

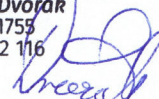
Návrh opatření pro snížení doby dozvuku

REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J. K. TYLA

Tylova 2391, 397 01 Písek

STAVEBNÍ PROJEKCE

Ing. Štěpán Dvořák
IČO: 75531759
Tel.: 725 312 116



Návrh opatření pro snížení doby dozvuku

REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY

ZŠ J. K. TYLA

Tylova 2391, 397 01 Písek

Identifikační údaje

Akce:	REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J. K. TYLA
Místo stavby:	Tylova 2391, 397 01 Písek
Stavebník:	Základní škola Josefa Kajetána Tyla a Mateřská škola Písek, Tylova 2391 IČO 70890889
Objednatel studie:	Základní škola Josefa Kajetána Tyla a Mateřská škola Písek, Tylova 2391 IČO 70890889
Zpracovatel studie:	Ing. Štěpán Dvořák, Horní Ostrovec 26, 398 33 Ostrovec IČO 75531755

Všeobecné údaje

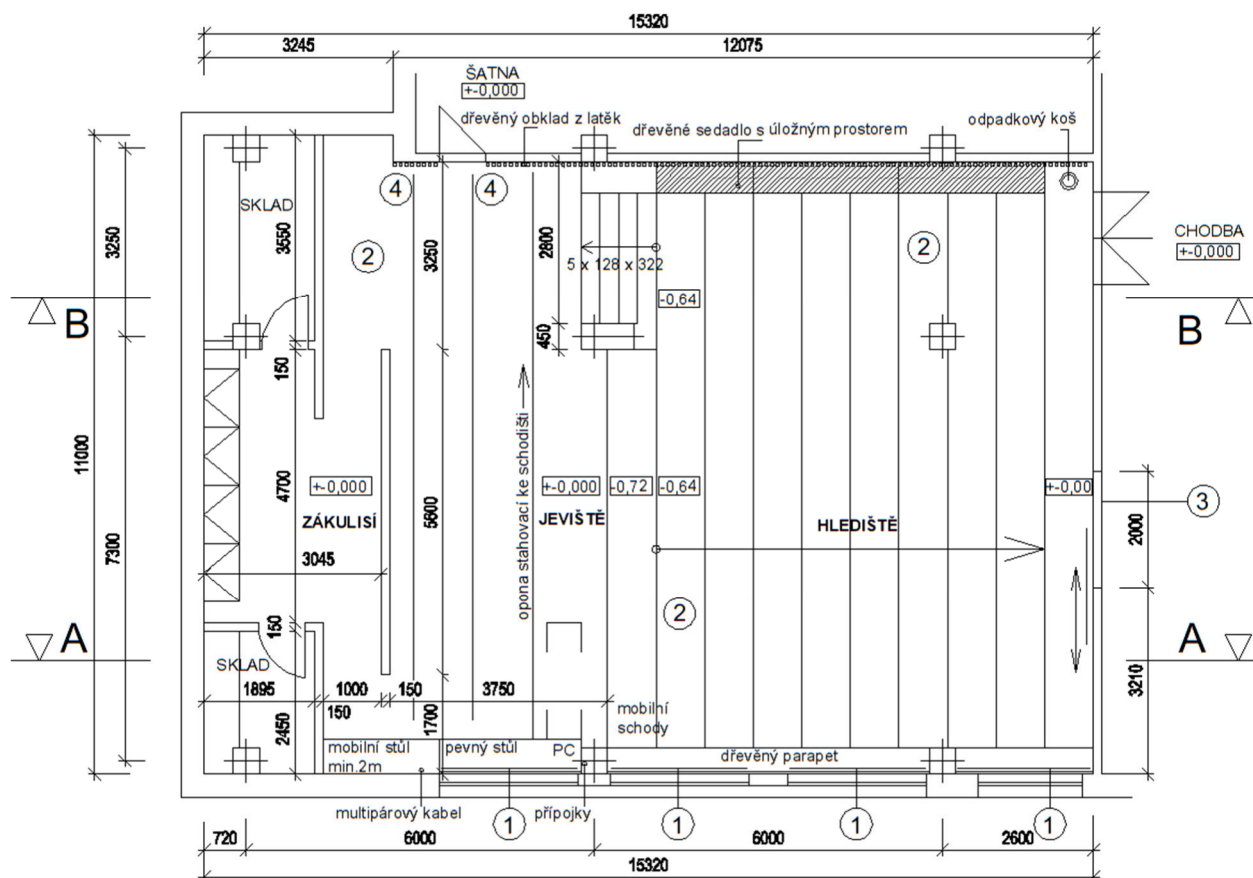
Cílem je posoudit prostředí auly z pohledu doby dozvuku a navrhnout ideální řešení pohltivých materiálů na stěnách a stropěch podle ČSN 73 0527. Návrh opatření se řídí především studií, která byla zpracována architektonickou kanceláří Kontextum (Ing. Jitka Kraftová).

Vstupní údaje a podklady

- [1] architektonická studie (*KONTEXTUM architektonický ateliér*)
- [2] ČSN 73 0527
- [3] STAVEBNÍ FYZIKA 3, Akustika pozemních staveb, ISBN 978-80-01-05674-5
- [4] zadání projektanta (Ing. Jitka Kraftová, Petr Albrecht - PROJKA)
- [5] program T_dozvuku+akust_tlak_v2.06.18
- [6] katalogy a technické listy výrobků
- [7] SOUND ABSORPTION OF SLAT STRUCTURES FOR PRACTICAL APPLICATIONS
(https://users.aalto.fi/~ktlokki/Publs/p62_2018.pdf)

1. Popis místnosti

Aula má obdélníkový půdorys 10,55 x 13,27 m. Výška místnosti je 3,5 m (průměrně). Stávající stav auly byl vyhodnocen jako nevyhovující nejen z pohledu celkového stavu, ale také z pohledu doby dozvuku. Proto byly navrženy stavební úpravy včetně úpravy dispozice a nových povrchů.



Obr. 1 - půdorys učebny – KONTEXTUM architektonický ateliér

Běžným materiálům jsou přiřazeny hodnoty pohltivosti podle známých vlastností materiálů. Některé hodnoty byly upraveny podle způsobu provedení. Hodnoty doby dozvuku bez opatření výrazně překračují požadavky normy na poměr T/T_0 , které by pro daný způsob využití neměly překročit hodnotu 1,2 a bez opatření dosahují hodnoty až 4,2, viz níže.

2. Výpočet a návrh opatření

Doba dozvuku byla určena vztahy podle Eyringa. Protože je dozvuk (i hladina akustického tlaku) frekvenčně závislý, je výpočet proveden v jednotlivých oktávních pásmech od 125 do 4000 Hz. Optimální doba dozvuku T_0 je podle ČSN 73 0527, příloha A1 (3 – činoherní divadlo, zkušebna činohry, posluchárna), stanovena na 0,75 s. Graf přípustného rozmezí doby dozvuku T/T_0 je dán grafem A.4 podle ČSN 73 0527.

2.1. Požadavky na opatření

Doba dozvuku se posuzuje podle poměru doby dozvuku (T_E) a optimální doby dozvuku (T_0). Přesné hodnoty a výpočet je součástí příloh (příloha 2). Níže jsou uvedeny grafy s požadovanými limity (dolní a horní hranice) pro poměr T/T_0 .

Přípustná rozmezí poměru T/T_0 (podle grafu A.4)						
Frekvence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{\text{limit horní}}/T_0$ [-]	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$T_{\text{limit dolní}}/T_0$ [-]	0,65	0,8	0,8	0,8	0,8	0,65

Požadavkem zadavatele je neuvádět konkrétní výrobky. Návrh je proto proveden podle parametrů dostupných/reálných výrobků bez uvedení názvů. Dodržení limitů doby dozvuku ověří ideálně měřením dodavatel. Je možné alternativní řešení materiálů, pokud nebude možné splnit parametry obkladů nebo dobu dozvuku s daným svěšením, ale nemělo by se měnit umístění obkladu. Jakákoliv změna musí být konzultována se stavebníkem a projektantem stavební části. Vzhledem ke specifickému návrhu dřevěného obkladu nelze přesně určit jeho akustické vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou závislé na způsobu provedení, povrchové úpravě a volbě jednotlivých materiálů roštů atd. Zvolené hodnoty byly odvozeny ze zdroje [7].

2.2. Návrh akustického obkladu a pohledu

STROPY - PODHLEDY

Strop je opatřen svěšenými deskami čtvercového a obdélníkového tvaru. Desky C1 jsou formátu 1200/600 (3x) a 2400/600 (10x) a jsou svěšeny 115 mm pod stropem. Desky C2 jsou formátu 1200/1200 (11x), svěšené 315 mm. Desky C2 by měly umožňovat natočení v podélném směru, aby bylo možné optimalizovat směřování odrazu do zadních řad. Desky C1 a C2 jsou ze sádkartonu nebo jiného materiálu bez požadavku na pohltivost. Materiál musí mít nízkou pohltivost ve frekvencích 250 až 4000 Hz.

Panel C3 jsou umístěny nad průchodem, svěšeny jsou o 440 mm a formát panelů je 1800/1200. Tyto panely mají funkci pohlcovačů a jejich požadované parametry jsou uvedeny níže. Panely jsou ze skelné vlny o tloušťce 40 mm s povrchovou úpravou. Při dodržení požadovaných parametrů je možná libovolná materiálová varianta.

Doporučené parametry zvukové pohltivosti α

ZAVĚŠENÉ POHLTIVÉ PANELY – C3						
Frekvence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost α_{C3} [-]	$\geq 0,8$	$\leq 1,9$	$\leq 2,6$	$\leq 3,6$	$\leq 3,7$	$\leq 3,6$

STĚNY - OBKLADY

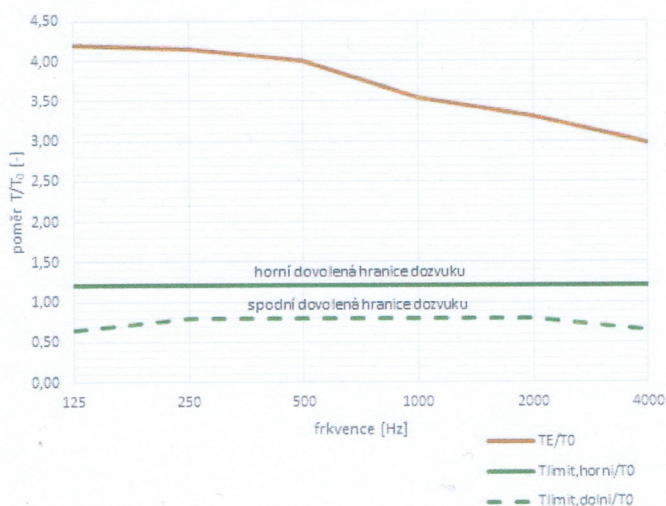
Na boční stěny auly jsou navrženy dřevěné obklady W1 s otevřenou strukturou přibližně 50 %. Bez pohlcovače nebude mít obklad zásadní vliv na dobu dozvuku.

Zadní stěna je navržena v souladu s konceptem návrhu auly s dřevěným obkladem. Obklad je navržen s dutinou tl. 160 mm, která je vyplněná minerální vlnou ($\rho \geq 30 \text{ kg/m}^3$). Cílem je utlumení nízkých frekvencí (125 Hz), proto musí být dutina **minimálně** 160 mm. Protože se jedná o specifickou konstrukci, na jejíž pohltivost má vliv celá řada věcí, nelze přesně stanovit její pohltivost. Podkladem pro odhad pohltivosti je studie SOUND ABSORPTION OF SLAT STRUCTURES FOR PRACTICAL APPLICATIONS [7].

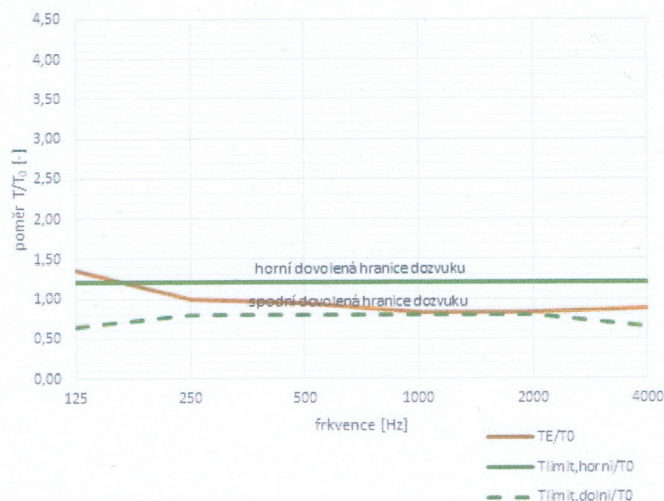
W2 – PŘEDSTĚNA - přesazení 160 mm (160 mm min. vlny)						
Frekvence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost α_{W2} [-]	$\geq 0,8$	1,1	1	0,9	0,8	0,65

Stanovení doby dozvuku

Doba dozvuku byla určena vztahy podle Eyringa. Pohltivosti materiálů byly určeny na základě známých vlastností běžných materiálů a podle podkladů výrobců existujících výrobků, popřípadě interpolací hodnot podle velikosti odsazení. Porovnání stavu bez opatření a s opatřením je vidět níže.



Graf 1 – průběh dozvuku bez opatření



Graf 2 – průběh dozvuku s opatřením

Provedením opatření dojde k zásadnímu snížení doby dozvuku. Vzhledem k použitým prvkům není možné dokonale snížit dobu dozvuku ve 125 Hz. V reálném provozu by v tomto pásmu mohlo mít pozitivní vliv navrhované rozšíření jeviště nebo zavěšené stropní panely, jejichž parametry jsou odhadnuty a interpolovány z vlastností obdobných konstrukcí.

3. Závěr

Na základě požadavků projektanta a příslušných norem bylo navrženo řešení auly z pohledu doby dozvuku. Systém je navržen z dřevěných obkladů (W1) a obkladů s dutinou (W2) a z kazet ze skelné vlny v podhledech. V případě, že systém zvoleného výrobce nebude nabízet materiály splňující hodnoty pohltivosti uvažované ve výpočtu, musí alternativní materiály splňovat požadavky na dobu dozvuku jako celek, viz 2.1 – Požadavky na opatření.

Doporučuje se také ověření návrhu opatření měřením dozvuku po provedení vnitřních povrchů. Proto se také doporučuje zohlednit v rozpočtu případné doplnění opatření dalšími prvky, pokud to bude nutné pro dosažení požadovaných hodnot (například 10 % z ceny navrženého opatření). V tomto smyslu se uvažuje také s případnou korekcí doby dozvuku v pásmu 125 Hz, které v návrhu vychází mírně nad horním limitem.

v Písku 26.8. 2021

STAVEBNÍ PROJEKCE

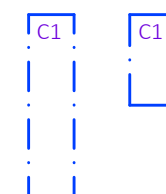
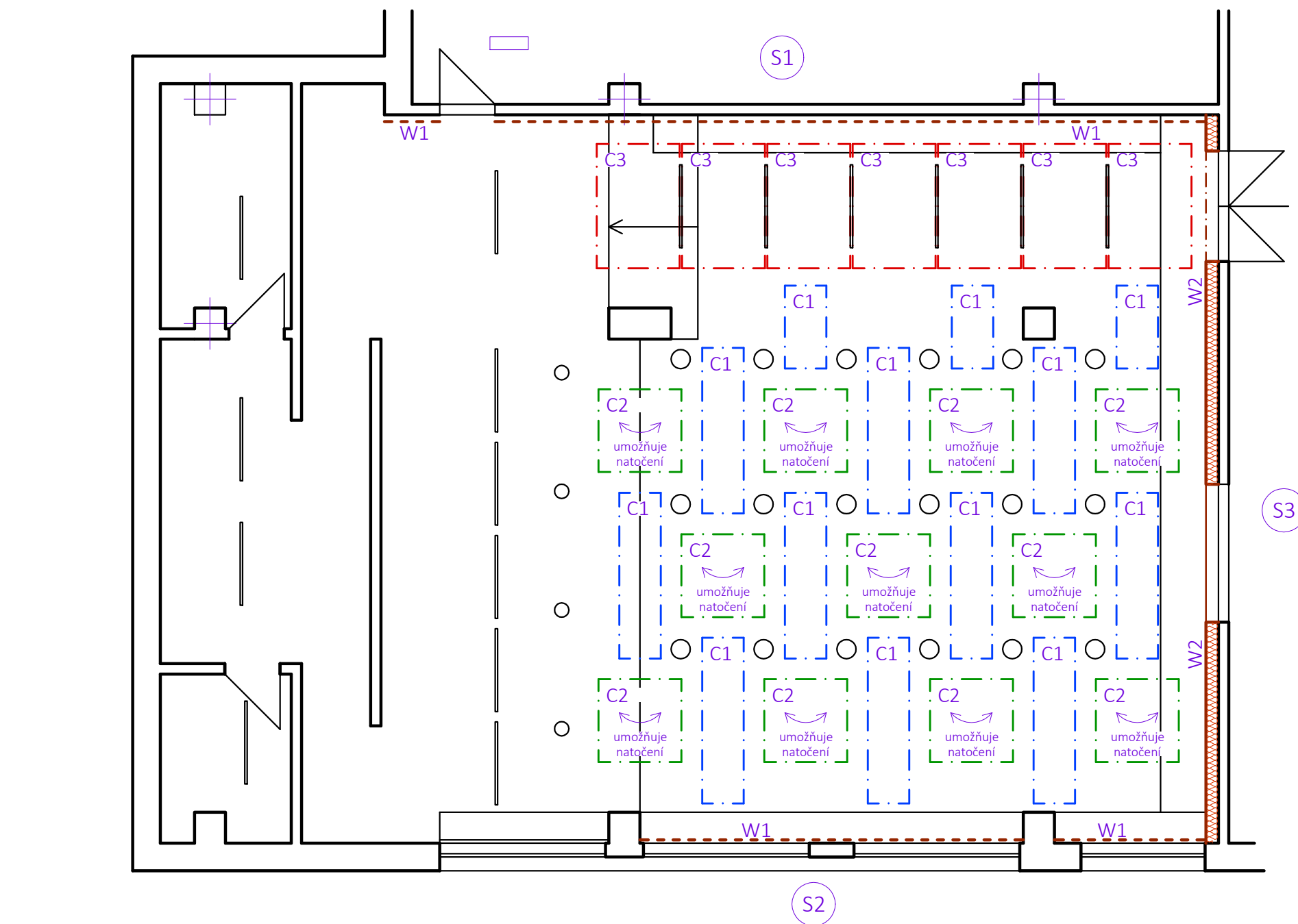
Ing. Štěpán Dvořák
IČO: 75534755
Tel: 725 612 116

PŘÍLOHY

Příloha 1 – PŮDORYS – NÁVRH OPATŘENÍ (A3)

Příloha 2 – POHLEDY NA STĚNY (A3)

Příloha 3 – AULA – POSOUZENÍ DOBY DOZVUKU



SDK deska svěšená 115 mm pod stropem
- bez požadavku na ak. pohltivost
- možné nahradit například laminem



SDK deska svěšená 315 mm pod stropem
- závěs desek musí umožňovat pootočení
v podélném směru pro optimalizaci odrazu
- bez požadavku na ak. pohltivost
- možné nahradit například laminem



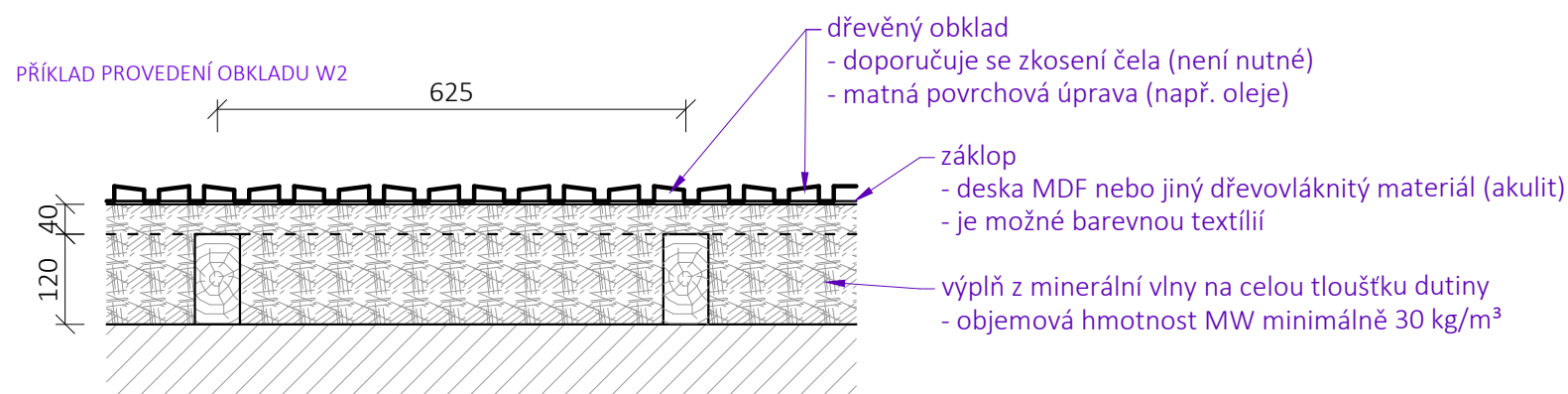
panel ze skelné vlny o tloušťce 40 mm (viz TZ)
svěšené 440 mm pod stropem

pohltivost skutečného výrobku (panel C3) - nesnižovat pohltivost v pásmu 125 Hz -						
frekvence	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost alfa	0,8	1,8	2,6	3,6	3,7	3,6



předsazená konstrukce s dřevěným obkladem

uvažovaná pohltivost - viz zdroj [7]						
frekvence	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost alfa	0,8	1,1	1	0,9	0,8	0,65

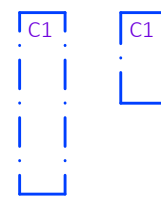
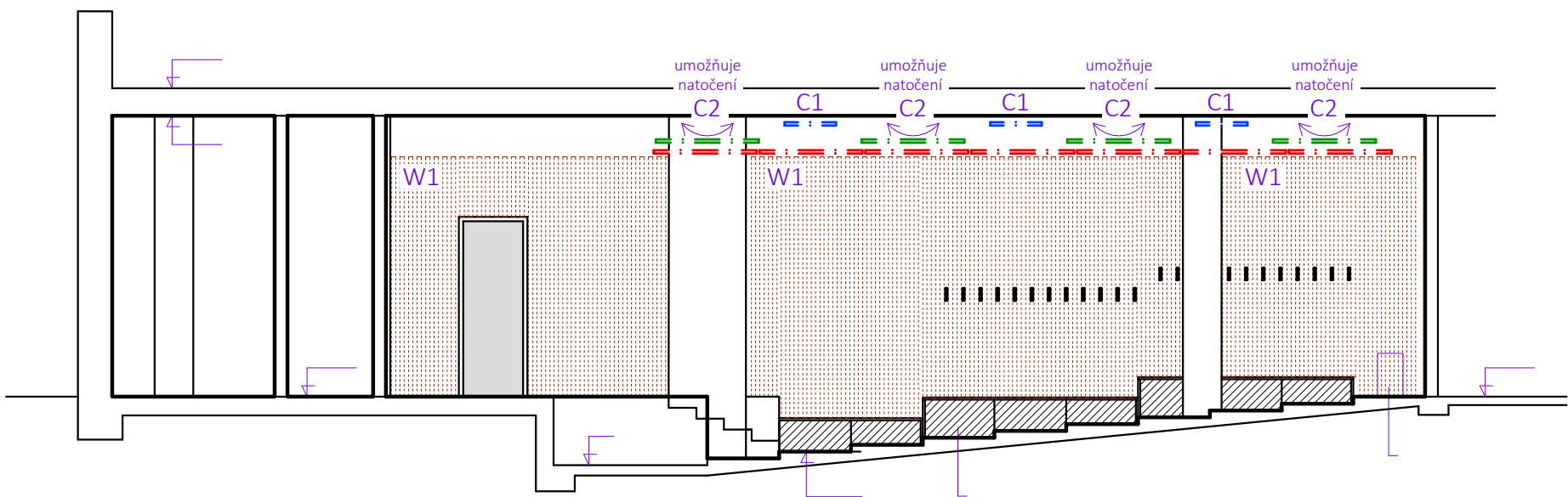


POZNÁMKA :

- Výkresový podklad byl převzat z dokumentace (studie) projektanta - Kontextum, Ing. Jitka Kraftová
REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J.K. TYLA PÍSEK 2021/01

NAVRHL :			Ing. Dvořák Horní Ostrovec 26 398 33 Ostrovec tel: 725 312 116	
Ing. Štěpán DVOŘÁK				
INVESTOR: ZŠ J.K. Tyla a M.Š. Písek, Tylova 2391				
ČÁST:	D.1.1 – Architektonicko–stavební řešení – AKUSTIKA		DATUM	08/2021
STAVBA:	REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J.K. TYLA PÍSEK PŮDORYS – NÁVRH OPATŘENÍ		FORMÁT	A3
			STAD.PROJ.	—
			MĚŘÍTKO	1:50
KOPIE:	příloha příloha 1			

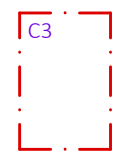
S1 Boční stěna auly



SDK deska svěšená 115 mm pod stropem
- bez požadavku na ak. pohltivost
- možné nahradit například laminem

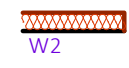


SDK deska svěšená 315 mm pod stropem
- závěs desek musí umožňovat pootočení
v podélném směru pro optimalizaci odrazu
- bez požadavku na ak. pohltivost
- možné nahradit například laminem



panel ze skelné vlny o tloušťce 40 mm (viz TZ)
svěšené 440 mm pod stropem

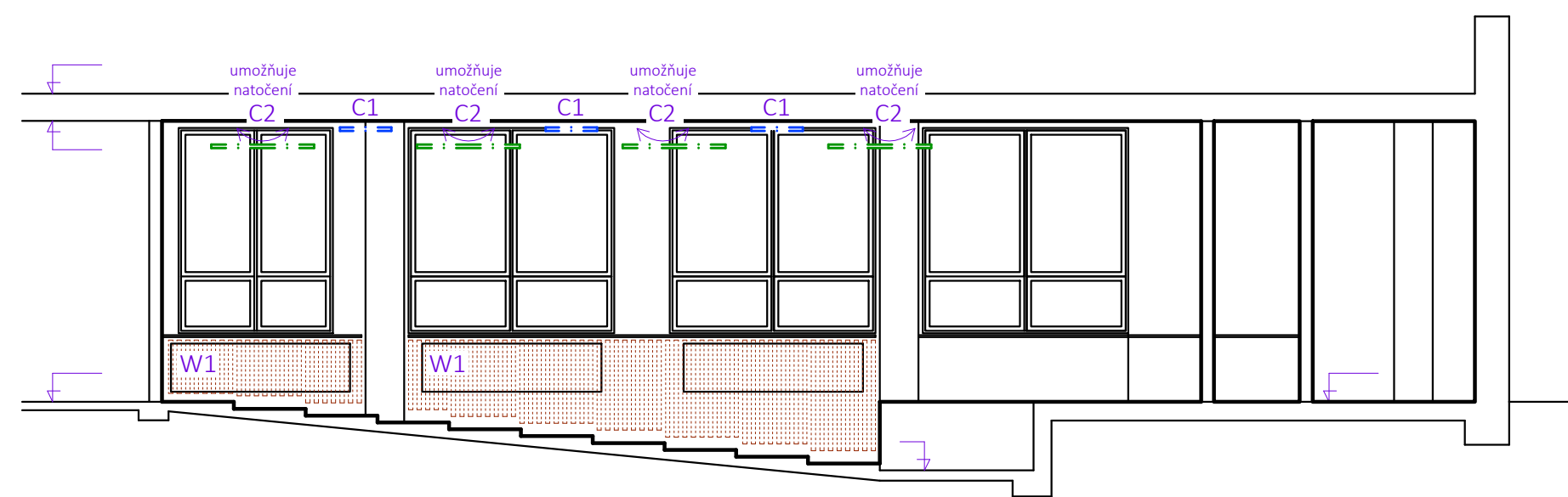
pohltivost skutečného výrobku (panel C3) - nesnižovat pohltivost v pásmu 125 Hz -						
frekvence	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost alfa	0,8	1,8	2,6	3,6	3,7	3,6



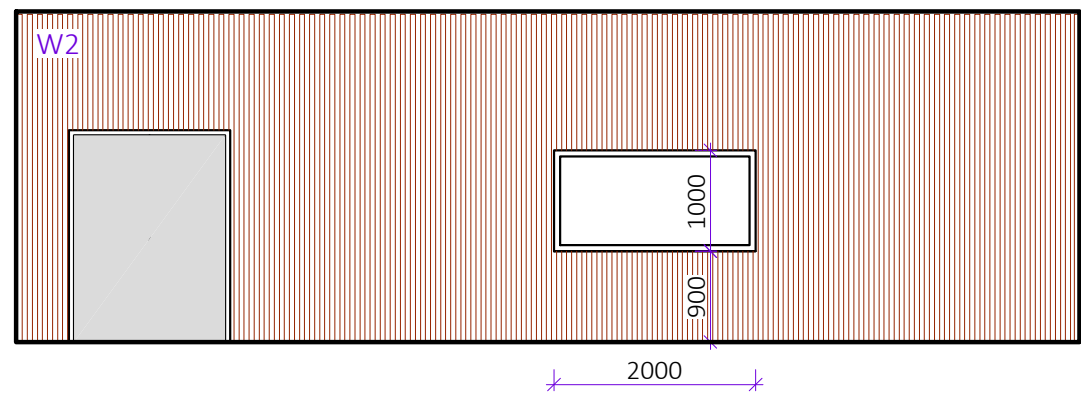
předsazená konstrukce s dřevěným obkladem

uvažovaná pohltivost - viz zdroj [7]						
frekvence	125	250	500	1000	2000	4000
pohltivost alfa	0,8	1,1	1	0,9	0,8	0,65

S2 Boční stěna auly



S3 Zadní stěna auly



POZNÁMKA :
- Výkresový podklad byl převzat z dokumentace (studie) projektanta - Kontextum, Ing. Jitka Kraftová
REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J.K. TYLA PÍSEK 2021/01

NAVRHL :			Ing. Dvořák	
Ing. Štěpán DVOŘÁK			Horní Ostrovec 26 398 33 Ostrovec tel: 725 312 116	
INVESTOR:	ZŠ J.K. Tyla a M.Š. Písek, Tylova 2391		DATUM	08/2021
ČÁST:	D.1.1 – Architektonicko–stavební řešení – AKUSTIKA		FORMÁT	A3
STAVBA:	REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J.K. TYLA PÍSEK		STAD.PROJ.	—
	POHLEDY NA STĚNY		MĚŘÍTKO	1:50
KOPIE:	příloha 2			

DOBA DOZVUKU A HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU

PROJEKT : REKONSTRUKCE INTERIÉRU AULY ZŠ J.K. TYLA PÍSEK
ZN. : AULA - POSOUZENÍ DOBY DOZVUKU

NAVRHL : Ing. Štěpán DVOŘÁK
DNE : 20.08.2021

šířka místnosti $a = 10,55$ m $V_{\text{vybav}} = 1$ m³ posouzení hladiny akust. tlaku
délka místnosti $b = 13,27$ m
výška místnosti $c = 3,5$ m $\psi = 0,00204$ m³ NE
objem místnosti $V = 489$ m³
doba dozvuku $T_{\text{OPT}} = 0,75$ s $A_{\text{obj}} = 1$ m³

povrch	č.m.	materiál	číslo plochy	S _i [m ²]	α _i [-]					
					125	250	500	1000	2000	4000
podlaha	21	linoleum/marmoleum	1	147,00	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,04
	-	-	2		0	0	0	0	0	0
	-	-	3		0	0	0	0	0	0
strop	22	omítka s malbou	4	139,34	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
	26	C1 - SDK desky - svěšení 115 mm	5	16,56	0,2	0,2	0,1	0,1	0,08	0,08
	27	C2 - SDK desky - svěšení 315 mm	6	15,84	0,25	0,2	0,12	0,1	0,1	0,1
	28	C3 - SDK desky - svěšení 440 mm	7	15,20	0,8	1,8	2,6	3,6	3,7	3,6
	-	-	8		0	0	0	0	0	0
stěny	1	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	9	39,32	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
	18	sádrokarton	10	36,00	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
	29	W1 - dřevěný obklad, mat (bez pohlcovače)	11	45,55	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	30	W2 - dřevěný obk. (dutina s pohlc. 160 mm)	12	29,24	0,8	1,1	1	0,9	0,8	0,65
	-	-	13		0	0	0	0	0	0
	-	-	14		0	0	0	0	0	0
otvory	23	okenní otvor zasklený	15	23,60	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,04
	24	dveře dřevěné	16	5,00	0,1	0,11	0,1	0,08	0,08	0,11
	-	-	17		0	0	0	0	0	0
	-	-	18		0	0	0	0	0	0
	-	-	19		0	0	0	0	0	0
	-	-	20		0	0	0	0	0	0
ostatní	A	Sedící osoba A [m2]	kusy	20	0,2	0,25	0,3	0,35	0,35	0,35
	C	Židle s měkkým opěradlem i sedákem A		20	0,09	0,13	0,15	0,15	0,11	0,07
					0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0

$$\Sigma S = 512,65 \text{ m}^2$$

Poznámka:

- obsazenost 50%

prům. č. pohlt. α' 0,142 0,189 0,197 0,223 0,221 0,210
Eyring α_E 0,153 0,209 0,220 0,252 0,250 0,236

relativní vlhkost		činitel útlumu zvuku m [m-1]					
m	60%	0	0	0	0,0012	0,0024	0,0079
T _E		1,02	0,74	0,71	0,62	0,62	0,66
T _{limit,horní} /T ₀		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
T _{limit,dolní} /T ₀		0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65
VYHOVUJÍCÍ		NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

Q = [-]

r = m

graf T/T₀ A.4 podle ČSN 73 0527

strana 1./2

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
M	-	-	-	-	-	-
L _W [dB]						
L _(r) [dB]	-	-	-	-	-	-
K _A [dB]	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1
L _(r) + K _A	-	-	-	-	-	-
L _A [dB]	-					
L _{A,pož} [dB]	0					
POSOUZENÍ	-					

POROVNÁNÍ DOBY DOBY DOZVUKU A LIMITNÍ DOBY DOZVUKU

f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
T_E/T_0	1,35	0,99	0,94	0,82	0,83	0,88
$T_{\text{limit,horni}}/T_0$	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
$T_{\text{limit,dolni}}/T_0$	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65

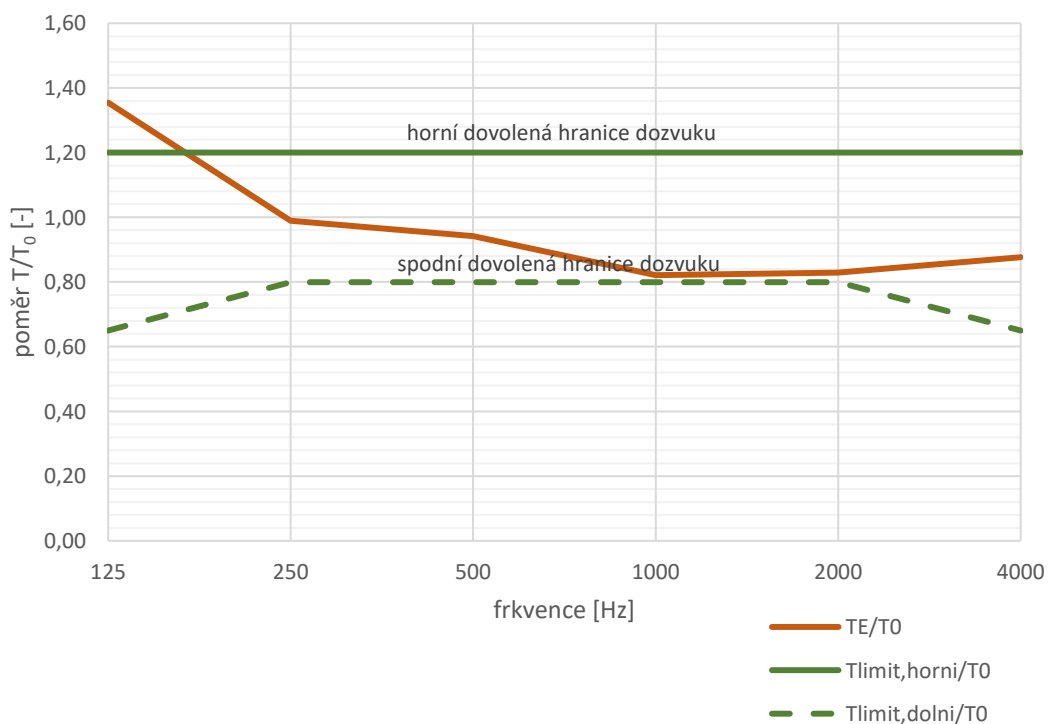


SCHÉMA ŘEŠENÍ

