

Objednatel: RecoBuild a.s.
Bezručova 469
735 81 Bohumín

Akustická studie – výpočet doby dozvuku

ZŠ Mařádkova – multimediální učebny

Zpracovatel: Ing. Lukáš Haluska
Strž 556/3
639 00 Brno-Štýřice

Kontakt na zpracovatele: e-mail: info@hlukova-studie.cz, tel.: 704 767 292

Ing. Lukáš Haluska
hlukové a akustické studie
Strž 556/3, 639 00, Brno-Štýřice
IČO: 3162923, tel.: 704 767 292
e-mail: info@hlukova-studie.cz

Ve Brně dne: 25. 1. 2024



Ing. Lukáš Haluska

Bez písemného souhlasu zpracovatel není možno akustickou studii reprodukovat jinak než celou.

1. Úvod.....	2
2. Požadavky normy.....	2
3. Posuzované prostory	4
3.1 01.9 Multimediální učebna.....	4
3.2 01.11 Multimediální učebna.....	5
4. Výpočet.....	5
4.1 01.9 Multimediální učebna.....	6
4.1 01.11 Multimediální učebna.....	10
5. Závěr.....	14
5.1 01.9 Multimediální učebna.....	14
5.2 01.11 Multimediální učebna.....	14
6. Použitá literatura	14
7. Přílohy.....	15

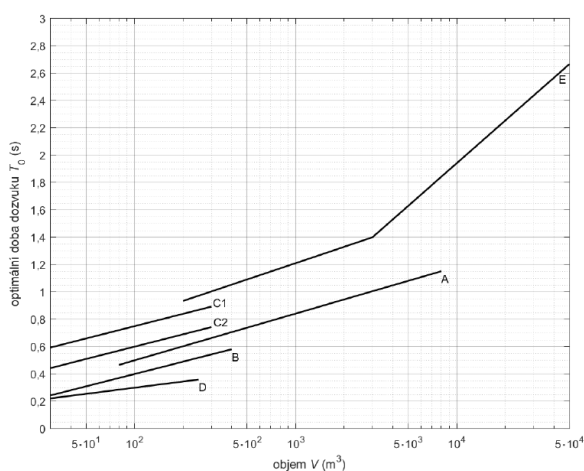
1. Úvod

Akustická studie byla zpracována pro orientační zhodnocení doby dozvuku (DD) dvou multimediálních učeben v rámci záměru v ZŠ Mařádkova na adrese Krmovská 86/101, Opava. V rámci akustické studie budou navržena akustická opatření pro splnění požadavků normy ČSN 73 0527 [2].

2. Požadavky normy

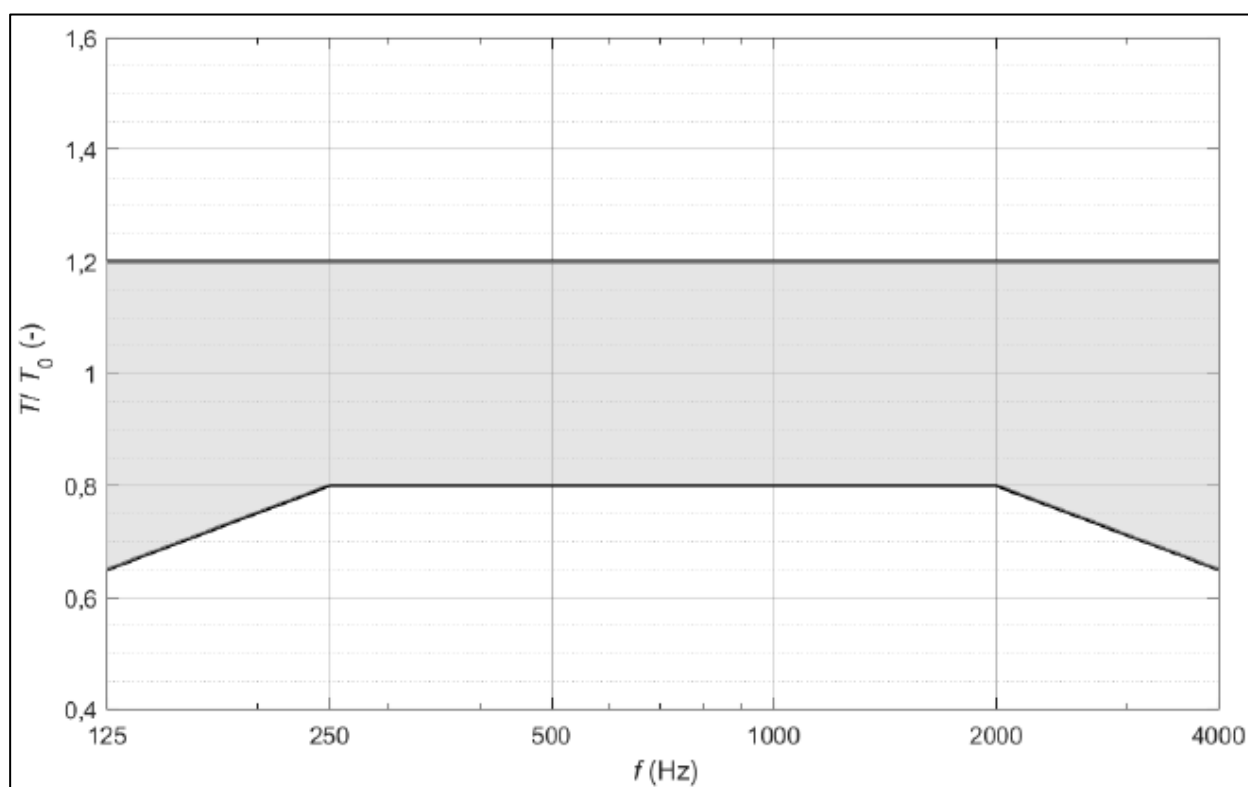
Pro posouzení kvality akustiky v místnosti jsou klíčové dvě hodnoty. Je to optimální doba dozvuku T_0 představující hodnotu, jež je pro daný typ místnosti nejvhodnější. Tato hodnota se mění v závislosti na objemu prostoru a účelu prostoru. Posuzované prostory jsou řazeny do níže uvedených kategorií vymezených normou ČSN 73 0527 [2]. Podrobný výpočet T_0 je v kap. 4.

- Multimediální učebny: *křivka A*



Obrázek 1 – Závislost optimální doby dozvuku T_0 (s) pro kmitočet 1 000 Hz na objemu V [m³] uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (převzato z ČSN 73 0527 [2])

Druhou klíčovou hodnotou prostorové akustiky je skutečná doba dozvuku T (stanovená pro stávající/výhledový stav). Tyto dvě hodnoty jsou pro vyhodnocení dány do poměru. Jejich poměr je potom vymezen normou ČSN 73 0527 [2] stanovením horní a dolní meze. Pro posouzení řešených prostor je použito rozmezí poměru pro prostory určené k přednesu řeči, viz Obrázek 2.



Obrázek 2 – Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma (převzato z ČSN 73 0527 [2])

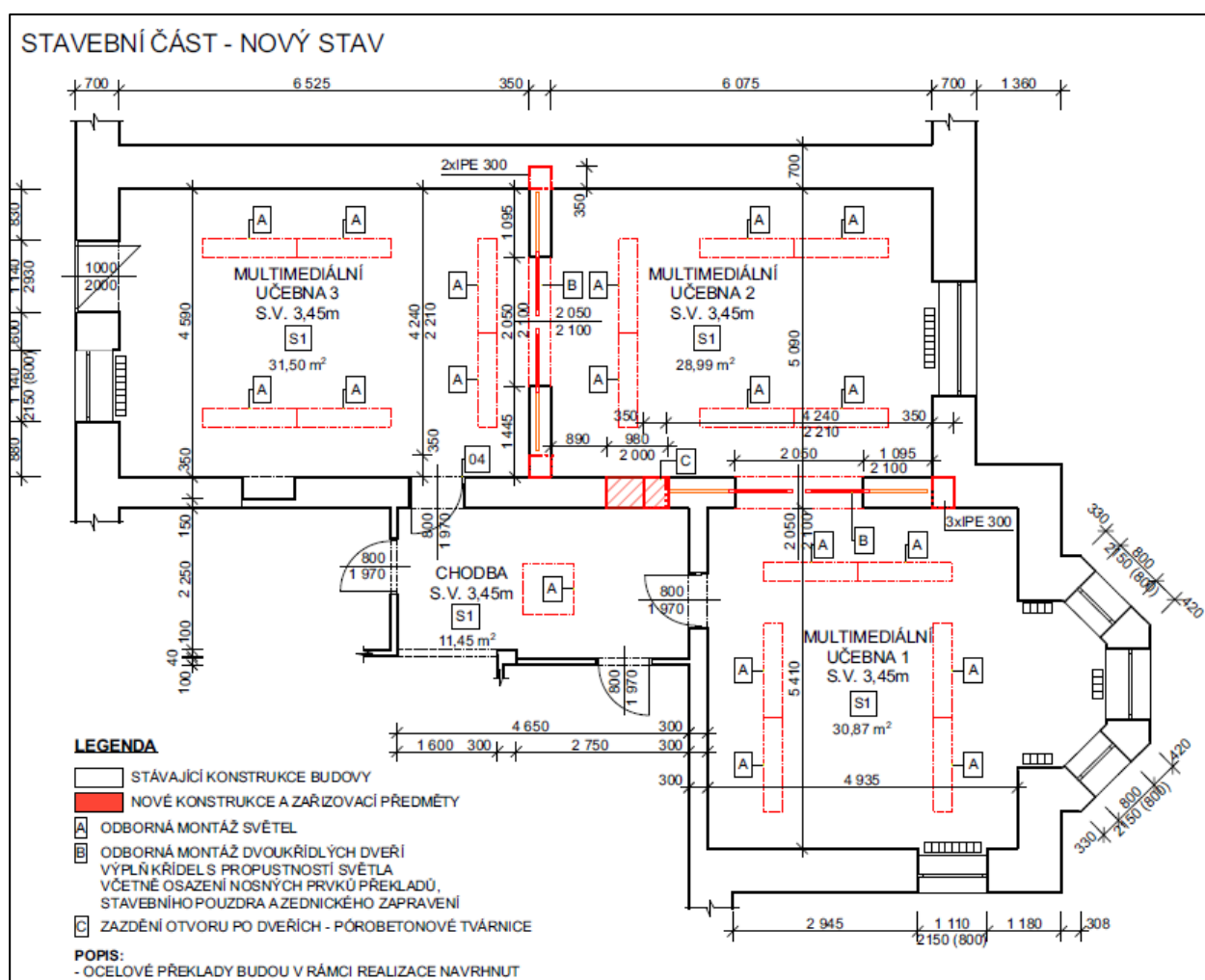
Požadavky normy ČSN 73 0527 [2] na posuzované prostory se vztahují k vybaveným a obsazeným prostorům. Vliv obsazenosti místnosti byla dopočítána Eyringovou metodou dle ČSN 73 0527 [2].

3. Posuzované prostory

Předmětem studie je posouzení místností 01.9 a 01.11, které jsou situovány v 1. NP. Jedná se o multimediální učebny.

3.1 01.9 Multimediální učebna

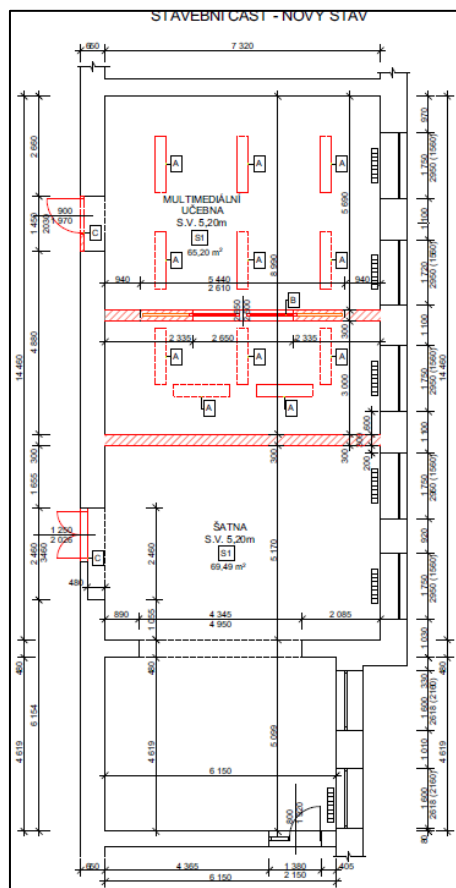
U hodnocené místnosti je uvažováno s obsazeností 41 osob (1 učitel a 40 žáků). Místnost má světlou výšku 3,45 m s podlahovou plochou 91,36 m². Přesné rozměry místnosti jsou na obrázku 3. Většina povrchu posuzované místnosti je tvořena omítkou. Místnost je prosvětlena okny. Nášlapná vrstva podlahy je tvořena lepeným vinylem. Učebna je tvořena 3 propojenými částmi.



Obrázek 3 – Půdorys místnosti 01.9

3.2 01.11 Multimediální učebna

U hodnocené místnosti je uvažováno s obsazeností 31 osob (1 učitel a 30 žáků). Místnost má světlou výšku 5,2 m s podlahovou plochou 65,2 m². Přesné rozměry místnosti jsou na obrázku 3. Většina povrchu posuzované místnosti je tvořena omítkou. Místnost je prosvětlena okny. Nášlapná vrstva podlahy je tvořena lepeným vinylem. Učebna je tvořena 2 propojenými částmi.



Obrázek 4 – Půdorys místnosti 01.11

4. Výpočet

Výpočet doby dozvuku T byl proveden dle požadavků dle ČSN 73 0525 [1] a ČSN 73 0527 [2]. Činitel zvukové pohltivosti α stavebních materiálů v jednotlivých frekvenčních pásmech byl pro výpočet převzat z hodnot experimentálně zjištěných činitelů zvukové pohltivosti [3] a [4], a v případě uskutečnění přímého měření doby dozvuku T dále poupraven tak, aby výpočet odpovídal hodnotám měření.

Pro výpočet doby dozvuku T byl použit Eyringův vzorec:

$$T(s) = 0,164 \cdot V \frac{1}{s\alpha_e + 4mV}$$

kde

V ...objem místnosti [m³]

m ...koeficient pohltivosti v závislosti na relativní vlhkosti

$$\alpha_e = -\ln(1 - \alpha)$$

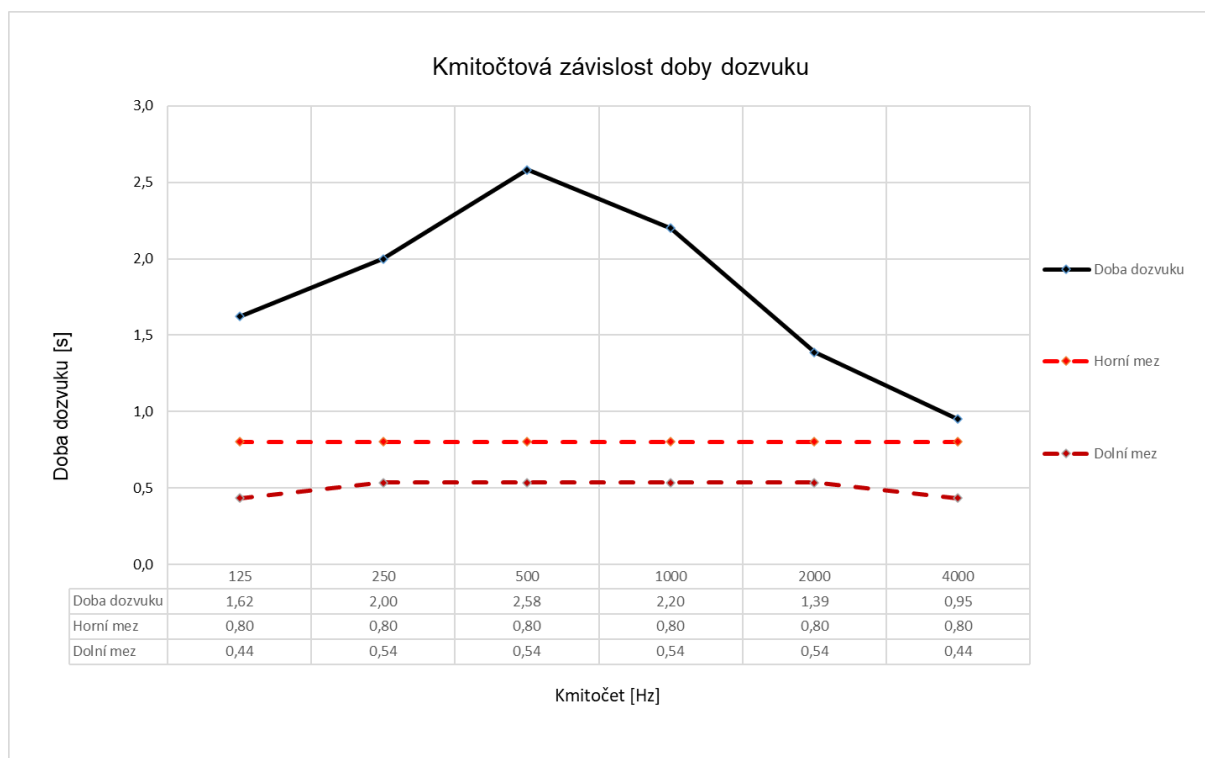
Pro výpočet optimální doby dozvuku T_0 byla zvolena příslušná rovnice závislosti optimální doby dozvuku na objemu dle Přílohy B ČSN 73 0527 [2]. Na základě rovnice byla vypočtena optimální doba dozvuku řešených prostor:

- Místnost 01.9 – multimediální učebna: **$T_0 = 0,67$ s**
- Místnost 01.11 – multimediální učebna: **$T_0 = 0,68$ s**

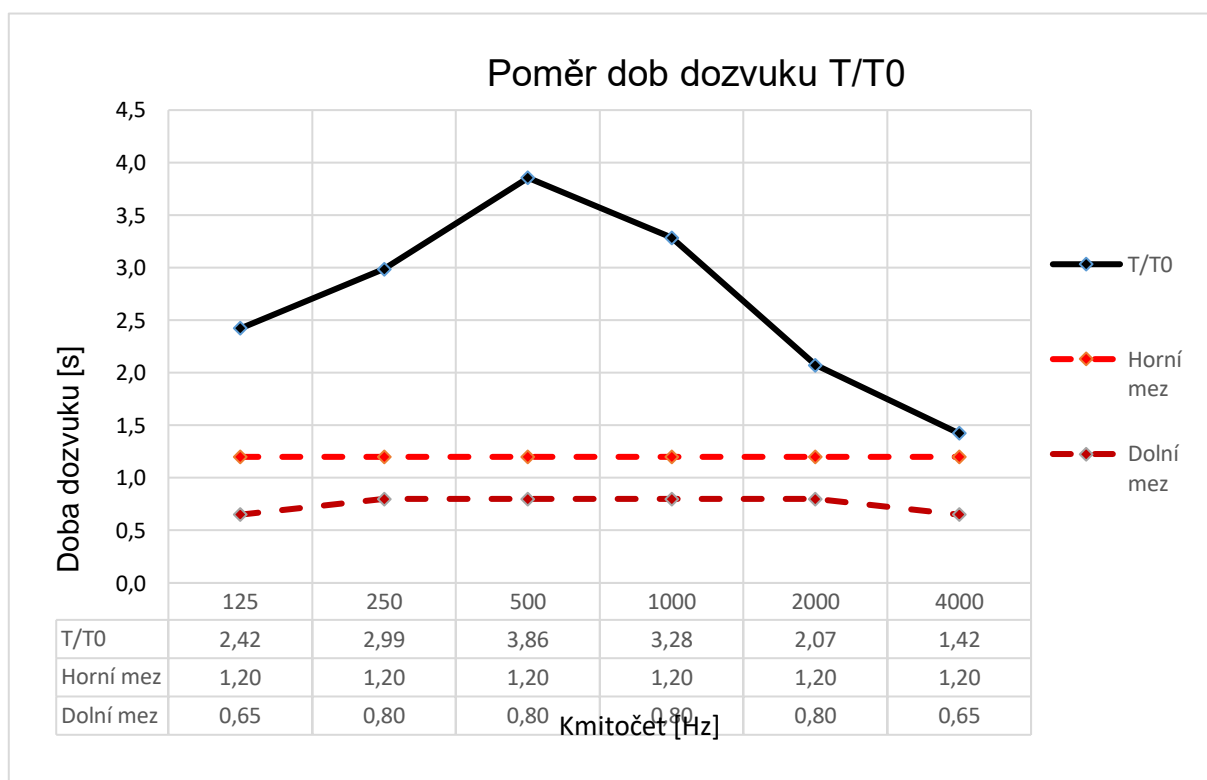
4.1 01.9 Multimediální učebna

Tabulka 1 – Výpočet DD – stav před realizací akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	3,58	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	11,50	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – vinylová	91,36	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Omítka	207,83	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,08
Osoby	41	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,55
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,09	0,07	0,06	0,07	0,10	0,15
Doba dozvuku T [s]		1,62	2,00	2,58	2,20	1,39	0,95



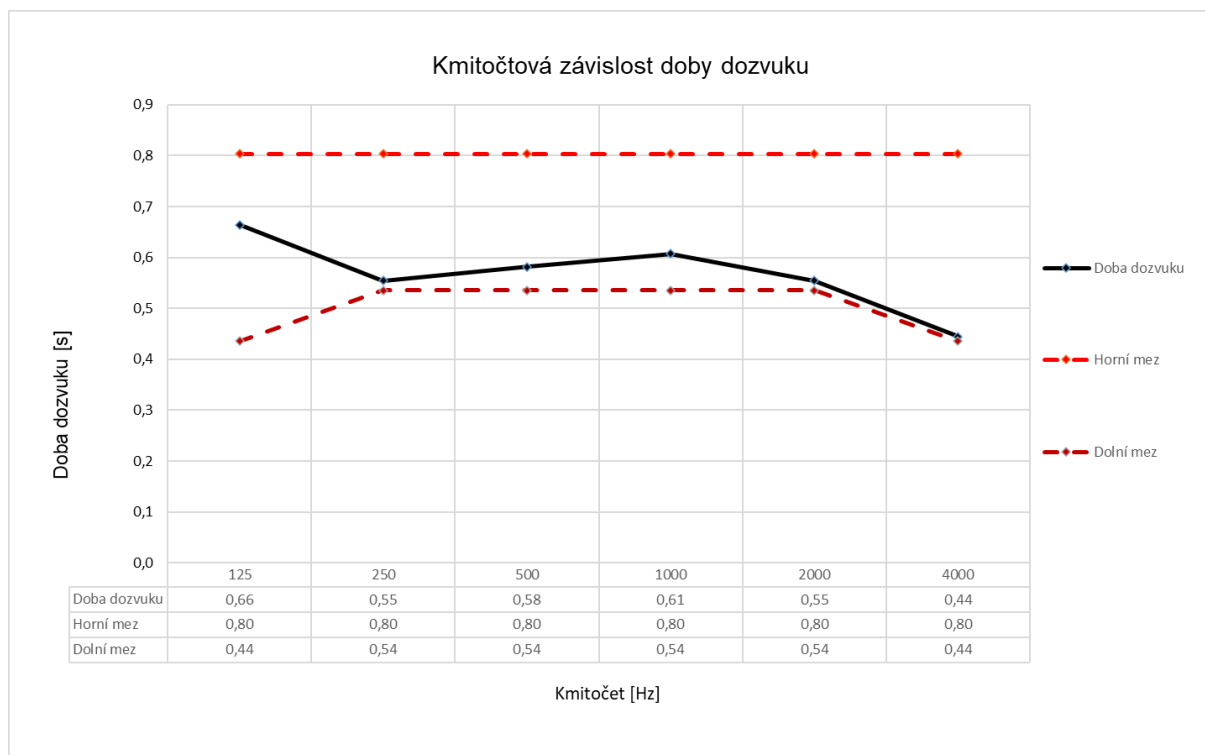
Obrázek 5 – Vypočtená DD bez akustických úprav

Obrázek 6 – Poměr vypočtené DD T a optimální DD T_0 bez akustických úprav

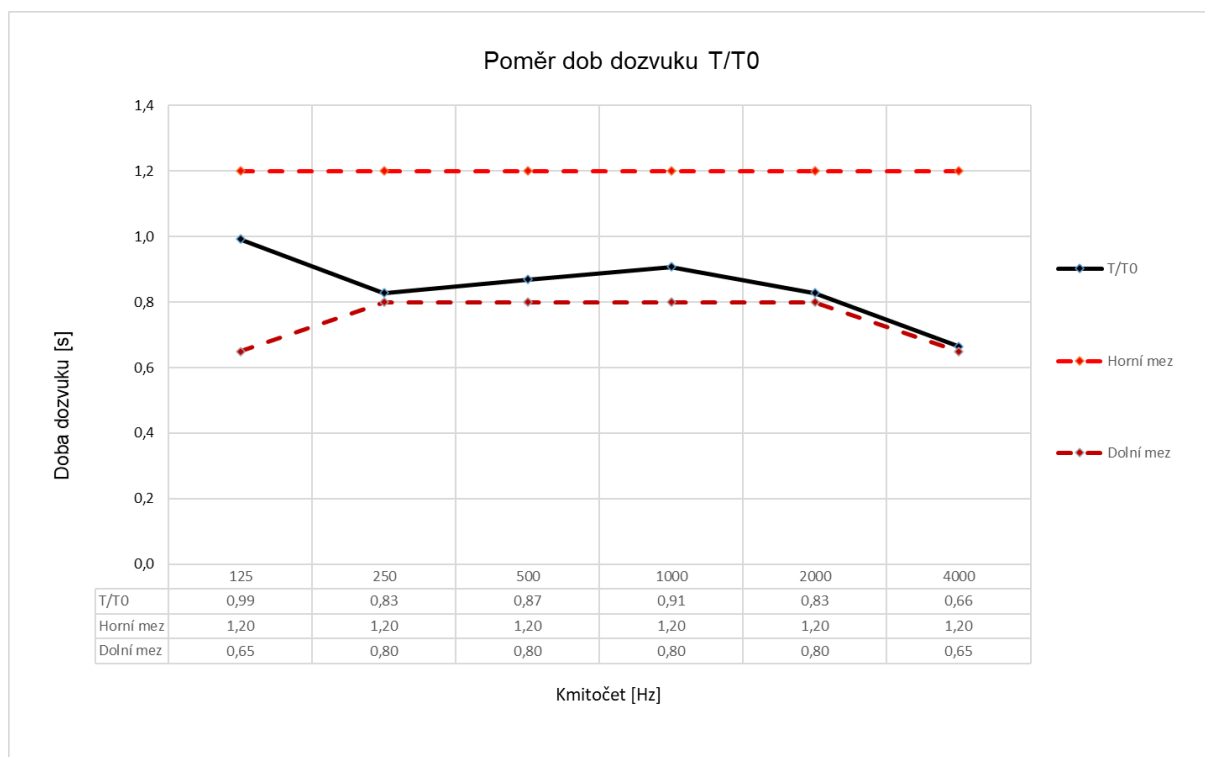
Tabulka 2– Výpočet DD – stav po realizaci akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	3,58	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	11,50	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – linoleum	91,36	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Omítka	116,47	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,08
Rigitone E 6/18 Climafit	91,36	0,45	0,60	0,60	0,55	0,50	0,55
Osoby	41	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,55
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,22	0,26	0,25	0,24	0,26	0,32
Doba dozvuku T [s]		0,66	0,55	0,58	0,61	0,55	0,44

 Navržená opatření

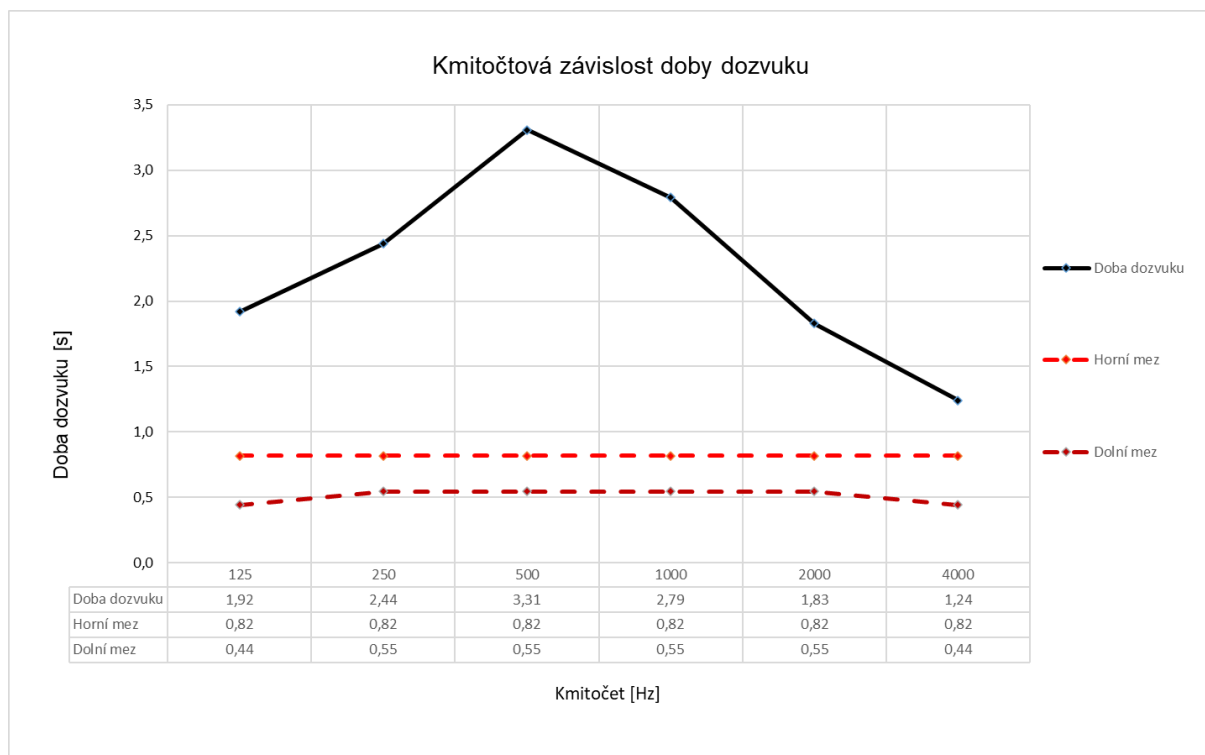


Obrázek 7 – Vypočtená DD po realizaci akustických úprav

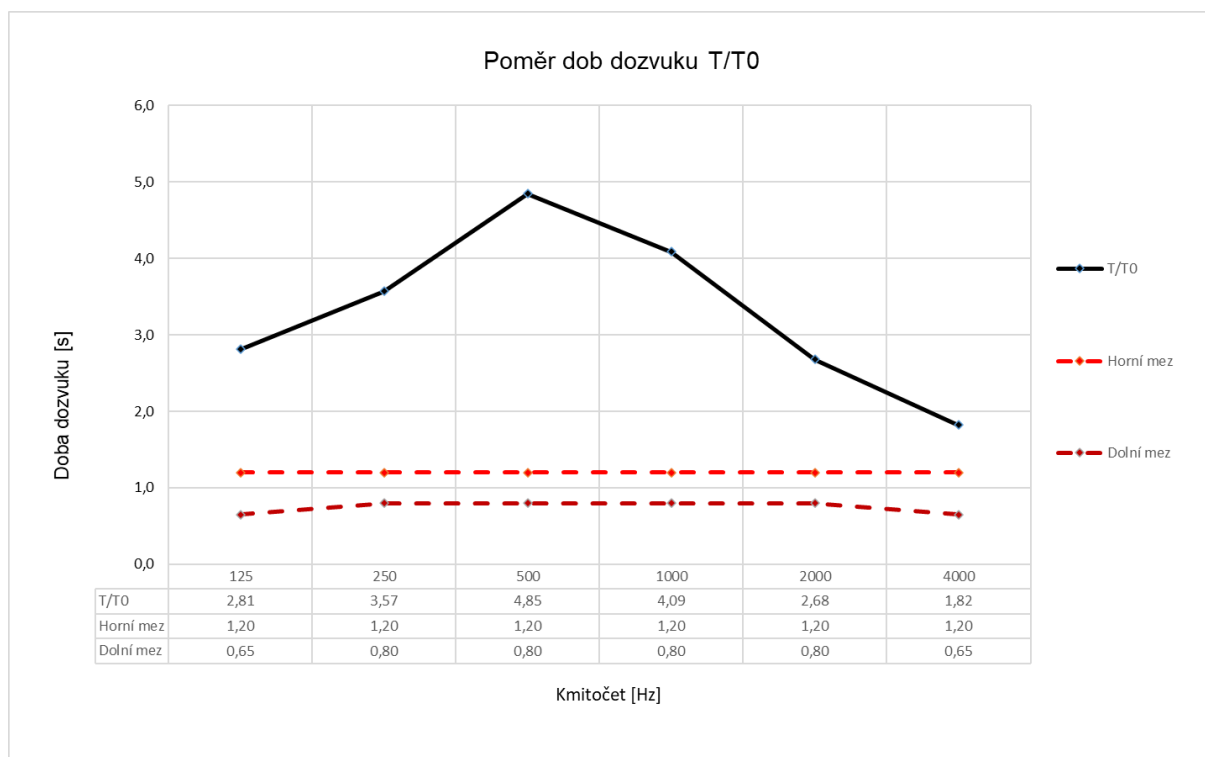
Obrázek 8 – Poměr vypočtené DD T a optimální DD T_0 po realizaci akustických úprav

4.1 01.11 Multimediální učebnaTabulka 3 – Výpočet DD – stav před realizací akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	1,77	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	15,40	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – vinylová	66,20	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Omítka	218,65	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,08
Osoby	31	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,55
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,09	0,07	0,05	0,06	0,09	0,14
Doba dozvuku T [s]		1,92	2,44	3,31	2,79	1,83	1,24



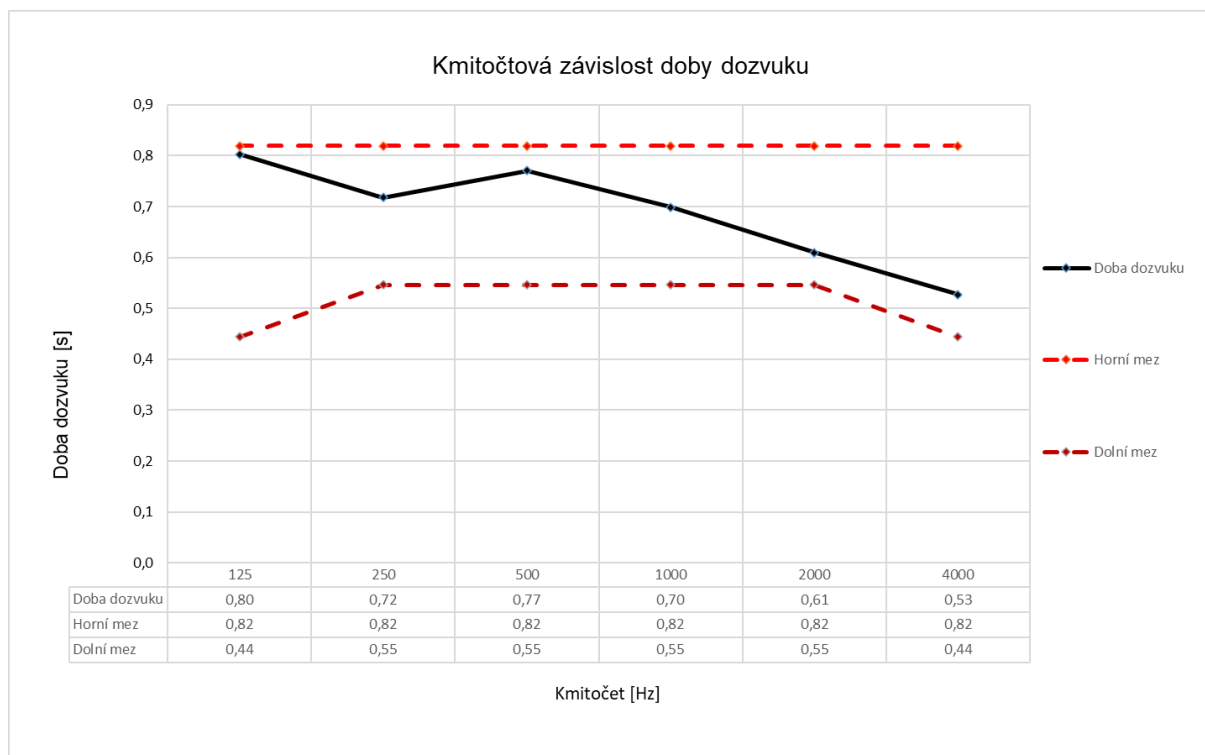
Obrázek 9 – Vypočtená DD bez akustických úprav

Obrázek 10 – Poměr vypočtené DD T a optimální DD T_0 bez akustických úprav

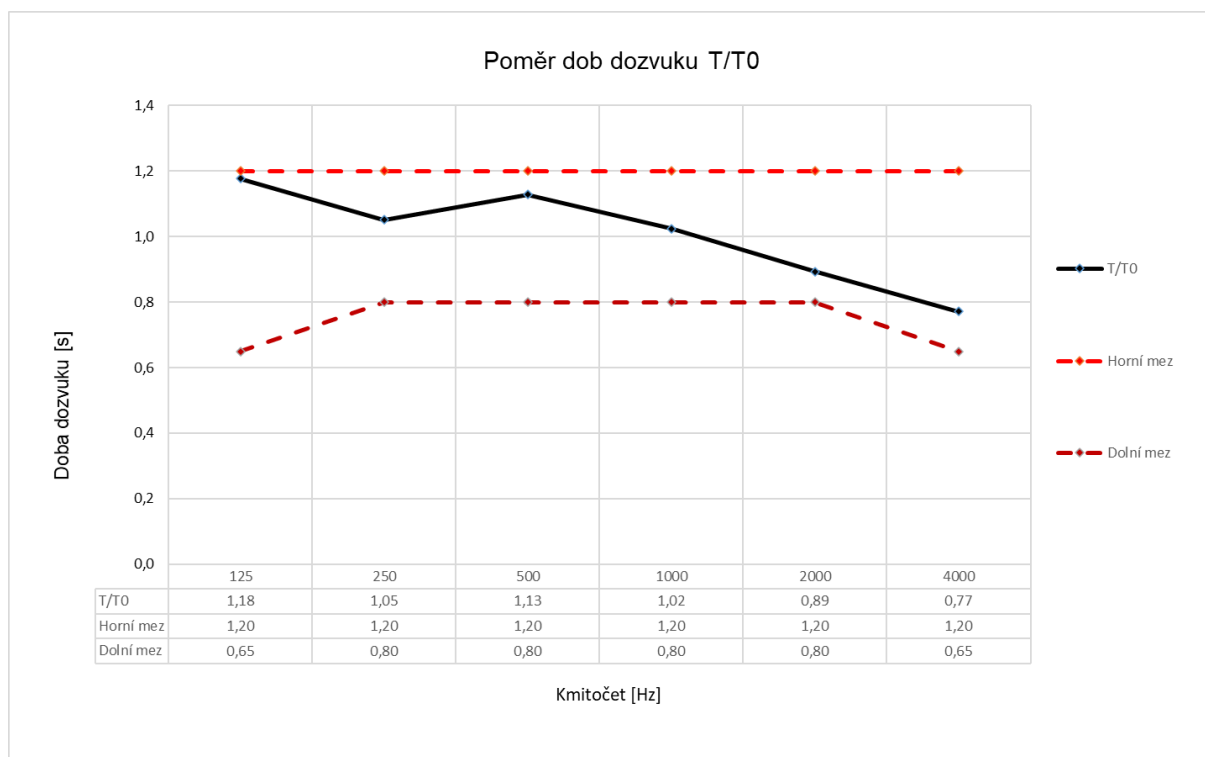
Tabulka 4– Výpočet DD – stav po realizaci akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	1,77	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	15,40	0,15	0,10	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – linoleum	66,20	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
Omítka	152,45	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,08
Rigitone R 8/18 Climafit	66,20	0,55	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75
Osoby	31	0,20	0,20	0,20	0,20	0,40	0,55
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,21	0,23	0,22	0,24	0,28	0,32
Doba dozvuku T [s]		0,80	0,72	0,77	0,70	0,61	0,53

 Navržená opatření



Obrázek 11 – Vypočtená DD po realizaci akustických úprav

Obrázek 12 – Poměr vypočtené DD T a optimální DD T_0 po realizaci akustických úprav

5. Závěr

Akustika prostorů posuzovaných místností 103 sloužící jako mediální učebny jsou bez použití akustických úprav nevyhovující. Proto bylo navrženo opatření vedoucí ke snížení doby dozvuku v celém sledovaném frekvenčním spektru v souladu s požadavky normy ČSN 730527 [2].

5.1 01.9 Multimediální učebna

Navrhuje se realizace celoplošného podhledu Rigitone R 6/18 Climafit – rozptýlené kulaté děrování při svěšením 50 mm, včetně vložení izolační vrstvy např. Isover Akustic SSP 2 do dutiny.

5.2 01.11 Multimediální učebna

Navrhuje se realizace celoplošného podhledu Rigitone R 8/18 Climafit – rozptýlené kulaté děrování při svěšením 200 mm, včetně vložení izolační vrstvy např. Isover Akustic SSP 2 do dutiny.

6. Použitá literatura

- [1] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- [2] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [3] J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb. Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996.
- [4] J. Kaňka: Stavební fyzika 1. Akustika budov, ČVUT, 2007.
- [5] T. Hrádek, J. Tuček: Katalog akustických prvků, Akademie múzických umění v Praze, 2011.

7. Přílohy

RIGITONE R 6/18

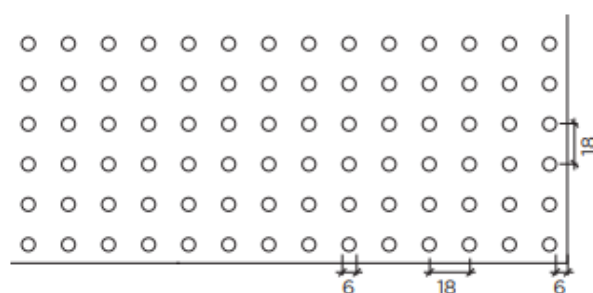
- Activ'Air[®]
nebo
- Climafit[®]

Základní vlastnosti desek Rigitone R 6/18

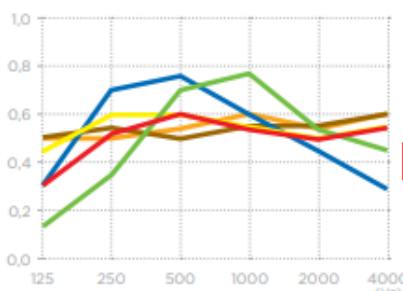
Rozměry desky (š x d x tl.)	1188 x 1998 x 12,5 mm
Hrany desky	nápenetrované, kolmo řezané 4SK
Děrování	pravidelné
Podíl děrované plochy	8,7 %
Hmotnost	cca 10 kg/m ²
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

* Climafit[®] je tloušťky 10 mm a hmotnosti 8 kg/m²

Umístění a velikost perforací [mm]



Činitel zvukové pohltivosti α_p



Výška svěšení [mm]	Minerální izolace [mm]	Činitel zvukové pohltivosti α_p /Hz							α_w	NRC	Třída zvukové pohltivosti ¹⁾
		125	250	500	1000	2000	4000				
30	30*	0,30	0,50	0,60	0,55	0,50	0,55	0,55	0,55	0,55	D
50	0	0,15	0,35	0,70	0,75	0,55	0,45	0,55	0,55	0,55	D
50	50**	0,45	0,60	0,60	0,55	0,50	0,55	0,55	0,55	0,55	D
200	0	0,30	0,70	0,75	0,60	0,45	0,30	0,45 (LM)	0,60	0,60	D
200	50**	0,50	0,55	0,50	0,55	0,55	0,60	0,55	0,55	0,55	D
400	50**	0,50	0,50	0,55	0,60	0,55	0,60	0,60	0,60	0,55	C

¹⁾ podle ČSN EN ISO 11 654; * Isover Akustic SSP 2; ** Isover Akustic SSP 2 nebo MULTIPLAT 35

RIGITONE R 8/18

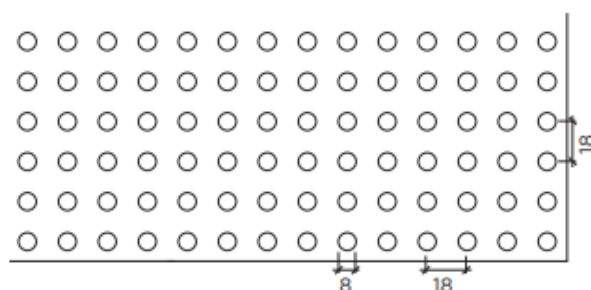
- Activ'Air[®]
nebo
- Climafit[®]

Základní vlastnosti desek Rigitone R 8/18

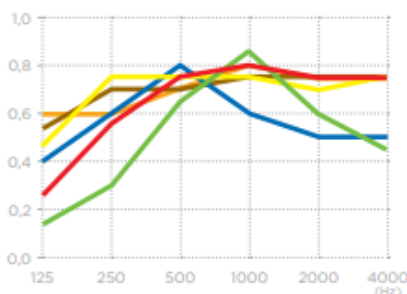
Rozměry desky (š x d x tl.)	1188 x 1998 x 12,5 mm
Hrany desky	napenetrované, kolmo řezané 4SK
Děrování	pravidelné
Podíl děrované plochy	15,5 %
Hmotnost	cca 10 kg/m ² *
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

* Climafit[®] je tloušťky 10 mm a hmotnosti 8 kg/m²

Umístění a velikost perforací [mm]



Činitel zvukové pohltivosti α_p



Výška svěšení [mm]	Minerální izolace [mm]	Činitel zvukové pohltivosti α_p /Hz						α_w	NRC	Třída zvukové pohltivosti ¹⁾
		125	250	500	1000	2000	4000			
30	30*	0,25	0,55	0,75	0,80	0,75	0,75	0,75	0,70	C
50	0	0,15	0,30	0,65	0,85	0,60	0,45	0,55 (M)	0,60	D
50	50**	0,45	0,75	0,75	0,75	0,70	0,75	0,75	0,75	C
200	0	0,40	0,60	0,80	0,60	0,50	0,50	0,60	0,65	C
200	50**	0,55	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,75	0,70	C
400	50**	0,60	0,60	0,70	0,80	0,75	0,75	0,75	0,70	C

¹⁾ podle ČSN EN ISO 11 654; * Isover Akustic SSP 2; ** Isover Akustic SSP 2 nebo MULTIPLAT 35