

Název:

Zimní stadion Velké Meziříčí

Zakázkové číslo:	26-04-18
Profese:	Prostorová akustika
Dokument:	technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace:	studie
Datum:	červenec 2026
Revize:	00

Prostorová akustika

Zpracovali: Ing. Tomáš Hofer

Kontroloval: Ing. Tomáš Hrádek



AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 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
2.	PROSTOROVÁ AKUSTIKA.....	3
2.1.	POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2.2.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	3
2.3.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	5
2.4.	ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY	6
3.	ZÁVĚR.....	6

Přílohy:

Výpočetní příloha:

VP.01 – Výpočet doby dozvuku – Hala 1NP01

Tabulková příloha:

TAB.01 – Výkaz výměr a specifikace akustických prvků

Výkresová příloha:

PA.01 – Hala 1NP01_Půdorys – rozmístění akust. prvků

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

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

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. 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
- [5] Reichl J., Všeticka M.: Multimediální Encyklopedie Fyziky, <http://fyzika.jreichl.com>

2.2. 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. V případě sportovních hal je hlavním cílem splnit zúžené toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše uvedenými normami a dosáhnout odpovídajících akustických podmínek.

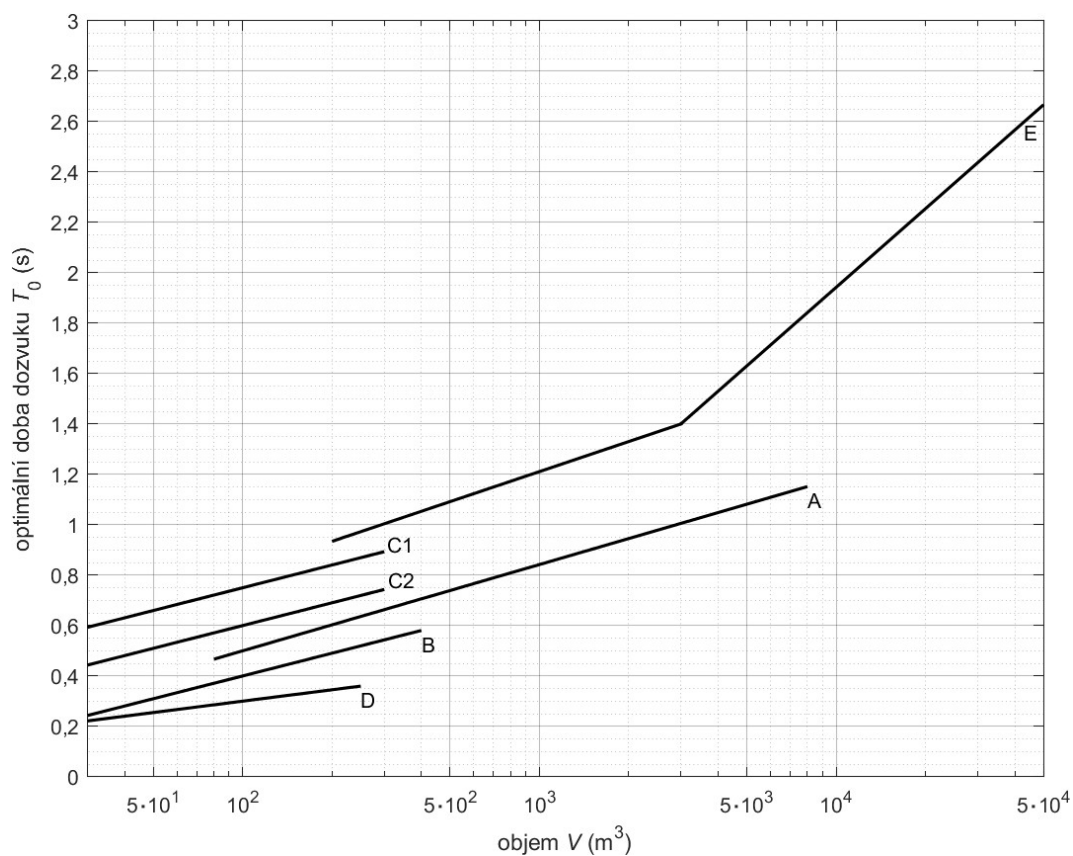
Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit vzniku nežádoucích odrazů zvuku. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny násobné odrazy zvuku mezi rovnoběžnými odrazivými stěnami (tzv. třepotavá ozvěna), fokusované odrazy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

Hala – č. m. 1NP01

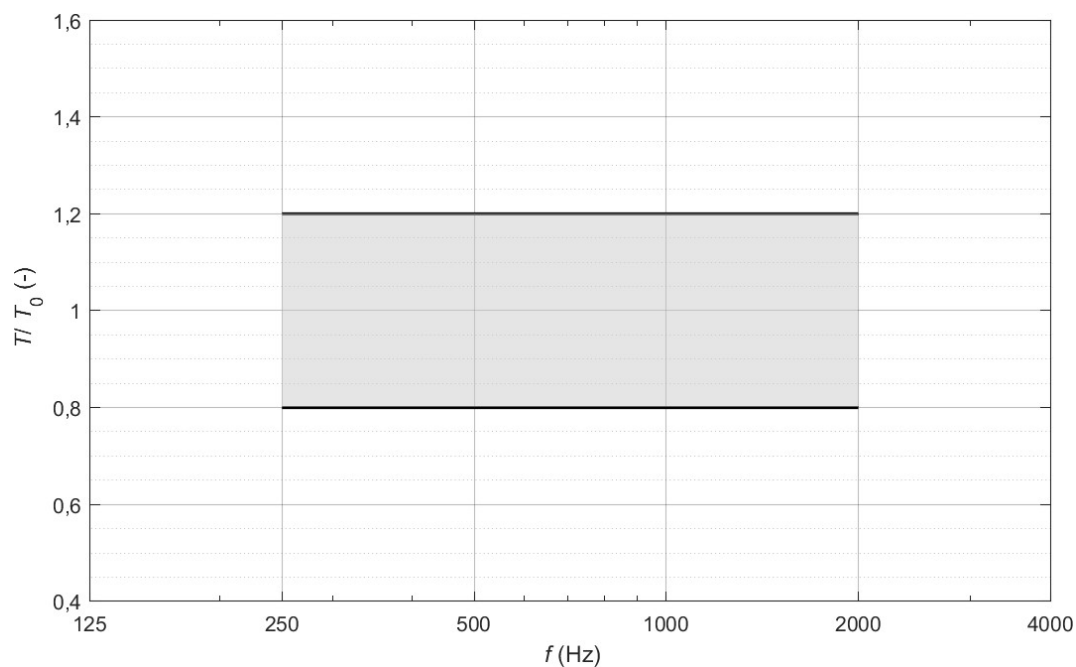
Z technických důvodů není v hale možné umístit na strop žádné akustické prvky a splnit tak cílovou dobu dozvuku vycházející z požadavku normy ČSN 73 0527 pro tělocvičny a sportovní haly, jejíž hodnota je dána závislostí na objemu prostoru dle Obr. 1 a křivky E ($T_0 = 2,20$ s). Objem dané haly je cca 17 742 m³. Stanovená technicky dosažitelná cílová doba dozvuku je tedy delší, než požaduje zmíněná norma a je určena jako rozmezí hodnot $T_0 = 3,60 – 3,70$ s. Doba dozvuku je ve sportovních halách uvažována v neobsazeném stavu.

Frekvenční průběh doby dozvuku ve sportovní hale je hodnocen v rozsahu frekvenčních oktafových pásem od 250 Hz do 2 kHz, a ve zúžených tolerančních mezích určených v závislosti na středním kmitočtu, což je stanoveno dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2.

Pozn.: Ačkoli je dosažitelná doba dozvuku v hale zásadně delší, než stanovuje norma ČSN 73 0527, je proti době dozvuku v hale bez jakýchkoli akustických opatření významně kratší, což představuje výrazné zlepšení akustických podmínek. Teoretická doba dozvuku v hale bez akustických opatření je cca $T_0 =$ cca 8,10 s.



Obr. 1 - Graf pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku v závislosti na objemu – školské prostory a prostory pro vzdělávání



Obr. 2 - Přípustné zúžené toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 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

Tab. 1 – Požadavky na školské prostory a prostory pro vzdělávání

2.3. TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU

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

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

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

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

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

kde $S_i \text{ [m}^2\text{]}$ je dílčí pohltivá plocha
 $\alpha_i \text{ [-]}$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch
 $S \text{ [m}^2\text{]}$ 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. Prostor je uvažován v neobsazeném stavu, tudíž do výpočtu doby dozvuku není započtena pohltivost zvuku osobami.

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, okna, dveře, nábytek, technologie apod.).

Graf vypočtené doby dozvuku je uveden ve výpočetní příloze VP.01.

2.4. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Hala – č. m. 1NP01

Akustický podhled: Na stropě není z technických důvodů uvažována aplikace žádného akustického prvku.

Akustické obklady stěn: V prostoru haly jsou instalovány dva akustické prvky stejného vzhledu. Prvním z nich jsou stěnové panely tvořené perforovaným akustickým obkladem – širokopásmovým 1, značeným **PAO-S1**, s maximem pohltivosti ve středních frekvenčních pásmech. Druhým jsou světlotlavy tvořené perforovaným akustickým obkladem – širokopásmovým 2, značeným **PAO-S2**, s maximem pohltivosti ve středních vyšších frekvenčních pásmech. Oba uvedené prvky pomáhají zkrátit dobu dozvuku pro všechna normou předepsaná frekvenční pásma a zejména pak zabraňují vzniku nežádoucích jevů, jako je např. třepotavá ozvěna mezi stěnami, nebo mnohačetný odraz od některé ze stěn.

Přesná výměra jednotlivých prvků a detaily jsou dány přílohou TAB.01. Konkrétní rozmístění prvků je dáno výkresovou přílohou PA.01.

3. ZÁVĚR

Studie prostorové akustiky pro prostor Zimního stadionu Velké Meziříčí stanovuje akustické úpravy pro dosažení užitelsky vhodných akustických podmínek. Technické možnosti haly nedovolují splnění požadavků normy ČSN 73 0527. Pro akusticky náročný prostor haly je tedy stanovena výrazně delší, ale technicky dosažitelná doba dozvuku a proveden návrh akustických úprav včetně výpočtu doby dozvuku tak, aby byl definovaný požadavek splněn.

Po dokončení realizace je nutné provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu. Výše uvedená akustická zkouška je nutná 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 **Zimní stadion Velké Meziříčí - Hala 1NP01**

cílová doba dozvuku	$T_0 = 3,60 - 3,70 \text{ s}$	základní parametry prostoru:			
toleranční pásmo	zúžené	střední výška	7,3	m	
		délka	66,2	m	
		šířka	38,0	m	
objem prostoru	$V = 17742,2 \text{ m}^3$	půdorysná plocha	2436,5	m^2	
plocha prostoru	$S = 6471,0 \text{ m}^2$	obvod	202,8	m	

VÝPOČET							
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							
trapézový plech	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	2483,2
podlaha							
podlaha - odrazivá	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	573,9
ledová plocha	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	1504,0
tribuny na stání	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	358,6
stěny							
omítka	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	1082,5
okna + dveře	0,12	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	127,4
PAO-S1, celk. tl. 150 mm	0,35	0,65	0,90	0,90	0,90	0,90	198,7
PAO-S2, celk. tl. 40 mm	0,15	0,40	0,60	0,75	0,80	0,70	142,7
celková plocha							6471,0

toleranční pásmo (s)	dolní mez	#####	2,92	2,92	2,92	2,92	#####
	horní mez	#####	4,38	4,38	4,38	4,38	#####
vypočtená doba dozvuku dle řešení (s)		4,81	4,21	3,60	3,38	2,96	2,01

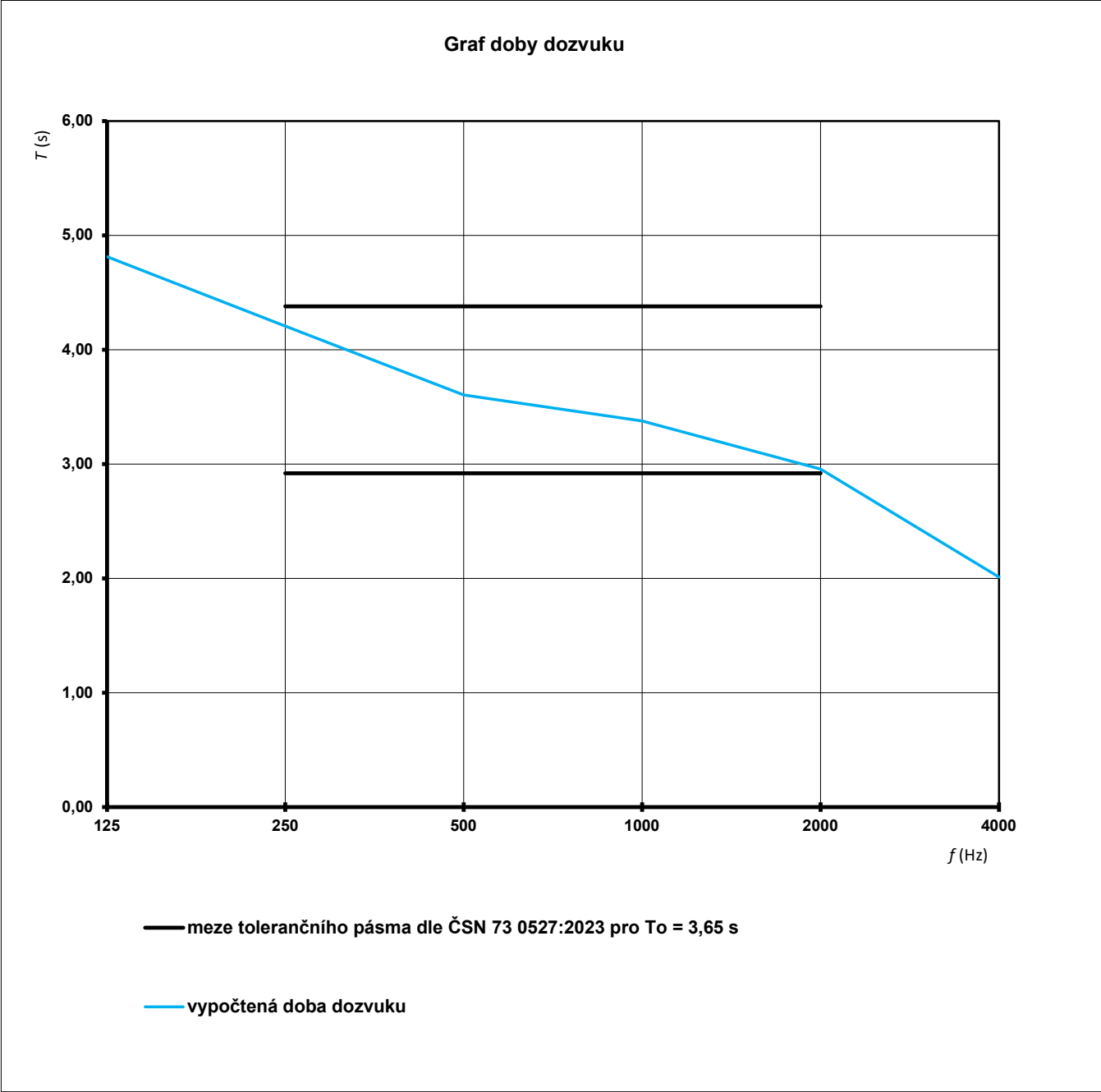
GRAF DOBY DOZVUKU

název prostoru: Zimní stadion Velké Meziříčí - Hala 1NP01

objem prostoru V = 17742,2 m³

plocha prostoru S = 6471,0 m²

frekvence (Hz)		125	250	500	1000	2000	4000
vypočtená doba dozvuku		4,81	4,21	3,60	3,38	2,96	2,01
toleranční pásmo (s)	dolní mez	#####	2,92	2,92	2,92	2,92	#####
	horní mez	#####	4,38	4,38	4,38	4,38	#####



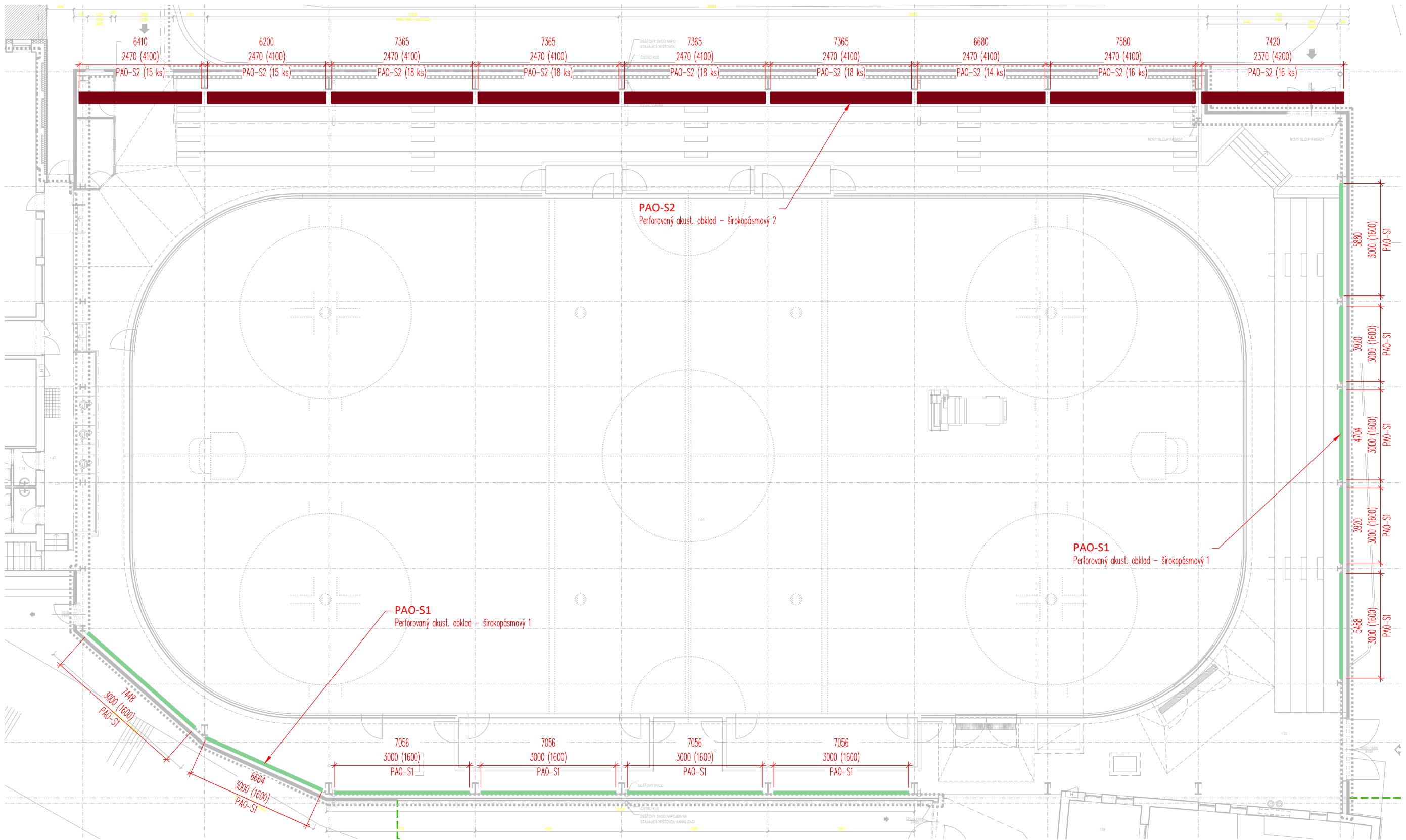
Název akce: Zimní stadion Velké Meziříčí

Dokument: Výkaz výměr a Specifikace prvků prostorové akustiky

Profese: Prostorová akustika

Stupeň dokumentace: studie

Čís. pol.	kód položky	Název položky	Počet měr. jednotek	Měrná jednotka	Jednotková cena v Kč	Celková cena v Kč	Technické specifikace, technické a uživatelské standardy stavby, podrobný popis položky
Akustické úpravy stěn							
1	PAO-S1	perforovaný akustický obklad širokopásmový 1, D+M	198,7	m ²	0 Kč	0,-	jedná se o mechanicky odolný širokopásmově absorpční akustický obklad s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních kmitočtech; panel je sendvičové konstrukce; panel je tvořen pozinkovaným plechem tl. 1 mm s vysokou odolností proti mechanickým nárazům a s možností údržby formou vysávání, příp. čištění za mokra; základní rozměry panelu jsou 392×3000×80 mm; čelní deska je perforovaná kruhovými otvory, podíl perforace cca 33 %; vnitřní prostor panelu je vyplněn minerální absorpční vložkou o tl. 80 mm balenou v ochranné textilií černé barvy; rám panelu je tvořen U profilem; panel je umístěn na otevřené podkonstrukci tl. cca 70 mm zajišťující proudění vzduchu v dutině za obkladem; nosná podkonstrukce je ocelová, ošetřená žárovým zinkováním; celková skladebná tloušťka obkladu je cca 150 mm; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 250 Hz - $\alpha \approx 0,65$; 500 Hz - $\alpha \approx 0,90$; 1 kHz - $\alpha \approx 0,90$; 2 kHz - $\alpha \approx 0,90$; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň A; požadavkem provedení obkladu je odolnost proti korozi v atmosféře se stupněm agresivity kategorie C3 dle EN ISO 12944
2	PAO-S2	perforovaný akustický obklad širokopásmový 2, D+M	142,7	m ²	0 Kč	0,-	jedná se o mechanicky odolný širokopásmově absorpční akustický obklad s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních vyšších kmitočtech; panel je sendvičové konstrukce; panel je tvořen pozinkovaným plechem tl. 1 mm s vysokou odolností proti mechanickým nárazům a s možností údržby formou vysávání, příp. čištění za mokra; základní rozměry panelu jsou 392×2470×40 mm, resp. 392×2370×40 mm; čelní i zadní deska je perforovaná kruhovými otvory, podíl perforace cca 33 %; vnitřní prostor panelu je vyplněn minerální absorpční vložkou o tl. 40 mm balenou v ochranné textilií černé barvy; rám panelu je tvořen U profilem; montáž pomocí skrytých kotevních prvků; celková skladebná tloušťka obkladu je cca 40 mm; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 250 Hz - $\alpha \approx 0,40$; 500 Hz - $\alpha \approx 0,60$; 1 kHz - $\alpha \approx 0,75$; 2 kHz - $\alpha \approx 0,80$; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň A; požadavkem provedení obkladu je odolnost proti korozi v atmosféře se stupněm agresivity kategorie C3 dle EN ISO 12944
Akustická měření a projekční činnost							
3	DD	díleňská dokumentace	1	kpl	0 Kč	0,-	díleňská dokumentace profese prostorová akustika; jedná se zejména o díleňské detaily provedení atypických akustických prvků; tato bude předložena k odsouhlasení generálnímu projektantovi, projektantovi akustiky a zástupci investora
4	MDD-Z	měření doby dozvuku - závěrečné	1	ks	0 Kč	0,-	jedná se o závěrečné měření doby dozvuku dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročného prostoru haly zimního stadionu s definovanými požadavky na cílovou dobu dozvuku; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků
celková cena bez DPH						0,-	



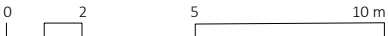
POZNÁMKA:

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 zásovek, vypínačů, výdechů VZT apod. a provedeny výřezy pro zabudování těchto prvků do obkladů.

Legenda akust. obkladů

PAO-S1 - Perforovaný akust. obklad - širokopásmový 1

PAO-S2 - Perforovaný akust. obklad - širokopásmový 2



projektant části:

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNICKÁ
DESIGN

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9
T: +420 731 46 34 03 E: hradek@aveton.cz

Zpracoval:

zodpovědný projektant:

Ing. Tomáš Hofer

Ing. Tomáš Hrádek

akce:

stupeň:

měřítko:

datum:

26-04-18_Zimní stadion Velké Meziříčí

Studie

1:200

07/2026

část:

číslo přílohy:

název přílohy:

Prostorová akustika

PA.01

Hala 1NP01_Půdorys - rozmístění akust. prvků