

Akustická studie

TĚLOCVIČNA ŽS TGM PODĚBRADY

Řešení prostorové akustiky

Objednatel: **LAPLAN a.s.; Cejl 504/38; 602 00 Brno**

Číslo zakázky: **24 164**

Počet stran: **12**

Zhotovitel:



AKUSTING, spol. s r. o., Cejl 76, 602 00 BRNO
tel.+ fax +420 545 210 297

Vypracovala: **Ing. Hana Vojířová**

Ing. Hana Vojířová

AKUSTING
spol. s r.o.
Cejl 76, 602 00 Brno
DIČ.: CZ 276 79 748

Kontrolovala: **Petra Bílá**

Petra Bílá

Datum: **26. května 2024**

Veškerá práva k využití si vyhrazuje AKUSTING společně se zadavatelem. Výsledky obsažené v dokumentaci jsou duševním vlastnictvím firmy AKUSTING. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

DIČ: **CZ 27679748**
IČO: **27679748**

e-mail: **akusting@akusting.cz**
http: **www.akusting.cz**

1 Úvod

Tato zpráva obsahující modelaci prostorů, výpočty a vyhodnocení s ohledem na platnou legislativu hodnotí poslechové podmínky ve vnitřních prostorech nové tělocvičny, která bude vybudována v areálu ZŠ T. G. Masaryka v Poděbradech. Zakázka je vedena pod číslem 24 164.

Pro posouzení jsou použity příslušné normy ČSN a odborná literatura.

2 Použité podklady a předpisy

- 1 Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ze dne 4. října 2005 ve znění pozdějších předpisů.
- 2 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 3 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely.; srpen 2023.
- 4 Katalog akustických prvků; HRÁDEK, Tomáš, Jan TUČEK a Martin VONDRÁŠEK. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2011, 147 s. ISBN 978-80-7331-316-6.
- 5 Master Handbook of Acoustics, Sixth Edition; F.Alton Everest, Ken C. Pohlmann; McGraw-Hill Education; 2015. ISBN 978-0-07-184104-7.
- 6 Výstavba školských zařízení - Akustické řešení školních staveb; Ministerstvo školství ČSR; duben 1972.
- 7 Část projektové dokumentace stavby; LAPLAN a.s.; květen 2024.

3 Seznam použitých zkratk a symbolů

f	(Hz)	-	frekvence
T	(s)	-	doba dozvuku
T_{20}	(s)	-	doba dozvuku určená z poklesu mezi v rozmezí 5 až 25 dB
T_o	(s)	-	optimální doba dozvuku pro dané využití a objem místnosti
$T_N; T_U$	(s)	-	doba dozvuku neupraveného prostoru, doba dozvuku upraveného prostoru
V	(m ³)	-	objem místnosti
c	(m.s ⁻¹)	-	rychlost šíření zvuku ve vzduchu
α_w	(-)	-	vážený činitel zvukové pohltivosti
α	(-)	-	činitel zvukové pohltivosti
$\alpha_{stř}$	(-)	-	střední činitel zvukové pohltivosti
$\alpha_{125-4kHz}$	(-)	-	frekvenční průběh zvukové pohltivosti v oktávách
NRC	(-)	-	střední hodnota činitele pohltivosti $NRC=(\alpha_{n,250}+ \alpha_{n,500}+ \alpha_{n,1000}+ \alpha_{n,2000})/4$
A	(m ²)	-	celková ekvivalentní pohltivá plocha prostoru
no.		-	neobsazený prostor
ob.		-	obsazený prostor
CTD		-	cementotřísková

4 Legislativa

Vyhláška č. 410/2005 Sb. stanovuje, že v zařízeních pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální dobu dozvuku. Touto normou je ČSN 73 0527.

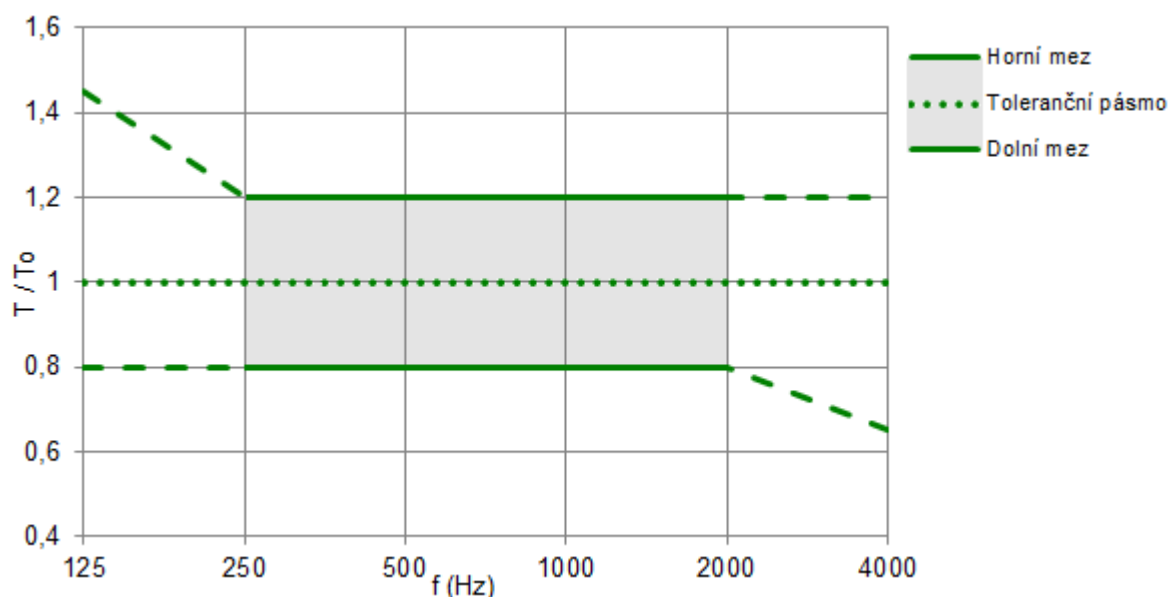
Normy ČSN 73 0527 a ČSN 73 0525 uvádí zásady pro projektování a realizaci uzavřených prostorů pro kulturní účely, prostorů ve školách a prostorů pro veřejné účely. Platí pro nově zřizované, rekonstruované nebo adaptované prostory, v nichž kvalita poslechových podmínek či akustická pohoda hraje významnou roli. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, odpovídající danému účelu prostoru.

Pro uzavřené prostory s nároky na akustiku prostředí pro kulturní účely, prostory ve školách a prostory pro veřejné účely stanovují normy pro daný objem místnosti V (m^3) a s ohledem na využití místnosti optimální dobu dozvuku T_o (s) a přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_o v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma. Pro tělocvičny a sportovní haly se doba dozvuku vypočte pro oktávová pásma od 250 Hz do 2000 Hz. Odpovídající toleranční pásmo je určeno převažujícím typem signálu v posuzované místnosti. Důležité je, aby byla doba dozvuku ve frekvenčním spektru vyrovnaná. Tělocvičny jsou jedním z prostorů, kde akustické úpravy slouží především ke snížení hluchosti. Případné přetlumení tak u tohoto typu prostorů není problematické, protože dosažení nižšího dozvuku vede ve většině případů k dosažení tiššího prostředí. Tělocvičny a sportovní haly se hodnotí v neobsazeném stavu.

S28 Cvičební sál	$V = 360 \text{ m}^3$	$\rightarrow T_o = 1,00 \text{ s}$
105 Tělocvična	$V = 4.550 \text{ m}^3$	$\rightarrow T_o = 1,58 \text{ s}$
311 Víceúčelový sál	$V = 775 \text{ m}^3$	$\rightarrow T_o = 1,15 \text{ s}$

Přípustná toleranční pásma pro odchylky doby dozvuku od optimální hodnoty (T/T_o) jsou uvedena v grafu 4.1.

Graf 4.1: Přípustné zúžené rozmezí poměru dob dozvuku T/T_o pro sportovní haly v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma



5 Návrh a posouzení akustického řešení

Pro optimální poslechové podmínky posuzujeme následující akustické úpravy, podložené akustickými výpočty v prostředí programu Odeon. Doba dozvuku v akusticky neupravených prostorech neleží v tolerančním pásmu a je třeba doplnit akustické úpravy, které sníží dobu dozvuku v celém spektru.

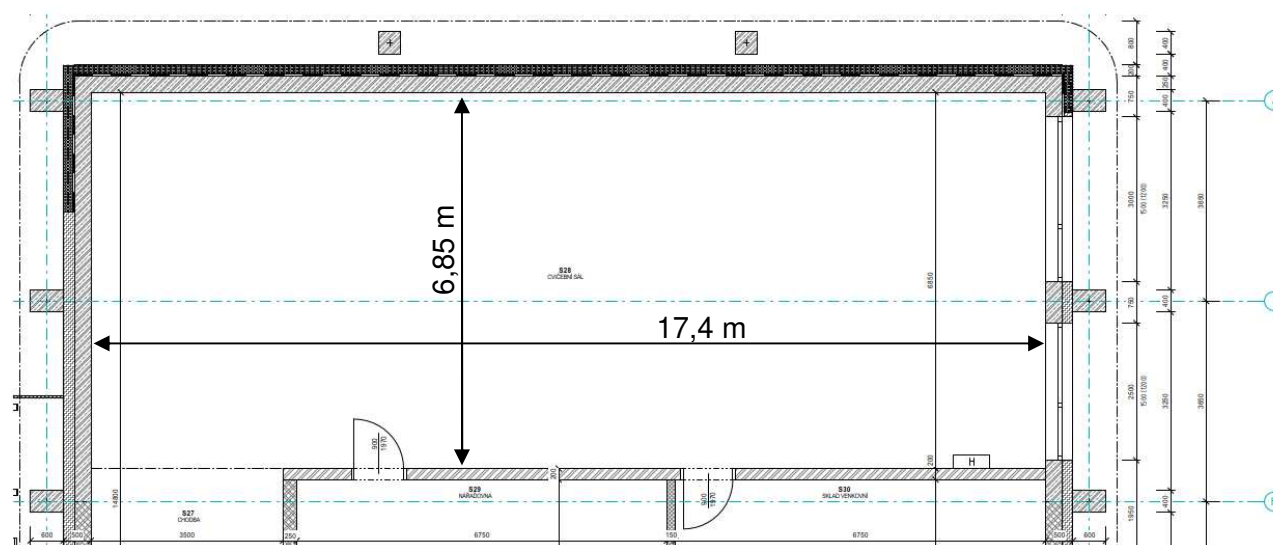
5.1 S28 Cvičební sál

$$V = 360 \text{ m}^3$$

$$T_o = 1,00 \text{ s}$$

Cvičební sál má obdélníkový půdorys. Velkou část jedné z kratších bočních stěn tvoří plochy oken. Na strop bude instalován širokopásmový plošný podhled z desek na bázi minerální vaty s odolností proti nárazu (např. Ecophon Super G plus) se svěšením minimálně 200 mm. Neuvažuje se s instalací obkladů stěn.

Obr. 5.1: Půdorys cvičebního sálu

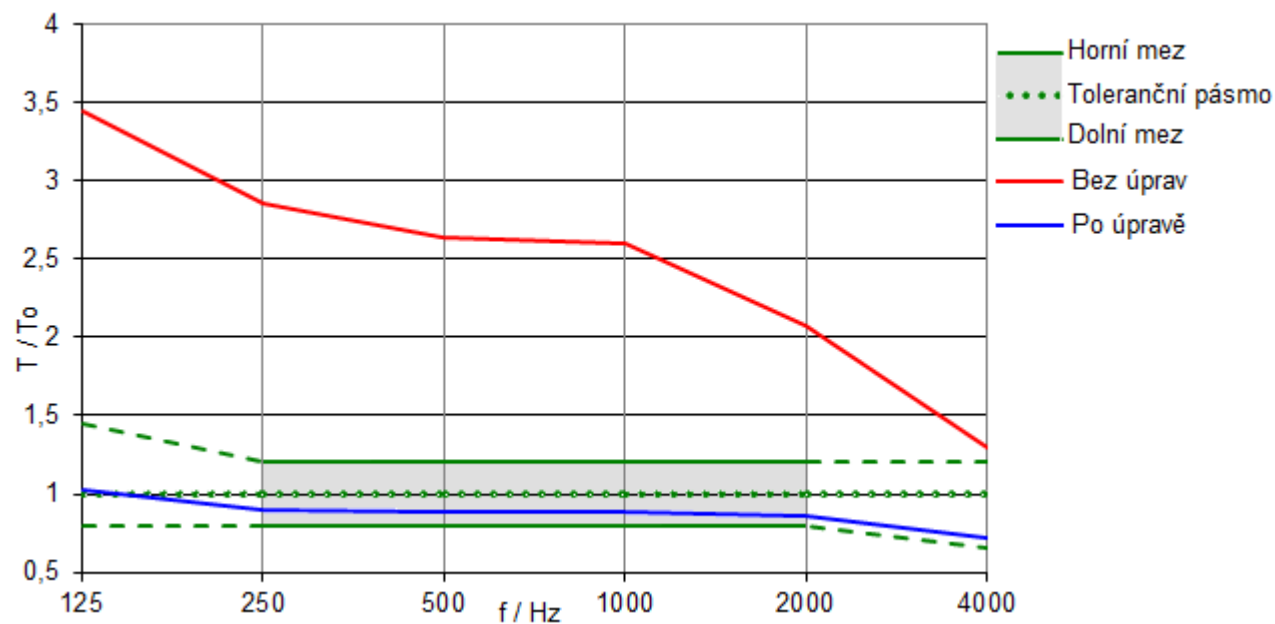


V následující tabulce a grafu předkládáme výsledky výpočtů doby dozvuku v neupraveném a upraveném prostoru cvičebního sálu.

Tab. 5.1: Doba dozvuku v neupraveném a upraveném cvičebním sále a poměr dob dozvuku k optimální době dozvuku

S28 Cvičební sál	V= 360 m ³	f / Hz					
	T _o = 1,00 s	125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T _b	3,45	2,86	2,64	2,60	2,08	1,30
	T _b /T _o	3,45	2,86	2,64	2,60	2,08	1,30
Prostor po úpravě	T _{up}	1,03	0,90	0,88	0,88	0,86	0,72
	T _{up} /T _o	1,03	0,90	0,88	0,88	0,86	0,72

Graf 5.1: Průběh doby dozvuku v neupraveném a upraveném cvičebním sále a příslušné toleranční pásmo



Hodnocení a komentář:

Doba dozvuku ve cvičebním sále bez úprav leží zcela mimo toleranční pásmo. Po instalaci akustických úprav na strop dojde k poklesu doby dozvuku do mezí tolerančního pásma.

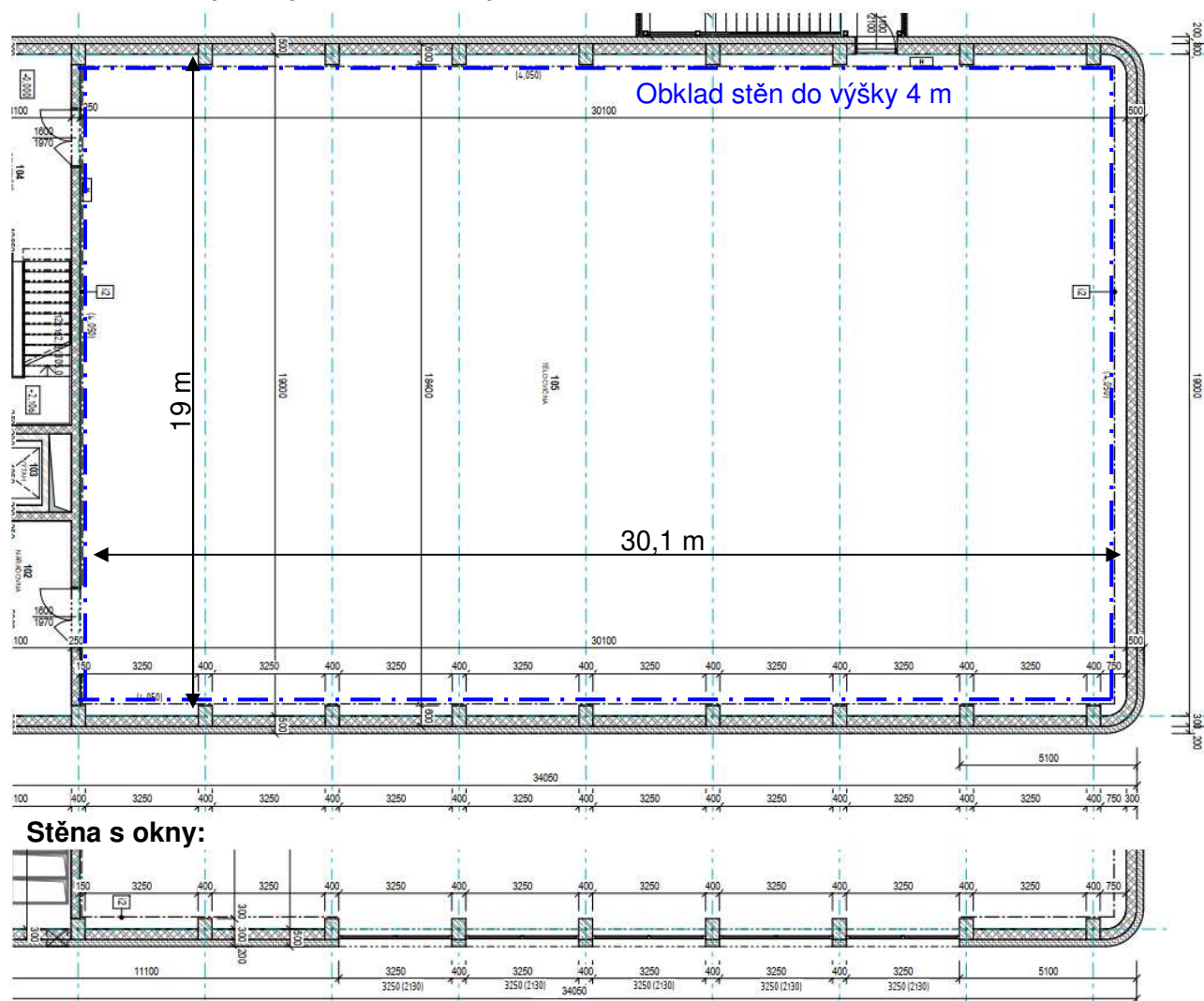
5.2 105 Tělocvična

$$V = 4\,550\text{ m}^3$$

$$T_0 = 1,58\text{ s}$$

Tělocvična má obdélníkový půdorys. Nosnou konstrukci střechy tvoří betonové vazníky. V jedné delší stěně jsou umístěna okna. Stěny budou po celém obvodu do výšky 4 m opatřeny obkladem z cementotřískových desek.

Obr. 5.2: Půdorys haly a stěna s okny

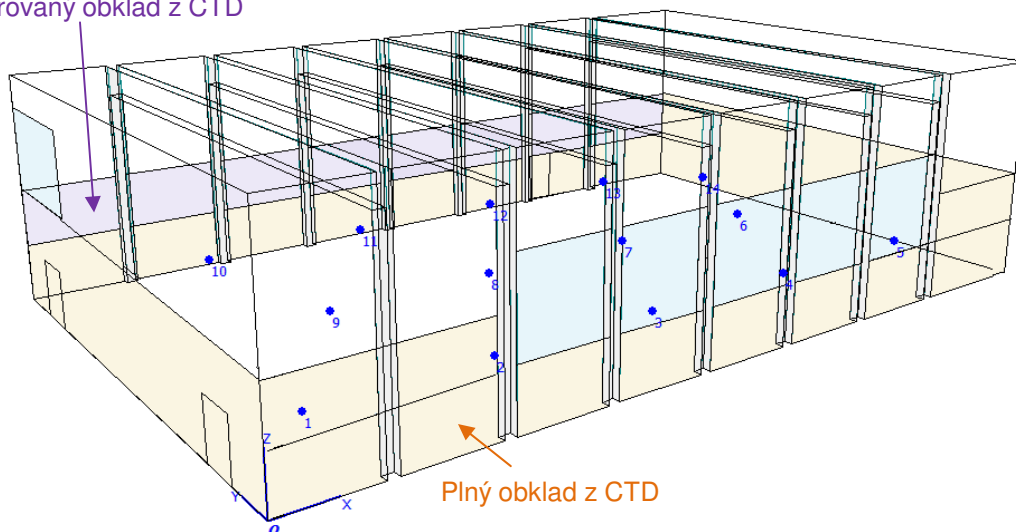


5.2.1 Návrh úprav

Na strop mezi vazníky bude instalován širokopásmový podhled z desek s jádrem z minerální vaty a odolností proti nárazu (např. ECOPHON Super G plus) se svěšením minimálně 200 mm. Na boční stěně naproti oknům bude od výšky 2 m do výšky 4 m plný obklad z cementotřískových desek nahrazen perforovaným obkladem ze stejného materiálu s vložením minerální vaty tloušťky 50 mm do dutiny.

Obr. 5.3: 3D model tělocvičny z výpočetního programu s výpočtovými body

Perforovaný obklad z CTD



Plný obklad z CTD

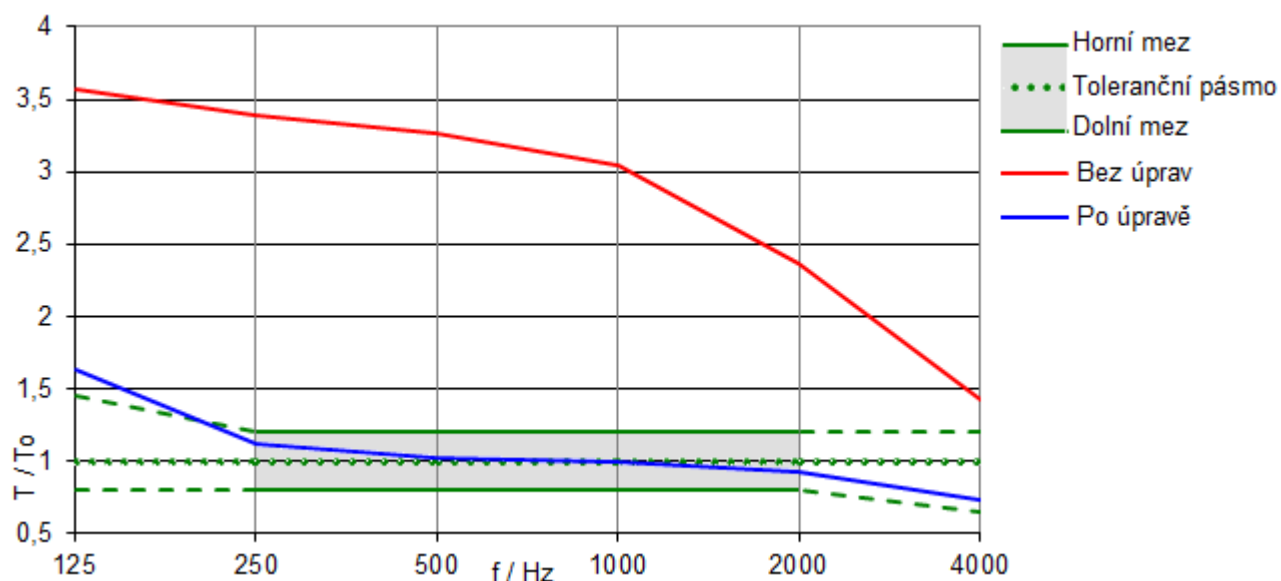
5.2.2 Výsledky výpočtů

V následující tabulce a grafu předkládáme výsledky výpočtů doby dozvuku v neupraveném a upraveném prostoru tělocvičny.

Tab. 5.2: Doba dozvuku v neupravené a upravené tělocvičně a poměr dob dozvuku k optimální době dozvuku

105 Tělocvična	V= 4.550 m ³	f / Hz					
	T ₀ = 1,58 s	125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T _b	5,65	5,36	5,17	4,81	3,74	2,24
	T _b /T ₀	3,58	3,39	3,27	3,04	2,36	1,42
Prostor po úpravě	T _{up}	2,59	1,76	1,62	1,58	1,47	1,16
	T _{up} /T ₀	1,64	1,11	1,02	1,00	0,93	0,73

Graf 5.2: Průběh doby dozvuku v neupravené a upravené tělocvičně a příslušné toleranční pásmo



Hodnocení a komentář:

Doba dozvuku v tělocvičně bez úprav leží zcela mimo toleranční pásmo. Po instalaci akustických úprav na strop a delší boční stěnu dojde k poklesu doby dozvuku do mezí tolerančního pásma.

5.3 311 Víceúčelový sál

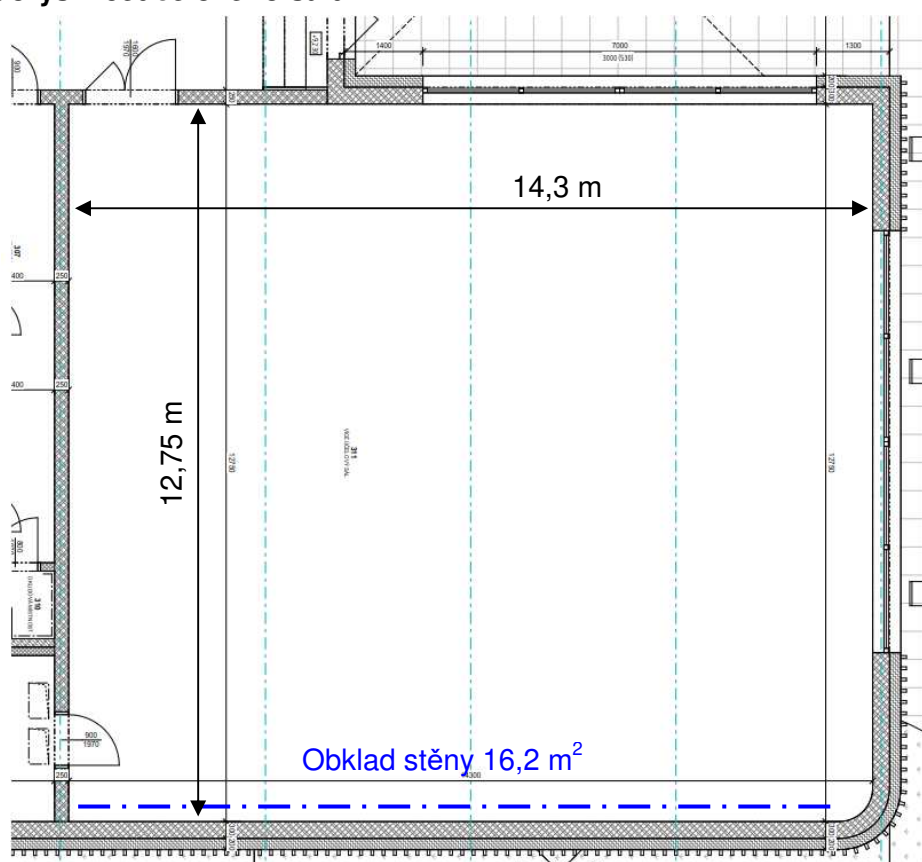
$$V = 775 \text{ m}^3$$

$$T_0 = 1,15 \text{ s}$$

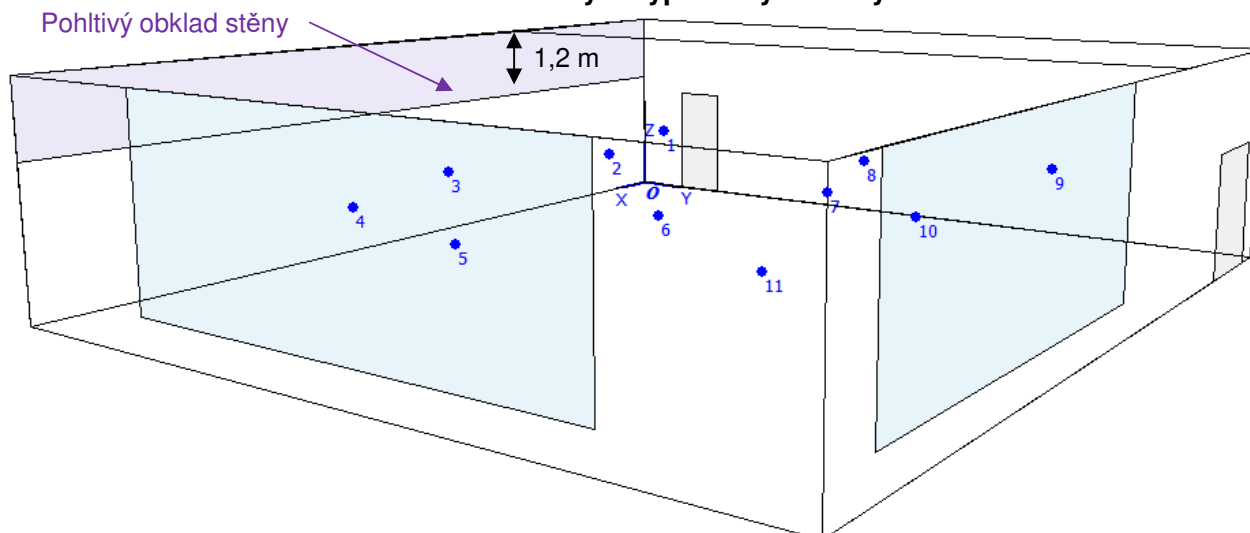
Téměř čtvercová místnost může být využívána k různým účelům. Ve dvou stěnách jsou velké plochy oken. Na jednu stěnu mohou být instalována zrcadla.

Na strop bude instalován širokopásmový plošný podhled z desek na bázi minerální vaty (např. Ecophon Super G plus) se svěšením minimálně 200 mm. Vzhledem k tvaru místnosti je vhodné na jednu ze stěn instalovat pohltivý obklad. Ve výpočtu bylo uvažováno s instalací pásu výšky 1200 mm na jednu stěnu pod strop. Byly použity panely s jádrem z minerální vaty a tkaninou na povrchu (např. Ecophon Akusto Wall).

Obr. 5.4: Půdorys víceúčelového sálu



Obr. 5.5: 3D model sálu s obkladem stěny a výpočtovými body

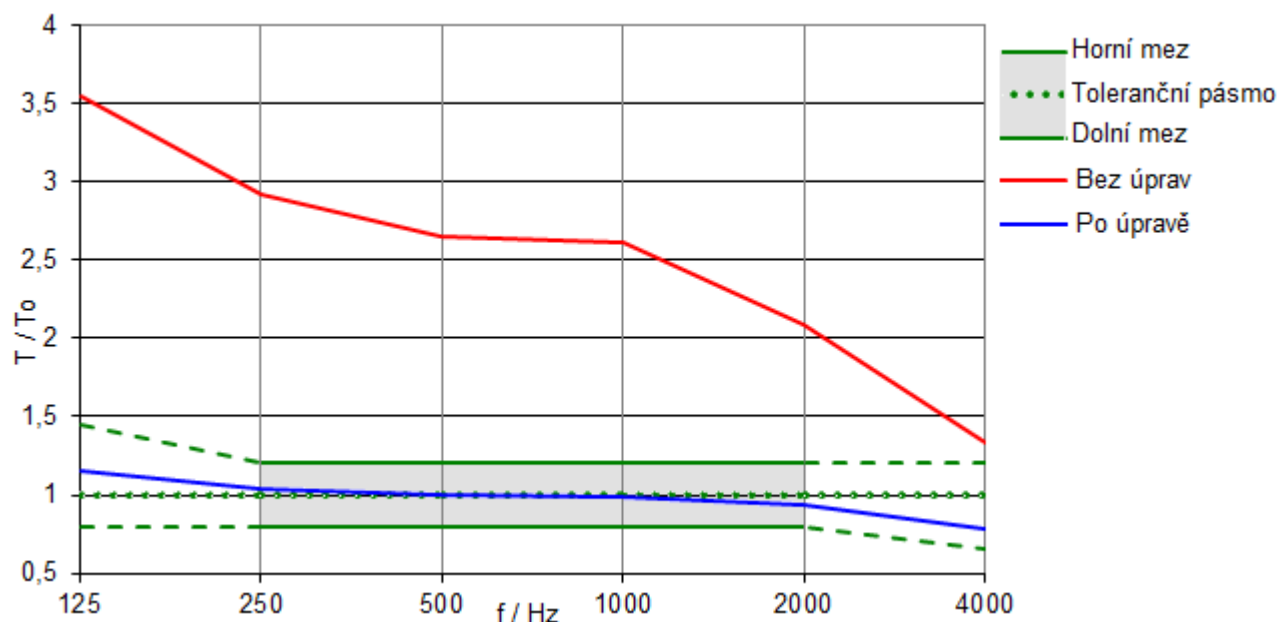


V následující tabulce a grafu předkládáme výsledky výpočtů doby dozvuku v neupraveném a upraveném prostoru víceúčelového sálu.

Tab. 5.3: Doba dozvuku v neupraveném a upraveném sále a poměr dob dozvuku k optimální době dozvuku

311 Víceúčelový sál	V= 775 m ³	f / Hz					
	T _o = 1,15 s	125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T _b	4,08	3,36	3,05	3,00	2,41	1,54
	T _b /T _o	3,55	2,92	2,65	2,61	2,09	1,34
Prostor po úpravě	T _{up}	1,33	1,19	1,15	1,13	1,08	0,90
	T _{up} /T _o	1,16	1,03	1,00	0,98	0,94	0,78

Graf 5.3: Průběh doby dozvuku v neupraveném a upraveném sále a příslušné toleranční pásmo



Hodnocení a komentář:

Doba dozvuku ve víceúčelovém sále bez úprav leží zcela mimo toleranční pásmo. Po instalaci akustických úprav na strop a stěnu dojde k poklesu doby dozvuku do mezí tolerančního pásma.

6 Popis akustických systémů a prvků

6.1 Podhledy z akustických panelů na bázi minerální vaty

Popis: Prvky jsou vyrobeny z minerální vaty. Jejich povrch je opatřen nátěrem a mikropórovým povrchem. Montují se v deskách do lišt.

Základní rozměry: 600x600; 1200x600

Akustické vlastnosti: Akustické panely jsou vysoce zvukově pohltivé.

Požární ochrana: Klasifikace dle hořlavosti: třída A2-s1 a A1 podle EN 13501-1.

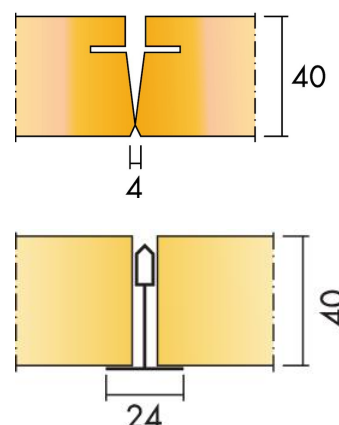
Příklady panelů s odolností proti nárazu: Ecophon Super G, Super G plus, Rockfon Samson



6.2 Stěnové obklady

Panely jsou vyrobeny ze skelného vlákna o vysoké hustotě, pohledová plocha je ze sklovláknité tkaniny. Montují se v deskách do lišt. Dodávají se ve dvou variantách s viditelným a skrytým nosným rastrem. U panelů instalovaných se skrytým nosným rastrem tvoří sražené hrany panelů úzké drážky.

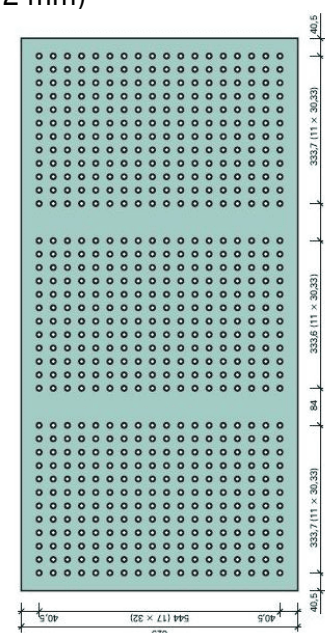
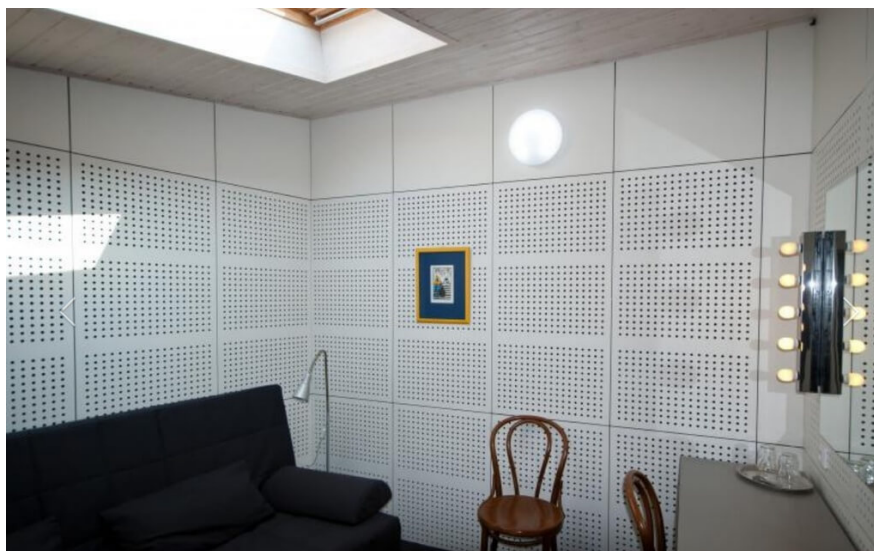
Základní rozměry: 2700x600 mm, 2700x1200 mm; tl. 40 mm



6.2.1 Cementotřískové desky

Cementotřísková deska s předvrtanými / vyfrézovanými otvory a hladkým cementovým povrchem. Ve srovnání s jinými akustickými obkladovými materiály je při použití cementotřískové desky zajištěna odolnost proti mechanickému proražení a vlhkosti – to vše při zachování třídy reakce na oheň A2 -s1,d0. Tyto parametry předurčují použití tohoto nového typu desky především do sportovních zařízení, prostor s proměnlivou teplotou a vlhkostí, objektů se specifickými požadavky. Montují se v deskách na pomocný rošt (dřevěné latě, CD profily apod.). Celý systém je kvůli zvýšení účinnosti doplněn o absorpční tkaninu a minerální vlnu.

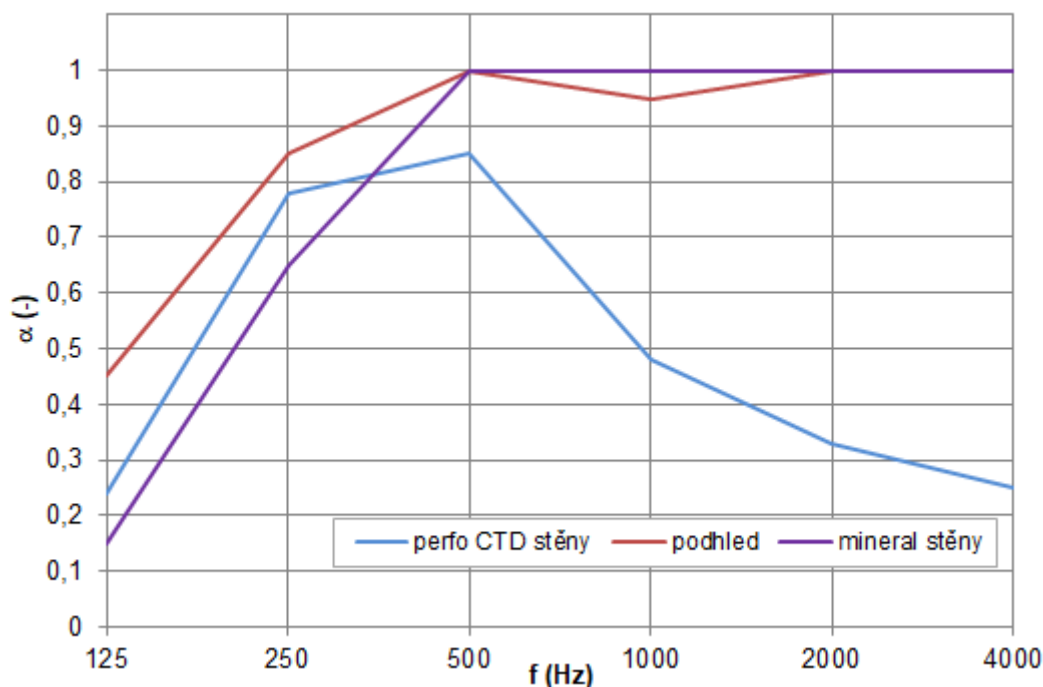
Základní rozměry: 1250x625 mm; tl. 8 a 10 mm (po domluvě i 10 a 12 mm)



6.3 Pohltivosti použitých materiálů

Materiály jsou specifikovány pomocí činitele zvukové pohltivosti α nebo ekvivalentní absorpční plochou A v případě prostorových těles v oktákových pásmech.

Graf 6.1: Pohltivost obkladů



7 Závěrečné shrnutí

Podrobné akustické výpočty prokázaly, že v řešených prostorech určených pro sport nejsou vyhovující poslechové podmínky. Byly posouzeny akustické úpravy spočívající v aplikaci pohltivých materiálů na strop a stěny. Po instalaci navrhovaných akustických úprav dojde v místnostech k poklesu doby dozvuku do mezí odpovídajícího optimálního pásma. Použité materiály byly voleny po konzultaci s projektantem. Jiné materiálové řešení je možné. Mělo by být zachováno rozmístění pohltivých ploch a pohltivost materiálů.