

Název:

ZŠ Hovorčovická

Zakázkové číslo: 24-06-36
Profese: prostorová akustika
Dokument: technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace: studie
Datum: 09/2024
Revize: 00



Zpracoval: Ing. Dominik Cvetler

Kontroloval: Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9

tel.: +420 773 735 456

e-mail.: cvetler@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.....	4
2.1.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	4
2.2.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	6
2.3.	ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY	7
3.	ZÁVĚR.....	8

Přílohy:

Výpočetní příloha:

P01 – výpočet a graf vypočtené doby dozvuku – učebna 3.14

Tabulková příloha:

P02 – specifikace akustických prvků

Výkresová příloha:

PA.01 – učebna 3.14_Podhled – rozmístění akust. prvků

PA.02 – učebna 3.14_Půdorys – rozmístění akust. prvku

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová a technická dokumentace
- informace předané při jednáních se zástupcem objednatele

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 – srpen 2023
- [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

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Pro akusticky náročné prostory vyžaduje norma ČSN 73 0527, tak i praktické zkušenosti, speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků ČSN 73 0527 je závazné dle vyhlášky č. 160/2024 sbírky zákonů ČR. V případě výukových prostor je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše zmiňovanou normou a dosáhnout co nejlepší srozumitelnosti mluveného slova.

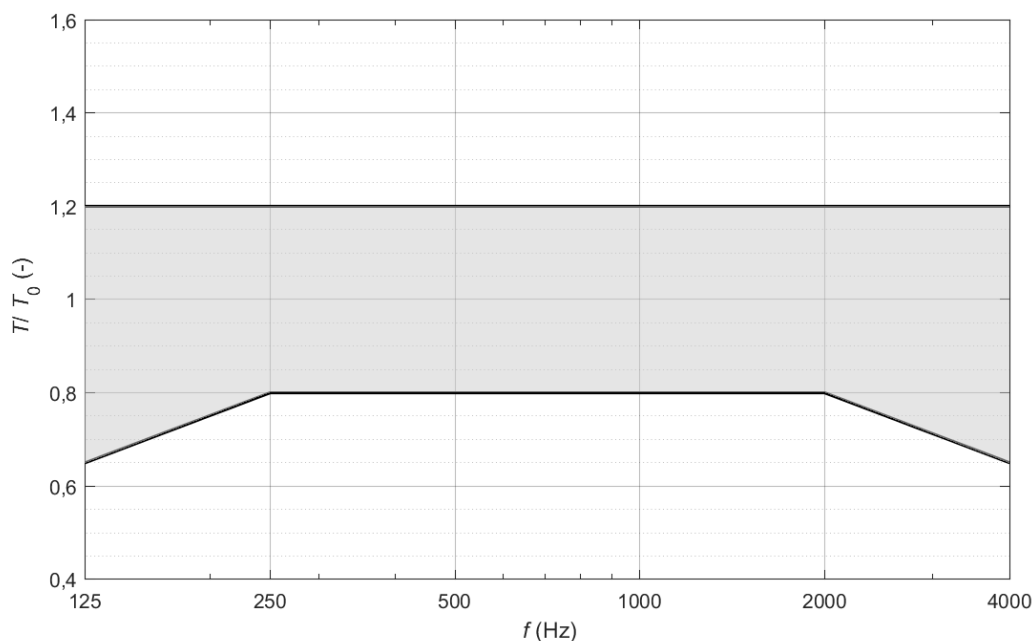
V rámci technické zprávy jsou stanoveny požadavky na dobu dozvuku a provedeny výpočty doby dozvuku pouze pro učebnu 3.14. V rámci nástavby v ZŠ Hovorčovická vzniknou dále učebny 3.13, 3.16 a 3.17. Vzhledem ke skutečnosti, že výše zmíněné učebny jsou téměř totožné (velikost, dispozice, železobetonová konstrukce), lze uvedené výpočty a řešení akustických úprav analogicky aplikovat na všechny nově uvažované učebny.

Učebna 3.14

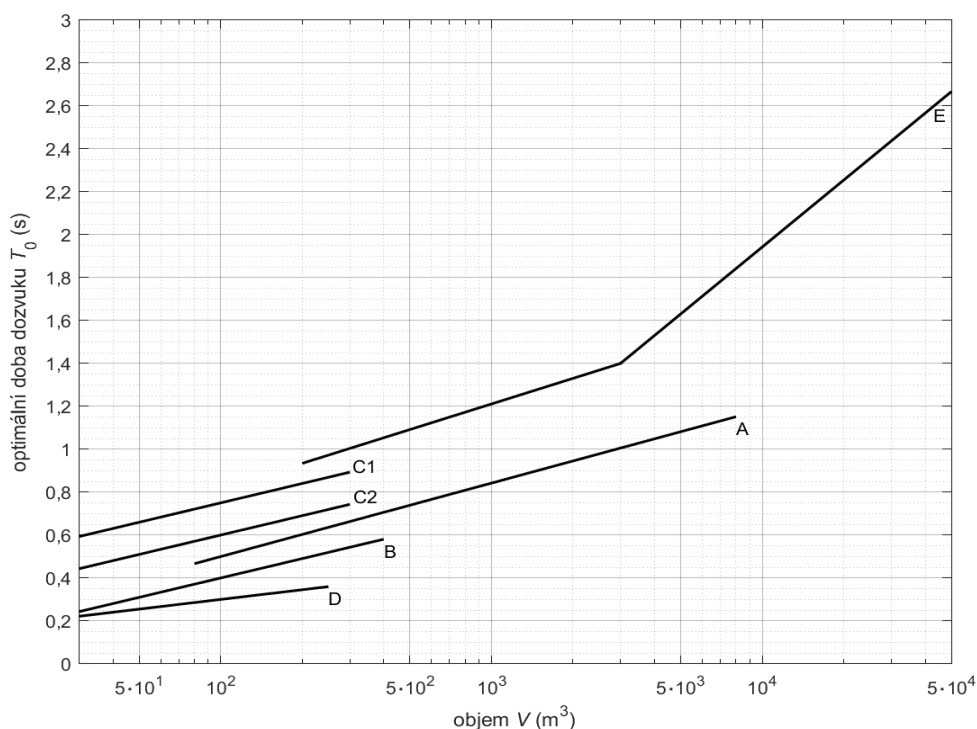
Optimální doba dozvuku T_0 pro učebnu o objemu cca 259 m³ byla stanovena na základě normy ČSN 73 0527 (křivka A) na cca $T_0 = 0,60 - 0,65$ s.

Frekvenční průběh doby dozvuku v učebně by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Jedná se o frekvenční průběh určený pro řeč.

Výše uvedená optimální doba dozvuku a její frekvenční průběh platí i pro učebny 3.13, 3.16 a 3.17.



Obr. 1 – Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma.



Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s)	Toleranční pásmo
Kmenové učebny, Odborné učebny, Učebny pracovní výuky, Seminární místnosti, Posluchárny, Denní místnosti mateřských škol	A	řeč
Hudební učebny	A	hudba a řeč
Jazykové učebny, Speciální učebny se zvýšeným nárokem na srozumitelnost	B	řeč
Multimediální učebny Hudební učebny s reprodukovanou hudbou	B	řeč
Učebny pro elektronické a elektrofonické hudební nástroje	B	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – horní mez	C1	hudba a řeč
Učebny hry na individuální akustické nástroje a učebny zpěvu – dolní mez	C2	hudba a řeč
Učebny hry na bicí nástroje	D	hudba a řeč
Tělocvičny a sportovní haly, Plavecké haly, Učebny gymnastiky a tance, Posilovny, Prostory pro fitness	E	zúžené toleranční pásmo

Obr. 2 – Graf a tabulka pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku v závislosti na objemu – školské prostory a prostory pro vzdělávání

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 125 Hz až 4 kHz. Obsazenost řešených prostor byla uvažována s 80 % kapacitou.

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 (nábytek, přítomné osoby apod.).

Grafy vypočtené doby dozvuku jsou uvedeny ve výpočetní příloze P01.

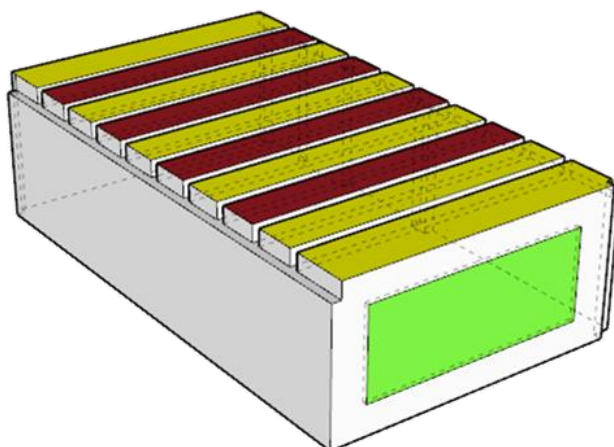
2.3. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Učebna 3.14

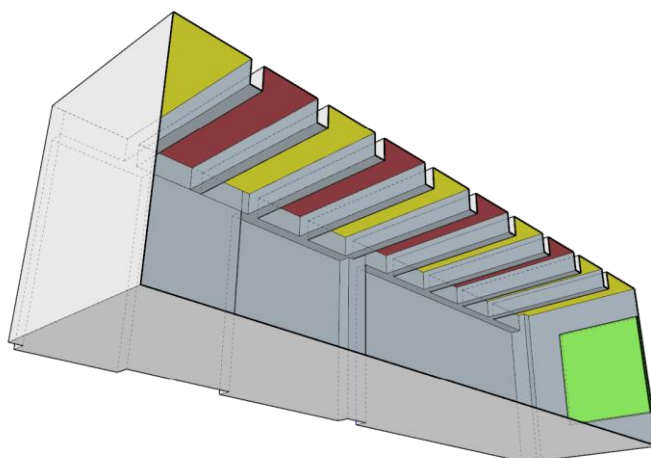
Na Obr. 3 je zjednodušený 3D model místnosti se schematickým rozmístěním akustických prvků. Podrobná specifikace akustických prvků je k nalezení v příloze P02.

Akustické úpravy stropu: Na stropě je uvažována instalace kombinovaného akustického podhledu do prostoru mezi žebra stávající železobetonové konstrukce. Akustický podhled bude instalován pod protipožární podhled. Prvek **AP** je tvořený ze širokopásmově pohltivých akustických panelů na bázi minerální vaty. Součástí prvku **AP** je i absorpční akustická vložka. Dále jsou v prostorech mezi železobetonovými trámy uvažovány nízkofrekvenční rezonátory **TR** pro dosažení optimální doby dozvuku na nízkých kmitočtech. Akustický podhled **AP** a nízkofrekvenční rezonátory **TR** jsou stěžejními prvky pro dosažení optimální doby dozvuku v učebně.

Akustické úpravy stěn: Na zadní stěně učebny je uvažovaný drážkovaný akustický obklad **SAO** o rozměru 2000x5000 mm – zeleně na Obr. 3. Panel bude umístěn horizontálně s dolní hranou ve výšce cca 750 mm nad úrovní podlahy. Tato akusticky pohltivá plocha potlačuje nežádoucí odrazy a zabraňuje vzniku třepotavé ozvěny.



Obr. 3 – Zjednodušený 3D model červeně – **TR**, žlutě – **AP**, zeleně – **SAO**.



Obr. 4 – Pohled na strop a zadní stěnu (axonometrický řez učebnou)

3. ZÁVĚR

Studie řeší prostorovou akustiku pro učebnu 3.14 v ZŠ Hovorčovická v Praze. Pro tento akusticky náročný prostor je stanovena optimální doba dozvuku $T_0 = 0,60 - 0,65$ s a proveden návrh akustických úprav tak, aby byl splněn definovaný požadavek normy ČSN 73 0527. Pro místnost byl proveden podrobný výpočet doby dozvuku. Prostor návrh upravuje tak, aby frekvenční průběh doby dozvuku splňoval toleranční pásmo dle ČSN 73 0527, dále zde byla dosažena dobrá srozumitelnost mluveného slova, snížena celková hladina hluku a byly zde celkově zajištěny vhodné akustické podmínky pro požadované účely. Navržené akustické úpravy jsou platné analogicky i pro třídy 3.13, 3.16 a 3.17.

Po dokončení realizace je nutné provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu.

V případě jakýchkoliv změn v projektu je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem. V průběhu realizace je u všech posuzovaných akusticky náročných prostorů potřeba provést etapové měření doby dozvuku a dále je po dokončení realizace nutné provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu.

VÝPOČET DOBY DOZVUKU

název prostoru **ZŠ Hovorčovická - učebna 3.14**

cílová doba dozvuku	$T_0 =$	0,62	s	základní parametry prostoru:			
toleranční pásmo		řeč					
objem prostoru	$V =$	259,4	m ³				
plocha prostoru	$S =$	329,3	m ²				
				výška	3,1	m	
				délka	11,8	m	
				šířka	6,9	m	
				půdorysná plocha	81,1	m ²	
				obvod	37,3	m	

VÝPOČET							
materiály	činitel zvukové pohltivosti k oktávových pásmech						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							
stávající ŽB konstrukce	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	65,7
TR	0,60	0,45	0,30	0,25	0,20	0,15	24,0
AP	0,60	0,90	0,95	0,85	0,95	0,95	39,7
podlaha							
podlaha - odrazivá	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	57,1
nábytek a osoby	0,20	0,25	0,35	0,45	0,50	0,55	24,0
stěny							
omítka	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	87,9
okna + dveře	0,12	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	20,8
SAO	0,40	0,75	0,85	0,70	0,55	0,45	10,0
celková plocha							329,3

suma ekvivalentní plochy (m ²)	58,6	70,0	71,8	67,9	72,1	78,0
celková ekvivalentní pohltivá plocha v prostoru (m ²)	64,5	78,6	80,8	75,8	80,6	86,3
poměr A/V (m ² /m ³)	0,249	0,303	0,311	0,292	0,311	0,333
toleranční pásmo (s)	dolní mez	0,40	0,49	0,49	0,49	0,40
	horní mez	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
vypočtená doba dozvuku dle řešení (s)	0,66	0,54	0,52	0,56	0,52	0,49

GRAF DOBY DOZVUKU

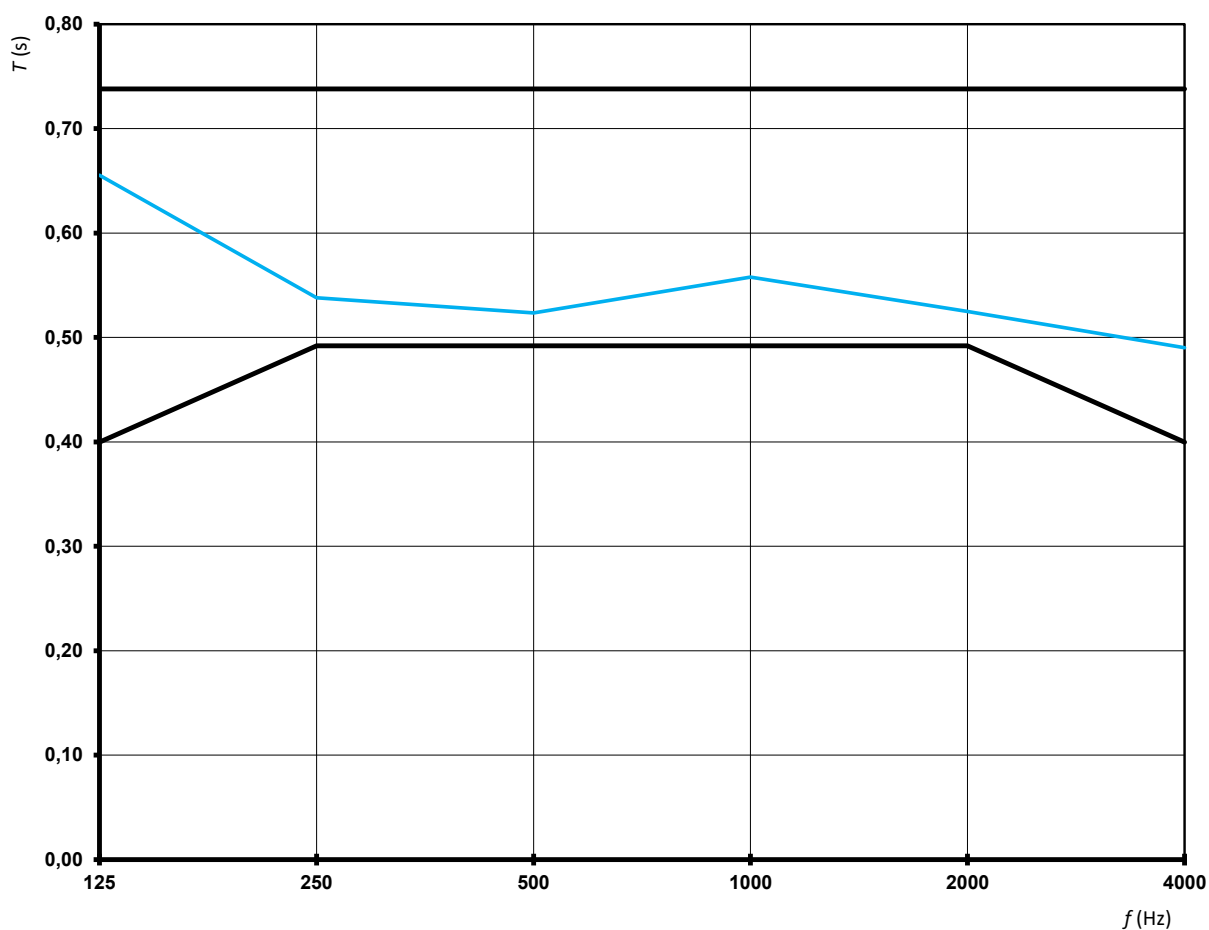
název prostoru: **ZŠ Hovorčovická - učebna 3.14**

objem prostoru $V = 259,4 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 329,3 \text{ m}^2$

frekvence (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000
vypočtená doba dozvuku		0,66	0,54	0,52	0,56	0,52	0,49
toleranční pásmo (s)	dolní mez	0,40	0,49	0,49	0,49	0,49	0,40
	horní mez	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

Graf doby dozvuku



— meze tolerančního pásma dle ČSN 73 0527:2023 pro $T_0 = 0,62 \text{ s}$

— vypočtená doba dozvuku

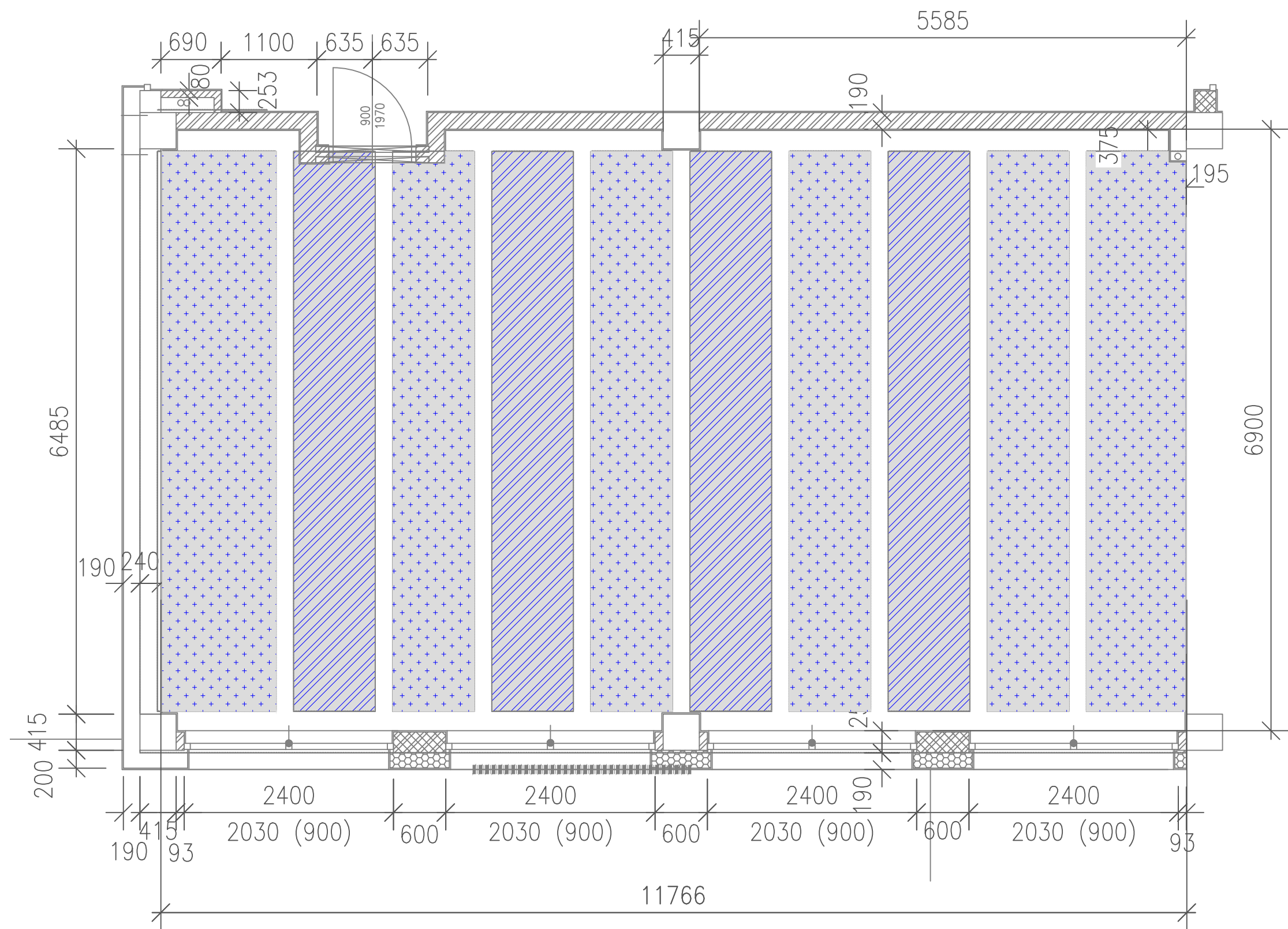
Název akce: ZŠ Hovorčovická - nástavba učeben 3.13, 3.14, 3.16 a 3.17

Dokument: Specifikace prvků prostorové akustiky

Profese: Prostorová akustika



Stupeň dokumentace: studie

Čís. položky	kód položky	Název položky	Počet měr. jednotek	Měrná jednotka	Technické specifikace, technické a uživatelské standardy stavby, podrobný popis položky
Akustické úpravy stropů					
1	TR	Tvárníkový rezonátor	96,2	m ²	jedná se o nízkofrekvenční absorpční akustický prvek s maximem činitele zvukové pohltivosti na nízkých kmitočtech; prvek bude vyroben z materiálu na bázi dřeva o tl. 18 mm o objemové hmotnosti min. 700 kg/m ³ ; rozměry rezonátoru jsou cca 1075x460x200 mm (v dalším stupni PD nutno ověřit rozměry na základě prostoru mezi ŽB žebrování); návrhová rezonanční frekvence je $f_{rez} = 115-125$ Hz; rezonanční štěrbina o šířce 80 mm bude na rubové straně přečalouněna akustickou textilií černé barvy; vnitřní objem nízkofrekvenčního rezonátoru bude zatlumený absorpční vložkou; absorpční vložka bude o tl. 80 mm a objemové hmotnosti 20-25 kg/m ³ balená v akustické polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce ≤ 20 μ m; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; požadovaný činitel zvukové pohltivosti rezonátoru v oktávových pásmech je: 125 Hz - $\alpha \div 0,60$; 250 Hz - $\alpha \div 0,45$; 500 Hz - $\alpha \div 0,30$; 1 kHz - $\alpha \div 0,25$; 2 kHz - $\alpha \div 0,20$; 4 kHz - $\alpha \div 0,20$; kotvení do stropní konstrukce uvažováno pomocí úhelníků; plošná hmotnost je cca 40-45 kg/m ² ; povrchová úprava: HPL dle výběru investora z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: bez zvláštních požadavků
2	AP	Akustický podhled	158,72	m ²	jedná se o širokopásmově pohltivý rastrový podhled s kazetami s jádrem ze skelné vlny o základním formátu 1200x600 mm; přesný rozměr kazety je nutno upravit dle rozteče stávajícího ŽB žebrování; tloušťka podhledové kazety je 15 mm; lícový povrch kazet je tvořen unikátní vrstvou s možností údržby formou denního stírání prachu/vysávání a týdenního čištění za mokra; rubová strana kazet je pokryta skelnou tkaninou; hrany kazet jsou natřeny; jedná se o podhledový systém s viditelným nosným roštem; kazety jsou plně demontovatelné; svěšení akustického podhledu od nosného stropu 200 mm; nad podhledové kazety je dále umístěna přídavná absorpční vložka tloušťky 80 mm formátu 1200x600 mm zabalená v akustické polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce ≤ 20 μ m; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; požadovaný činitel zvukové pohltivosti podhledu při skladebné tloušťce 200 mm v oktávových pásmech je: 125 Hz - $\alpha \div 0,55$; 250 Hz - $\alpha \div 0,85$; 500 Hz - $\alpha \div 0,90$; 1 kHz - $\alpha \div 0,85$; 2 kHz - $\alpha \div 0,9$; 4 kHz - $\alpha \div 0,9$; povrchová úprava kazet v bílé barvě; PBŘ: třída reakce na oheň: A2-s1, d0
Akustické úpravy stěn					
3	SAO	Drážkovaný akustický obklad	40,00	m ²	jedná se o širokopásmově absorpční akustický obklad s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních kmitočtech; prvek je z lícové strany tvořen deskovým materiálem na bázi dřeva o tl. cca 18 mm; deska je kotvena k vyrovnávacímu nosnému rástru; deska je z rubové strany navrtána kruhovými otvory o průměru 8 mm do hloubky 14 mm s roztečí otvorů 16 mm; z lícové strany je deska prořezána lineárními drážkami šířky 3 mm, hloubky 6 mm a osové vzdálenosti 16 mm; rubová strana čelní desky je celoplošně čalouněna průzvučnou textilií černé barvy; dále je na rubovou stranu desek přisazena absorpční vložka o tl. 40 mm a objemové hmotnosti 20-30 kg/m ³ balená v polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce ≤ 20 μ m; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; požadovaný činitel zvukové pohltivosti prvku o skladebné tl. 100 mm v oktávových pásmech je: 125 Hz - $\alpha \div 0,40$; 250 Hz - $\alpha \div 0,75$; 500 Hz - $\alpha \div 0,85$; 1 kHz - $\alpha \div 0,70$; 2 kHz - $\alpha \div 0,55$; 4 kHz - $\alpha \div 0,45$; celková skladebná tloušťka obkladu je cca 100 mm; součástí položky jsou rovněž ukončovací a napojovací prvky, obložky a sokly; povrchová úprava: dle výběru investora z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: bez zvláštních požadavků
Akustická měření a projekční činnost					
4	DD	dílečná dokumentace profese prostorová akustika	1	kpl	dílečná dokumentace profese prostorová akustika; jedná se o dílečné detaily provedení všech akustických prvků; tato bude předložena k odsouhlasení projektantovi akustiky, architektovi, technickému dozoru investora a zástupci investora
5	MDD-E	měření doby dozvuku - etapové	2	ks	jedná se o etapové měření doby dozvuku dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročných prostorů učeben; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků s příslušnými závěry v komplexní vazbě na akustiku prostorů jako celku
6	MDD-Z	měření doby dozvuku - závěrečné	2	ks	jedná se o závěrečné měření doby dozvuku dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročných prostorů učeben; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků



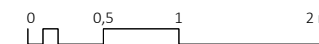
3.14
sv.=3300
81,32m2

Legenda akust. podhledů

-  AP - Akustický podhled - širokopásmový
-  TR - Tvárnicev resonátor

POZNÁMKA:

1. Veškeré kóty jsou pouze orientační, skutečné rozměry je nutno ověřit na stavbě před samotnou realizací. V případě, že budou difference významné, je nutné upozornit na ně architekta projektu.
2. Tato dokumentace neslouží jako výrobní dokumentace. Tu si musí dodavatel části vyhotovit a nechat odsouhlasit zástupcem investora a architektem projektu. Ve výrobní dokumentaci akustického obkladu stěn i stropu bude provedena koordinace s koncovými prvky všech profesí, budou zapracovány zejména pozice záruvek, vypínačů, výdechů VZT apod. a provedeny výřezy pro zabudování těchto prvků do obkladů.



projektant části:

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNICKÁ
DESIGN

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9
T: +420 777 89 19 16 E: hradek@aveton.cz

Zpracoval:

Ing. Dominik Cvetler

zodpovědný projektant:

Ing. Tomáš Hrádek

akce:

24-06-36 ZŠ Hovorčovická

stupeň:

studie

měřítko:

1:50

datum:

09/2024

část:

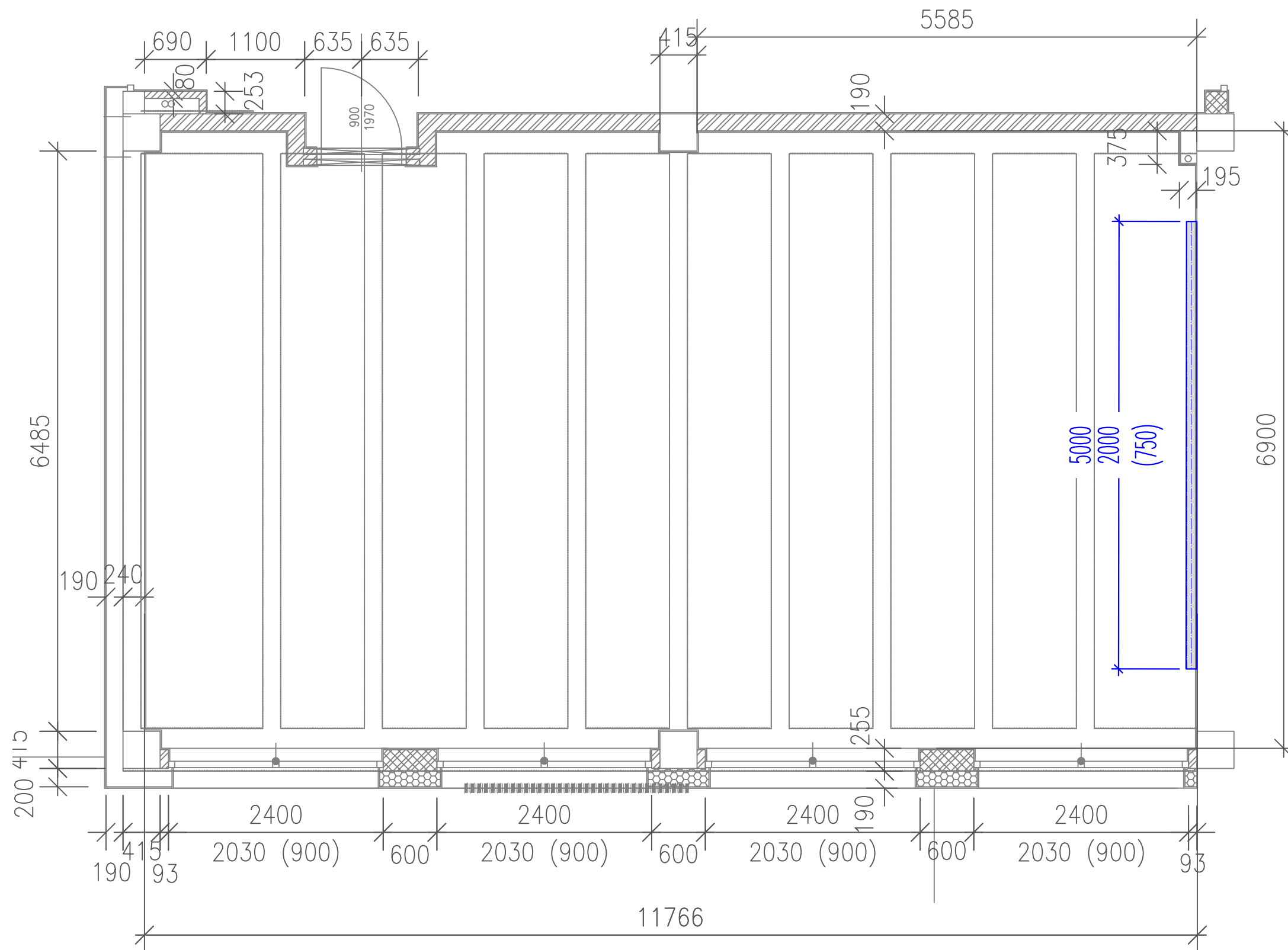
Prostorová akustika

číslo přílohy:

PA.01


název přílohy:

učebna 3.14_Podhled - rozmístění akust. prvků



3.14
sv.=3300
81,32m²

Legenda akust. obkladů

 SAO - Drážkovaný akus. obklad

0 0,5 1 2 m

POZNÁMKA:

1. Veškeré kóty jsou pouze orientační, skutečné rozměry je nutno ověřit na stavbě před samotnou realizací. V případě, že budou difference významné, je nutné upozornit na ně architekta projektu.
2. Tato dokumentace neslouží jako výrobní dokumentace. Tu si musí dodavatel části vyhotovit a nechat odsouhlasit zástupcem investora a architektem projektu. Ve výrobní dokumentaci akustického obkladu stěn i stropu bude provedena koordinace s koncovými prvky všech profesí, budou zapracovány zejména pozice zásuvek, vypínačů, výdechů VZT apod. a provedeny výřezy pro zabudování těchto prvků do obkladů.

projektant části:

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNICKÁ
DESIGN

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9
T: +420 777 89 19 16 E: hradek@aveton.cz

Zpracoval:

Ing. Dominik Cvetler

zodpovědný projektant:

Ing. Tomáš Hrádek

akce:

24-06-36 ZŠ Hovorčovická

stupeň:

studie

měřítko:

1:50

datum:

09/2024

část:

Prostorová akustika

číslo přílohy:

PA.02

název přílohy:

učebna 3.14_Půdorys - rozmístění akust. prvků