukově pohltivá vložka zabalená v tenké PE fólii o tloušťce max. 30 µm; absorpční vložka je provedena v tloušťce, objemové hmotnosti a umístění tak, aby bylo dosaženo požadovaných akustických parametrů;-požadovaný činitel zvukové pohltivosti obkladu v oktákových pásmech při celkové skladebné tloušťce cca 100 mm je: 250 Hz - $\alpha \div 0,7$; 500 Hz - $\alpha \div 0,8$; 1 kHz - $\alpha \div 0,65$; 2 kHz - $\alpha \div 0,50$; celková skladebná tloušťka obkladu je 100 mm a ve dvou 2,4m širokých pruzích u požárních hydrantů je 400 mm; součástí prvku jsou obložky a sokly stejného vzhledu jako je samotný obklad; výměra položky je určena půdorysným ortogonálním průmětem; obklad splňuje požadavky kategorie III mechanické odolnosti dle technického předpisu EU EOTA TR 001; požadavky PBR: třída reakce na oheň B-s1-d0 nebo lepší a index šíření plamene is=0 mm/min.
Akustická měření a projekční činnost							
3	DD	díleňská dokumentace	1	kpl.		0,-	díleňská dokumentace profese prostorová akustika; jedná se o díleňské detaily provedení akustických prvků; tato bude předložena k odsouhlasení projektantovi akustiky, architektovi a zástupci investora
4	MDD-E	Měření doby dozvuku - etapové	1	kpl.		0,-	jedná se o etapové měření doby dozvuku dle normy ČSN EN ISO 3382-1; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků s příslušnými závěry v komplexní vazbě na akustiku tělocvičny (č.m. 1.04)
5	MDD-Z	Měření doby dozvuku - závěrečné	1	kpl.		0,-	jedná se o závěrečné měření doby dozvuku tělocvičny (č.m. 1.04) dle normy ČSN EN ISO 3382-1; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků
Cena celkem bez DPH						0,-	