

Akustická studie

Posouzení hluku ze stacionárních zdrojů, posouzení hluku ze stavební činnosti, posouzení zvukové izolace a řešení prostorové akustiky

Nová hala tělocvičny včetně dalších prostor
v areálu ZŠ Pod Žvahovem

Pod Žvahovem 463
150 00 Praha 5-Hlubočepy

Vypracovala

Ing. Elizaveta Fatyanova

Zpracováno v období

Květen - srpen 2023

Verze dokumentu

První vydání

Obsah

1. VŠEOBECNĚ.....	4
1.1 Předmět.....	4
1.2 Úkol.....	4
1.3 Objednatel.....	4
1.4 Dodavatel.....	4
1.5 Vypracovala.....	4
1.6 Kontroloval.....	4
1.7 Zpracováno v období.....	4
2. PODKLADY.....	4
3. SITUACE.....	6
4. POSOUZENÍ HLUKU ZE STACIONÁRNÍCH ZDROJŮ V EXTERIÉRU.....	8
4.1 Požadavky.....	8
a v chráněném venkovním prostoru.....	8
4.2 Vstupní data.....	9
4.3 Definování chráněných prostor staveb.....	10
4.4 Posouzení.....	11
5. POSOUZENÍ HLUKU ZE STAVEBNÍ ČINNOSTI.....	13
5.1 Vstupní data.....	13
5.2 Algoritmus výpočtu.....	13
5.3 Stavební mechanizace a její hlučnost.....	13
5.4 Definování chráněných prostor staveb.....	14
5.5 Nejistota výpočtu.....	14
5.6 Výpočet.....	15
5.7 Shrnutí.....	19
6. POSOUZENÍ ZVUKOVÉ IZOLACE DĚLÍCÍCH A OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ.....	20
6.1 Požadavky.....	20
6.1.1 Požadavky na zvukovou izolaci dělících konstrukcí.....	20
6.1.2 Zvuková izolace obvodových konstrukcí.....	20
6.2 Posouzení.....	21
6.2.1 Stropní konstrukce mezi 1. NP a 2. NP.....	21
6.2.2 Stropní konstrukce mezi učebnami v 2. NP a půdou.....	22
6.2.3 Stěny oddělující navzájem výukové prostory, kabinety a tělocvičnu od společných prostorů.....	22
6.2.4 Stěny oddělující navzájem výukové prostory a výukové prostory a posilovnu.....	22
6.2.5 Obvodové stěny.....	23
6.2.6 Střešní plášť.....	23
6.3 Další opatření.....	23
7. POSOUZENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY.....	25
7.1 Požadavky.....	25
7.2 Výpočtový model.....	25
7.3 Učebna 1.12.....	27
7.3.1 Návrh úprav.....	27
7.3.2 Posouzení.....	28

7.4 Učebna 1.13.....	29
7.4.1 Návrh úprav.....	29
7.4.2 Posouzení.....	30
7.5 Učebna 2.02.....	31
7.5.1 Návrh úprav.....	31
7.5.2 Posouzení.....	32
7.6 Učebna 2.03.....	34
7.6.1 Návrh úprav.....	34
7.6.2 Posouzení.....	35
7.7 Prostor tělocvičny.....	37
7.7.1 Návrh úprav.....	37
7.7.2 Posouzení.....	39
8. ZÁVĚR.....	40

1. VŠEOBECNĚ

- 1.1 Předmět** Nová hala tělocvičny včetně dalších prostor
v areálu ZŠ Pod Žvahovem
Pod Žvahovem 463
150 00 Praha 5-Hlubočepy
- 1.2 Úkol** Posouzení hluku ze stacionárních zdrojů, posouzení hluku
ze stavební činnosti, posouzení zvukové izolace a řešení
prostorové akustiky
- 1.3 Objednatel** **Atelier M1 architekti, s.r.o.**
Markétská 1/28 kontaktní osoba:
169 00 Praha 6 Mgr. arch. Pavel Joba
tel: +420 608 960 170
IČO: 27074153 email: joba@atelierm1.cz
- 1.4 Dodavatel** **DEKPROJEKT s.r.o.**
Tiskařská 10/257 IČO: 27642411
budova TTC DIČ: CZ699000797
108 00 Praha 10
tel.: +420 234 054 284 Bankovní spojení:
email: info@atelier-dek.cz Komerční banka Praha 9
35-7899980247/0100
- Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v
Praze oddíl C., vložka 120996
- 1.5 Vypracovala** Ing. Elizaveta Fatyanova
- 1.6 Kontroloval** Ing. Jan Pešta, Ing. Tomáš Kupsa
- 1.7 Zpracováno v období** Květen - srpen 2023

2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 29.11.2022 dle nabídky D2022-061964
- [2] Zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví ve znění pozdějších předpisů
- [3] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů
- [4] ČSN 73 0532 (73 0532) Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky
- [5] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – prostory pro kulturní účely – prostory ve školách – prostory pro veřejné účely.
- [6] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, CSc. - Vydavatelství ČVUT – 1999
- [7] ČSN ISO 9613-2 (011664) Akustika - Útlum při šíření zvuku ve venkovním prostoru - Část 2: Obecná metoda výpočtu
- [8] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

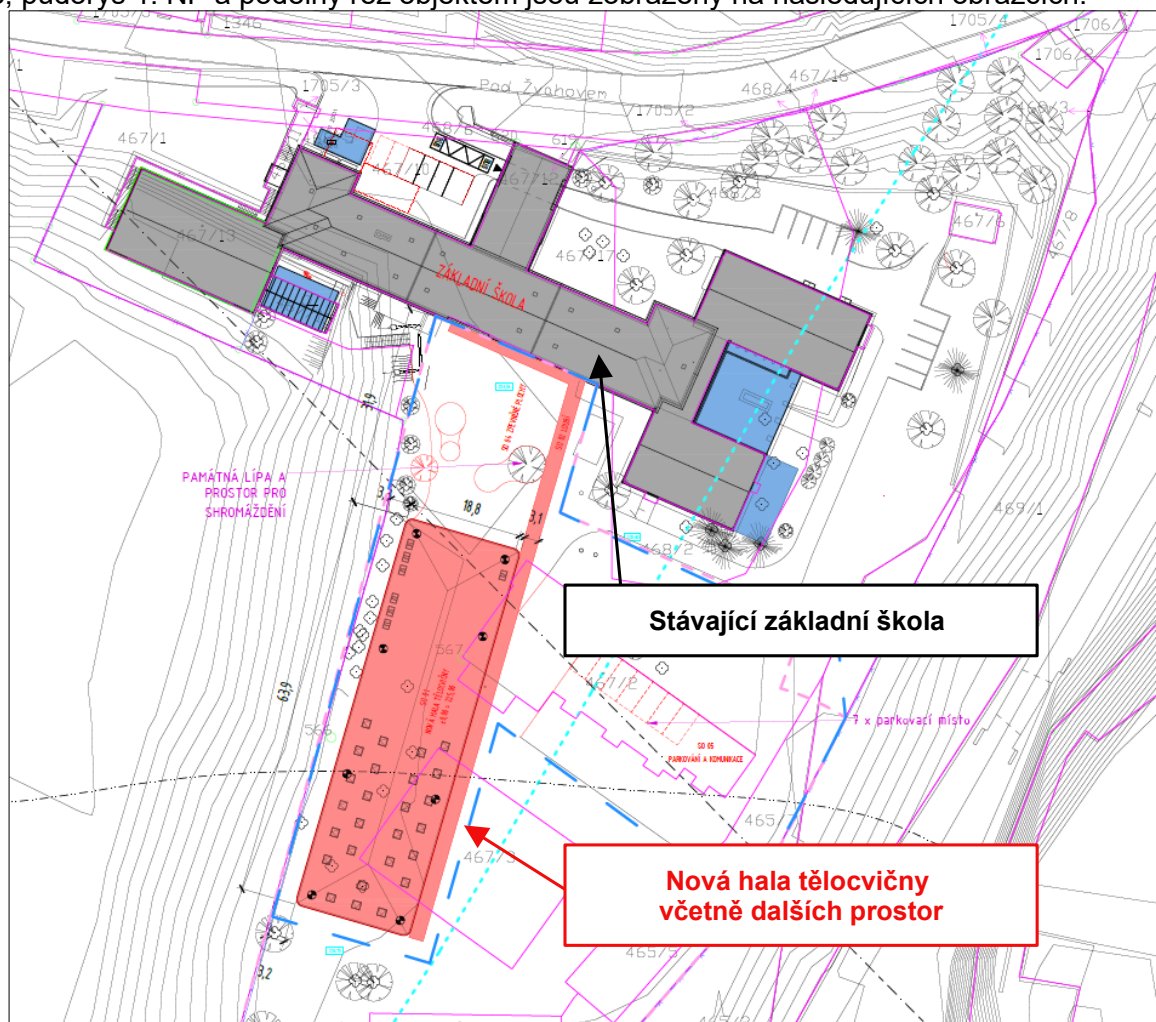
- [9] ČSN EN ISO 11654 (73 0528) Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- [10] Výpočtový program Hluk+ verze 13.01
- [11] Výpočtový program ODEON 15.16 Auditorium
- [12] Výpočtový program Insul 9.0
- [13] Výpočetní program DEKSOFT Akustika
- [14] Výpočetní program AFMG SoundFlow 1.0.140
- [15] Část projektové dokumentace zaslaná objednatelem
- [16] Mapové podklady <http://mapy.cz>
- [17] Mapové podklady <http://nahlizenidokn.cuzk.cz>
- [18] Hluková mapa Ministerstva zdravotnictví ČR <https://geoportal.mzcr.cz/SHM/>

3. SITUACE

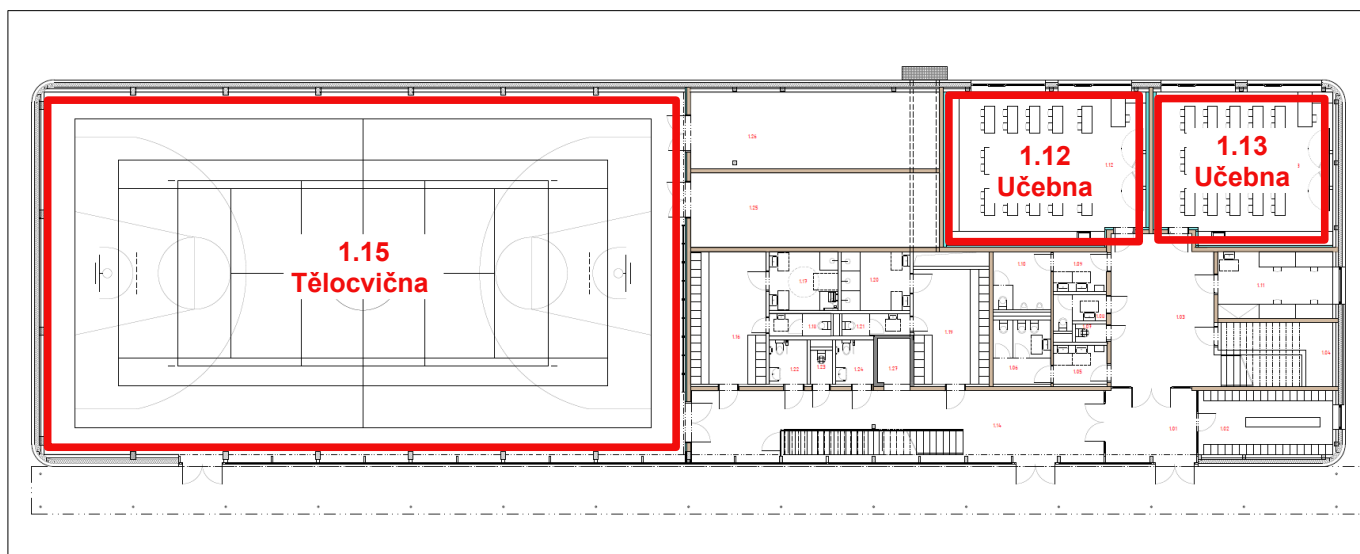
Předmětem akustické studie je nová hala tělocvičny včetně dalších prostorů v areálu ZŠ Pod Žvahovem na adrese Pod Žvahovem 463 v Praze 5-Hlubočepy. Úkolem akustické studie v rámci dokumentace pro vydání společného povolení je posouzení přenosu hluku z provozu objednatelem zadáných stacionárních zdrojů hluku a přenosu hluku ze stavební činnosti do chráněných venkovních prostorů a chráněných venkovních prostorů staveb. Výsledky výpočtů hluku před fasádami budou porovnány s hygienickými limity hluku dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Dalšími úkoly studie je řešení prostorové akustiky v učebnách a tělocvičně pro splnění normových požadavků na dobu dozvuku dle požadavků ČSN 73 0527 a teoretické stanovení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti ve spolupráci s objednatelem vybraných dělicích a obvodových konstrukcí vůči požadavkům ČSN 73 0532.

Akustická studie nenahrazuje projektovou dokumentaci. Součástí akustické studie není posouzení navrhovaných úprav vůči jiným než ve studii uvedeným akustickým požadavkům. Je nutné posouzení z hlediska statiky, tepelnévlhkostního režimu skladeb, z hlediska požární bezpečnosti staveb a dalších hledisek. Navrhované konstrukce musí být realizovány dle projektové dokumentace a technických postupů výrobců.

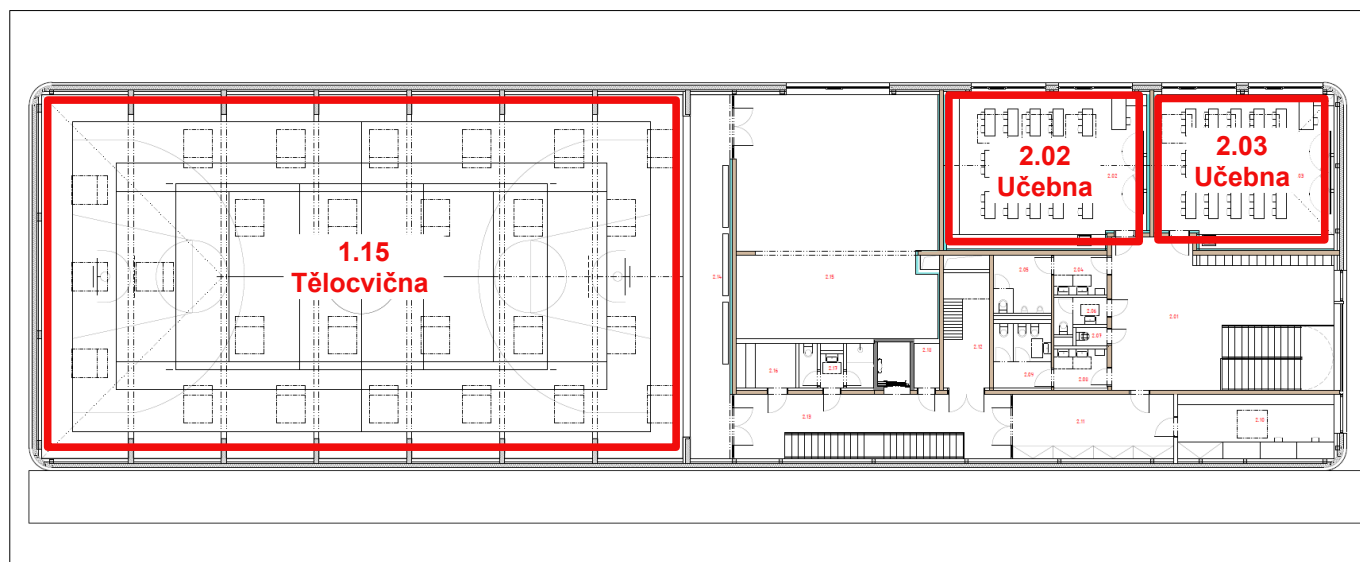
Situace, půdorys 1. NP a podélný řez objektem jsou zobrazeny na následujících obrázcích.



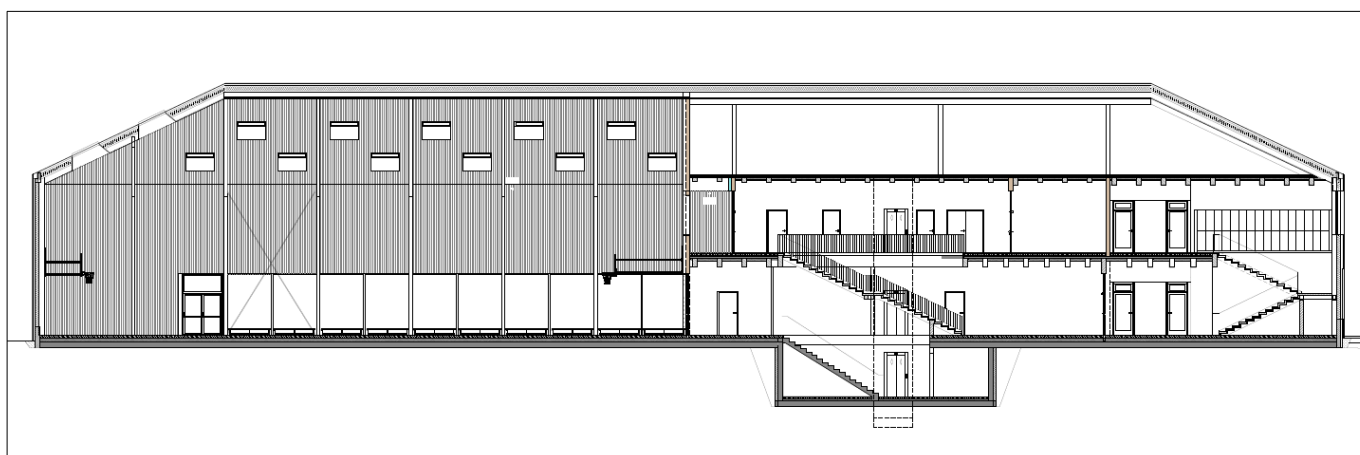
Obr. 1/1 Výřez z koordinační situace



Obr. /2/ Půdorys 1. NP



Obr. /3/ Půdorys 2. NP



Obr. /4/ Řez C

4. POSOUZENÍ HLUKU ZE STACIONÁRNÍCH ZDROJŮ V EXTERIÉRU

4.1 Požadavky

Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb, chráněném venkovním prostoru a chráněném vnitřním prostoru staveb jsou uvedeny v nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

Tyto prostory jsou definovány v zákoně 258/2000 Sb.

Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, lázeňské léčbě rehabilitační péči a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významný z hlediska pronikání hluku zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových domů, rodinných domů, staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách zařízení pro výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných stavbách a obytné místnosti ve všech stavbách. Rekreace pro účely podle věty první zahrnuje i užívání pozemku na základě vlastnického, nájemního nebo podnájemního práva souvisejícího s vlastnictvím bytového nebo rodinného domu, nájmem nebo podnájmem bytu v nich. Co se považuje za prostor významný z hlediska pronikání hluku, stanoví prováděcí právní předpis.

Prostorem významným z hlediska pronikání hluku se dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. rozumí prostor před výplní otvoru obvodového pláště stavby zajišťující přímé přirozené větrání, za níž se nachází chráněný vnitřní prostor stavby, pokud tento chráněný prostor nelze přímo větrat jinak.

Chráněný venkovní prostor staveb a chráněný venkovní prostor

Hodnoty hluku, s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku, se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách, a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoví pro celou denní ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$).

Hygienický limit v ekvivalentní hladině akustického tlaku A , s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ se rovná 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 3 k nařízení vlády [3]. Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce -12 dB. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, a hluku s výrazně informačním charakterem se přičte další korekce -5 dB.

Tab. /1/ Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru

Druh chráněného prostoru	Hygienický limit $L_{Aeq,T}$ [dB]		
	1)	2)	3)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	+5	+13
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	+5	+13
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a ostatní chráněný venkovní prostor	0	+10	+18

Korekce uvedené v tabulce se nesčítají.

Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních a tramvajových drahách, kde se použije korekce -5 dB.

Jde-li o souběh pozemních komunikací s různými hygienickými limity hluku, výsledný limit hluku se stanoví podle té komunikace, ze které je příspěvek hluku z dopravy na této komunikaci převažující.

Pravidla použití korekce uvedené v tabulce:

- 1) Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů. Pro seřaďovací nádraží, která byla uvedena do provozu přede dnem 1. listopadu 2011, se přičítá pro noční dobu další korekce +5 dB.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách, které byly umístěny a povoleny rozhodnutím nebo opatřením podle jiného právního předpisu po 31. prosinci 2000.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách, které byly umístěny a povoleny rozhodnutím nebo opatřením podle jiného právního předpisu před 1. lednem 2001. Dále se použije pro hluk z dopravy, jde-li o činnost podle § 2 písm. p) nebo q) na těchto pozemních komunikacích a dráhách prováděnou po 1. lednu 2001.

Hygienické limity v chráněných venkovních prostorech staveb jsou vázány na denní a noční dobu.

Pro hluk z provozu stacionárních zdrojů v chráněných venkovních prostorech staveb je hygienický limit $L_{Aeq,8h} = 50$ dB pro denní dobu a $L_{Aeq,1h} = 40$ dB pro noční dobu. V případě zjištění tónové složky v hlukovém spektru v místě hodnocení se limit snižuje o 5 dB na $L_{Aeq,8h} = 45$ dB pro denní dobu a $L_{Aeq,1h} = 35$ dB pro noční dobu. Přítomnost tónové složky v hlukovém spektru nelze v této fázi jednoznačně potvrdit ani vyloučit.

4.2 Vstupní data

Pro větrání nového objektu základní školy je navrženo několik druhů vzduchotechnických zařízení. Jednotlivé zařízení jsou popsány níže. Hodnoty hlučností zařízení jsou převzaty z podkladů od objednatele.

Zařízení č. 1

Pro větrání učeben, kabinet, haly a skladu je navrženo VZT zařízení č.1. Jednotka je umístěna ve strojovně VZT v podkroví, sání čerstvého vzduchu je vyvedeno na jihovýchodní fasádu objektu, výdech odpadního je vyveden nad střechu objektu. Zařízení je v provozu v denní době. Objednatel je dodán i informace o hlučnosti v noční době. Pro bezpečnost výpočtu ve studii se bude počítat i s případnou potřebou větrání prostorů v noční době (od 22 h do 6 h).

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v denní době je 60 dB (označení body P1 a P2 viz Obr. /4/)

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v noční době je 50 dB (označení body P1 a P2 viz Obr. /4/)

Zařízení č. 2

Pro větrání tělocvičny, nářadovny a cvičebního sálu s úpravou teploty a vlhkosti přiváděného vzduchu je navrženo VZT zařízení č.2. Jednotka je umístěna ve strojovně VZT v podkroví, sání čerstvého vzduchu je vyvedeno na jihovýchodní fasádu objektu, výdech odpadního je vyveden nad střechu objektu. Zařízení je v provozu v denní době. Objednatel je dodán i informace o hlučnosti v noční době. Pro bezpečnost výpočtu ve studii se bude počítat i s případnou potřebou větrání prostorů v noční době (od 22 h do 6 h).

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v denní době je 60 dB (označení body P3 a P4 viz Obr. /4/)

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v noční době je 50 dB (označení body P3 a P4 viz Obr. /4/)

Zařízení č. 3

Pro větrání šaten a sociálního zázemí tělocvičny v 1. NP je navrženo VZT zařízení č.3. Jednotka je umístěna ve strojovně VZT v podkroví, sání čerstvého vzduchu je vyvedeno na jihovýchodní fasádu objektu, výdech odpadního je vyveden nad střechu objektu. Zařízení je v provozu v denní době. Objednatel je dodán i informace o hlučnosti v noční době. Pro bezpečnost výpočtu ve studii se bude počítat i s případnou potřebou větrání prostorů v noční době (od 22 h do 6 h).

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v denní době je 60 dB (označení body P5 a P6 viz Obr. /4/)

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v noční době je 50 dB (označení body P5 a P6 viz Obr. /4/)

Zařízení č. 4

Pro podtlakové větrání strojovny UT v 1. PP je navrženo VZT zařízení č.4. Odvod vzduchu bude zajišťovat radiální ventilátor do potrubí umístěný ve strojovně, výdech odpadního je vyveden nad střechu objektu. Zařízení je v provozu v denní i v noční době. Náhrada odsátého vzduchu bude přísáváním venkovního vzduchu z venkovního prostředí přes protidešťovou žaluzii na fasádě, případně z anglického dvorku. Protidešťová žaluzie na fasádě by byla instalovaná ve prostorech sousedících se strojovnou UT (strojovna nemá exteriérovou stěnu nad úrovní terénu) a neprodukovala by vysokou hladinu hluku. Ve výpočtu bude uvažováno přísávání vzduchu přes anglický dvorek. Pro splnění hygienických limitů hluku hlavně v chráněných venkovních prostorech je potřeba dodržet stejnou hlučnost v místě výdechu na anglickém dvorku, jako na ostatních místech sání a výdechů hluku v exteriéru. Toho lze dosáhnout například použitím protihlukové žaluzie.

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v denní době je 60 dB (označení body P7 a P8 viz Obr. /4/)

Hladina akustického výkonu A v místě sání čerstvého vzduchu v exteriéru a výfuku odpadního vzduchu v exteriéru v noční době je 50 dB (označení body P7 a P8 viz Obr. /4/)

4.3 Definování chráněných prostor staveb

Výpočet byl proveden v programu Hluk+ verze 13.01. Ve výpočtu byl použit celkový terén odrazivý. Výpočet byl proveden v bodech 2 m před fasádami stávající budovy ZŠ a 2 m před fasádami nejbližší obytné zástavby. Popis výpočtových bodů je v následující tabulce. Z dostupných mapových podkladů není zřejmé, kde jsou umístěná okna u některých nejbližších rodinných domů. Z tohoto důvodu výpočtové body před fasádami rodinných domů byly zvoleny v předpokládaných nejbližších místech k navrženým stacionárním zdrojům hluku.

Tab. /2/ Popis výpočtových bodů

Číslo bodu	Úroveň	Popis
1-5	1. NP a 4. NP	2 m před fasádou stávající základní školy Pod Žvahovem, Pod Žvahovem 463/21b, p.č. st. 467/13, k.ú. Hlubočepy
6	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 1108/32, p.č. st. 104/2, k.ú. Hlubočepy
7	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 117/34, p.č. st. 101, k.ú. Hlubočepy
8	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 167/38, p.č. st. 97, k.ú. Hlubočepy
9	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 33/23, p.č. st. 106/3, k.ú. Hlubočepy
10	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 506/24, p.č. st. 1600/2, k.ú. Hlubočepy
11 - 12	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Pod Žvahovem 191/22, p.č. st. 1601, k.ú. Hlubočepy
13	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Hlubočepská 1198/38e, p.č. st. 138/4, k.ú. Hlubočepy
14 - 15	3. NP	2 m před fasádou rodinného domu, Malá Michnovka 1095/20, p.č. st. 144/10, k.ú. Hlubočepy



Obr. /5/ Poloha výpočtových bodů a zdrojů hluku

Výpočet byl proveden v programu Hluk+. Ve výpočtovém modelu není uvažována vzrostlá zeleň z důvodu jejích nestálých parametrů během roku. Odhadovaná nejistota výpočtu je rovna $\varepsilon = 2$ dB.

Při posuzování výsledné hodnoty $L_{Aeq,T}$ a jejího vztahu k hygienickému limitu hluku L_{lim} stanovených dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. [2] se vychází z těchto podmínek:

- hygienický limit je výpočtově překročen, pokud je $L_{Aeq,T} - 2 > L_{lim}$
- hygienický limit je výpočtově dodržen, pokud $L_{Aeq,T} + 2 \leq L_{lim}$
- hodnota neumožňuje jednoznačný závěr o dodržení hygienického limitu hluku v případech, kdy $L_{Aeq,T} - 2 \leq L_{lim}$ a zároveň $L_{lim} < L_{Aeq,T} + 2$.

4.4 Posouzení

V následující tabulce je proveden výpočet pro šíření hluku ze stacionárních zdrojů. Hodnoty jsou porovnány s hygienickým limitem hluku $L_{Aeq,8h} = 45$ dB v denní době a $L_{Aeq,1h} = 35$ dB v noční době.

Tab. /3/ Porovnání vypočtených hodnot s hygienickými limity hluku

Bod	Úroveň	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]			
		Denní doba $L_{lim} = 45$ dB	Vyhodnocení	Noční doba $L_{lim} = 35$ dB	Vyhodnocení
1	1. NP	30,7	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
2	1. NP	26,0	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	2. NP	28,4	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	3. NP	30,0	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	4. NP	30,0	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
3	1. NP	< 20	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	2. NP	< 20	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen

	3. NP	23,4	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	4. NP	25,6	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
4	1. NP	22,7	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	2. NP	22,8	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	3. NP	22,8	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
	4. NP	23,0	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
5	1. NP	20,6	Limit je dodržen	-	Limit je dodržen
6	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
7	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
8	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
9	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
10	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
11	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
12	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
13	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
14	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen
15	3. NP	< 20	Limit je dodržen	< 20	Limit je dodržen

Z tabulky je zřejmé, že hygienický limit hluku je ve všech výpočtových bodech v denní i noční době výpočtově dodržen.

Na následujícím obrázku je uvedeno rozložení ekvivalentní hladiny akustického tlaku A ve výšce 1,5 m nad terénem v prostoru venkovního hřiště. Na obrázku zelenou barvou jsou vyznačeny plochy, na kterých ekvivalentní hladiny akustického A nepřekračuje limitní hodnotu 43 dB. Z obrázků je patrné, že hygienický limit hluku pro chráněné venkovní prostory školy je dodržen na celém pozemku školy.



Obr. /6/ Rozložení ekvivalentní hladiny akustického tlaku A

5. POSOUZENÍ HLUKU ZE STAVEBNÍ ČINNOSTI

5.1 Vstupní data

Posouzen bude hluk stavební činnosti vznikající při realizaci předmětného objektu vůči stávající nejbližší chráněné zástavbě. Přesné etapy stavebních prací v této fázi nejsou známe. Po domluvě s objednatelem budou orientačně stanoveny typické fáze výstavby a použité hlučné zdroje a jejich nejvyšší možné hladiny hluku na staveništi a maximální doby provozu pro dodržení hygienických limitů hluku v chráněných venkovních prostorech staveb.

Stavební práce budou probíhat ve dnech od 7.00 do 21.00 hod. Pro omezení stížností dotčených sousedních obyvatel doporučujeme hlučné práce zkrátit na interval 8 – 19 hodin.

Doporučujeme veškeré hlučné práce provádět převážně v době mimo provoz stávající základní školy.

Průběh stavebních prací je rozdělen do následujících etap, při provádění prací bude uvažováno s použitím níže uvedeného zařízení.

Kolem celého pozemku výstavby je do fáze IV uvažováno s plnou stěnou o výšce minimálně 3 m. Stěna musí být neprůvzdušná s minimální plošnou hmotností 10 kg/m².

Stavební práce budou rozděleny do následujících etap:

- I. Výkopové práce
- II. Piloty
- III. Výstavba základových konstrukcí a stropní železobetonové desky
- IV. Výstavba dřevěných nosných konstrukcí a obvodového pláště
- V. Kompletační a dokončovací práce v interiéru budov jsou z hlediska přenosu hluku do okolí méně významné, tyto fáze výstavby nebudou posuzovány.

5.2 Algoritmus výpočtu

Výpočet v exteriéru je provedený v programu HLUK+ verze 13.01 Profi13. Ve výpočtech je uváděna ekvivalentní hladina akustického tlaku A dle [4]: $L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left[\sum (t_i/t) 10^{L_{Aeq,i}/10} \right]$

kde :

t_i ... je časový interval trvání stavební činnosti [h. nebo min.]

$L_{Aeq,i}$... je ekvivalentní hladina akustického tlaku A při jednotlivých stavebních procesech [dB]

5.3 Stavební mechanizace a její hlučnost

V následující tabulce je uvedeno předpokládané nasazení zařízení a jejich hlukové parametry.

Tab./4/ Hlukové parametry zařízení

Zařízení	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A ve vzdálenosti 10m $L_{Aeq,10m}$ [dB]
Nákladní automobil	95* ($L_{ASEL-7,5m}$)
Automix	65 (vypouštění betonu) 95* ($L_{ASEL-7,5m}$)
Čerpadlo betonové směsi	68
Rýpadlo	75

Zařízení	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A ve vzdálenosti 10m $L_{Aeq,10m}$ [dB]
Nakladač	76
Motorová pila	80
Vrtná pilotovací souprava	82
Ruční elektrické nářadí (pila, vrtačka, bruska)	$L_{WA} = 95$ dB
Mísící zařízení	63
Autojeřáb	55
Běžné ruční nářadí	71

Pozn.: Hodnoty jsou převzaty z podkladu [4] a databáze zpracovatele.

Pozn.: *Hladina hluku L_{ASEL} (hluková expoziční úroveň) jednoho průjezdu je celková ekvivalentní hladina akustického tlaku A od průjezdu sloučená do časového intervalu 1 s. Hodnota byla stanovena pro vzdálenost referenčního bodu 7,5 m a rychlost 15 km/h (včetně startování). Tento cyklus lze považovat za příjezd, resp. odjezd nákladního automobilu.

5.4 Definování chráněných prostor staveb

Výpočet byl proveden v programu Hluk+ verze 13.01. Ve výpočtu byl použit celkový terén odrazivý. Výpočtové body byly zvoleny v kritických (tj. nejhorších z hlediska přenosu hluku) chráněných venkovních prostorech staveb. Jednotlivé umístění výpočtových bodů je popsáno v kapitole 4.3. Chráněné venkovní prostory staveb se nachází před fasádami nejbližších okolních domů určených pro bydlení a před fasádami stávající základní školy. Doporučujeme veškeré hlučné práce provádět převážně v době mimo provoz stávající základní školy.

5.5 Nejistota výpočtu

Vzhledem k algoritmu výpočtového programu, možnostem namodelování situace, přesnosti vstupních dat a dalších vlivům byla odhadnuta nejistota výpočtu na hodnotu min. $\varepsilon = 3$ dB.

5.6 Výpočet

Při provádění stavebních úprav se předpokládá následující průběh prací a nasazení mechanismů o hlukových parametrech uvedených v Tab./4/. Čísla v závorkách u jednotlivých zařízení udávají předpokládané nasazení pro každé jedno zařízení v rámci pracovního dne z celkového času 14 hodin.

- I. Výkopové práce

Pro provádění zemních prací se předpokládá použití rýpadla (7 hodin denně), nakládače (7 hodin denně) ručního nářadí (po celou dobu) a nákladních automobilů v intenzitě do 10 vozidel za den. Vypočtené hodnoty hluku ze stavební činnosti v této fázi jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /5/ Porovnání vypočtených hodnot s hygienickými limity hluku – zemní práce

Bod	Úroveň	Ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ [dB]	Vyhodnocení
1	1. NP	60,6	Limit je dodržen
2	1. NP	54,9	Limit je dodržen
	2. NP	63,2	Limit je dodržen
	3. NP	64,8	Limit je dodržen
	4. NP	64,6	Limit je dodržen
	4. NP	64,6	Limit je dodržen
3	1. NP	59,8	Limit je dodržen
	2. NP	62,0	Limit je dodržen
	3. NP	64,9	Limit je dodržen
	4. NP	63,7	Limit je dodržen
4	1. NP	55,9	Limit je dodržen
	2. NP	62,5	Limit je dodržen
	3. NP	63,7	Limit je dodržen
	4. NP	63,6	Limit je dodržen
5	1. NP	49,6	Limit je dodržen
6	3. NP	52,8	Limit je dodržen
7	3. NP	51,4	Limit je dodržen
8	3. NP	52,5	Limit je dodržen
9	3. NP	48,4	Limit je dodržen
10	3. NP	40,1	Limit je dodržen
11	3. NP	39,0	Limit je dodržen
12	3. NP	38,8	Limit je dodržen
13	3. NP	50,7	Limit je dodržen
14	3. NP	51,3	Limit je dodržen
15	3. NP	49,6	Limit je dodržen

Z tabulky je zřejmé, že hygienický limit hluku je ve všech výpočtových bodech dodržen. Vypočtené hodnoty jsou závislé i na poloze strojů na staveništi.

- II. Piloty

V této fázi se předpokládá nasazení vrtné pilotovací soupravy (4 hodiny) s automixem s čerpadlem (po celou pracovní dobu). Vypočtené hodnoty hluku ze stavební činnosti v této fázi jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /6/ Porovnání vypočtených hodnot s hygienickými limity hluku – piloty

Bod	Úroveň	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]	Vyhodnocení
1	1. NP	61,9	Limit je dodržen
2	1. NP	63,9	Limit je dodržen
	2. NP	66,1	Limit je dodržen
	3. NP	64,9	Limit je dodržen
	4. NP	64,8	Limit je dodržen
	4. NP	64,8	Limit je dodržen
3	1. NP	61,7	Limit je dodržen
	2. NP	64,6	Limit je dodržen
	3. NP	64,8	Limit je dodržen
	4. NP	64,7	Limit je dodržen
4	1. NP	54,8	Limit je dodržen
	2. NP	63,7	Limit je dodržen
	3. NP	63,6	Limit je dodržen
	4. NP	63,6	Limit je dodržen
5	1. NP	50,2	Limit je dodržen
6	3. NP	55,4	Limit je dodržen
7	3. NP	55,8	Limit je dodržen
8	3. NP	54,3	Limit je dodržen
9	3. NP	52,6	Limit je dodržen
10	3. NP	43,3	Limit je dodržen
11	3. NP	42,8	Limit je dodržen
12	3. NP	42,5	Limit je dodržen
13	3. NP	47,7	Limit je dodržen
14	3. NP	48,5	Limit je dodržen
15	3. NP	48,5	Limit je dodržen

Z tabulky je zřejmé, že hygienický limit hluku je ve všech výpočtových bodech dodržen. Vypočtené hodnoty jsou závislé i na poloze strojů na staveništi. Uvedená přípustná doba provozu je v daném případě pro některá zařízení limitující. Při nutnosti provozování zdrojů hluku na delší než uvedené doby v rámci 1 dne je nutné požádat o časově omezené povolení nadlimitního zdroje hluku a případně omezit souběh jednotlivých strojů v rámci pracovního dne.

- III. Výstavba základových konstrukcí a stropní železobetonové desky

Předpokládá se nasazení míchačky (po celou pracovní dobu), autojeřábu (po celou pracovní dobu), čerpadla betonové směsi (po celou pracovní dobu), automixu (po celou pracovní dobu), ručního nářadí (po celou pracovní dobu), elektrického ručního nářadí (po celou pracovní dobu) a nákladních automobilů v intenzitě do 10 vozidel za den. Vypočtené hodnoty hluku ze stavební činnosti v této fázi jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /7/ Porovnání vypočtených hodnot s hygienickými limity hluku – výstavba základových konstrukcí a stropní železobetonové desky

Bod	Úroveň	Ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ [dB]	Vyhodnocení
1	1. NP	61,2	Limit je dodržen
2	1. NP	57,8	Limit je dodržen
	2. NP	64,1	Limit je dodržen
	3. NP	64,9	Limit je dodržen
	4. NP	64,1	Limit je dodržen
3	1. NP	57,8	Limit je dodržen
	2. NP	61,8	Limit je dodržen
	3. NP	64,6	Limit je dodržen
	4. NP	64,5	Limit je dodržen
4	1. NP	56,6	Limit je dodržen
	2. NP	60,6	Limit je dodržen
	3. NP	62,1	Limit je dodržen
	4. NP	62,0	Limit je dodržen
5	1. NP	49,8	Limit je dodržen
6	3. NP	51,3	Limit je dodržen
7	3. NP	50,5	Limit je dodržen
8	3. NP	50,8	Limit je dodržen
9	3. NP	46,7	Limit je dodržen
10	3. NP	38,1	Limit je dodržen
11	3. NP	36,4	Limit je dodržen
12	3. NP	41,8	Limit je dodržen
13	3. NP	43,8	Limit je dodržen
14	3. NP	44,7	Limit je dodržen
15	3. NP	46,0	Limit je dodržen

Z tabulky je zřejmé, že hygienický limit hluku je ve všech výpočtových bodech dodržen. Vypočtené hodnoty jsou závislé i na poloze strojů na staveništi.

- IV. Výstavba dřevěných nosných konstrukcí a obvodového pláště

Předpokládá se použití ručního a elektrického nářadí (po celou pracovní dobu), pily (2 hodiny), autojeřábu (po celou pracovní dobu), a nákladních automobilů v intenzitě do 10 vozidel za den. Většina prací bude navíc probíhat v interiéru objektu. Vypočtené hodnoty hluku ze stavební činnosti v této fázi jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /8/ Porovnání vypočtených hodnot s hygienickými limity hluku – výstavba dřevěných nosných konstrukcí a obvodového pláště

Bod	Úroveň	Ekvivalentní hladina akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ [dB]	Vyhodnocení
1	1. NP	60,7	Limit je dodržen
2	1. NP	56,9	Limit je dodržen
	2. NP	63,8	Limit je dodržen
	3. NP	64,9	Limit je dodržen
	4. NP	64,1	Limit je dodržen
3	1. NP	55,7	Limit je dodržen
	2. NP	61,5	Limit je dodržen
	3. NP	64,2	Limit je dodržen
	4. NP	64,1	Limit je dodržen
4	1. NP	53,8	Limit je dodržen
	2. NP	60,2	Limit je dodržen
	3. NP	61,7	Limit je dodržen
	4. NP	61,6	Limit je dodržen
5	1. NP	49,5	Limit je dodržen
6	3. NP	50,6	Limit je dodržen
7	3. NP	51,9	Limit je dodržen
8	3. NP	51,0	Limit je dodržen
9	3. NP	47,2	Limit je dodržen
10	3. NP	47,1	Limit je dodržen
11	3. NP	47,6	Limit je dodržen
12	3. NP	47,5	Limit je dodržen
13	3. NP	47,2	Limit je dodržen
14	3. NP	44,7	Limit je dodržen
15	3. NP	46,4	Limit je dodržen

Z tabulky je zřejmé, že hygienický limit hluku je ve všech výpočtových bodech dodržen. Vypočtené hodnoty jsou závislé i na poloze strojů na staveništi. Uvedená přípustná doba provozu je v daném případě pro některá zařízení limitující. Při nutnosti provozování zdrojů hluku na delší než uvedené doby v rámci 1 dne je nutné požádat o časově omezené povolení nadlimitního zdroje hluku a případně omezit souběh jednotlivých strojů v rámci pracovního dne.

5.7 Shrnutí

Pro provádění stavebních prací jsou formulovány následující zásady a doporučení:

- všechny hlučné stavební práce je nutné provádět pouze v intervalu 7 – 21 hodin, pro omezení stížností dotčených sousedních obyvatel doporučujeme hlučné práce zkrátit na interval 8 – 19 hodin.
- informovat uživatele okolních objektů o provádění hlučných stavebních prací a o době jejich trvání, omezit chod hlučných strojů na rozumnou mez
- neponechávat hlučné stroje v chodu naprázdno, to se týká i nákladních automobilů při nakládce, používat pouze stroje a zařízení v dobrém technickém stavu a správně seřízené
- doporučujeme stanovit v rámci pracovního dne tichou přestávku např. 12 – 13 hod pro umožnění větrání v nejbližších objektech
- negenerovat v rámci staveniště zbytečně nadměrný hluk (například hlasitě puštěné rádio apod.)
- doporučujeme veškeré hlučné práce provádět převážně v době mimo provoz stávající základní školy

6. POSOUZENÍ ZVUKOVÉ IZOLACE DĚLÍČÍCH A OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ

6.1 Požadavky

6.1.1 Požadavky na zvukovou izolaci dělících konstrukcí

Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách stanovuje norma ČSN 73 0532 [4] z roku 2020. Vážené jednočíselné hodnoty vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi v budovách, určené vážením podle ČSN EN ISO 717-1 z třetinooktávových hodnot veličin, změřených podle ČSN EN ISO 16283-1, **nesmí být nižší než hodnoty stanovené v následující tabulce**. Vážené normalizované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku určené podle ČSN EN ISO 717-2 z třetinooktávových hladin veličin, změřených podle ČSN EN ISO 16283-2, **nesmí v chráněných místnostech překročit nejvýše přípustné hodnoty stanovené v následující tabulce**.

Tab./9/ Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi dle ČSN 730532 – výňatek

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Hlučný prostor (místnost zdroje hluku)		Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	R_w dB
Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory, kabinety učitelů					
1	Učebny, výukové prostory, kabinety	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 37
2	Společné prostory, chodby, schodiště	≥ 53	≤ 58	≥ 47	$\geq 32^a$ $\geq 27^b$
3	Hlučné prostory (dílny, jídelny, herny, technická centra) $L_{A,max} \leq 85$ dB	≥ 55	≤ 48	≥ 52	-
^a Platí pro vstupní dveře přímo do chráněného prostoru. ^b Platí pro vstupní dveře, je-li chráněný prostor oddělen předsíní nebo zádveřím s dalšími dveřmi.					

6.1.2 Zvuková izolace obvodových konstrukcí

Norma ČSN 73 0532 [4] stanovuje požadavky na váženou neprůzvučnost obvodových plášťů budov v závislosti na účelu vnitřního prostoru budovy a v závislosti na hodnotě ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} před fasádou budovy. Požadavky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /10/ Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách $R'_{w,a}$ nebo $D_{nT,w,a}$ v dB							
Ekvivalentní hladina akustického A tlaku ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{A,eq,2m^b}$ v dB							
Přednáškové síně, učebny, pobytové místnosti škol, jeslí, MŠ							
Po dobu užívání	do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70	od 71 do 75	od 76 do 80
	30	30	30	30	33	38	43 ^c

^a Jednočíselné veličiny vážené podle ČSN EN ISO 717-1, odvozené z veličin v třetinooktávových pásmech definovaných v ČSN EN ISO 16283-3.

^b Ekvivalentní hladina akustického tlaku A určená 2 m před obvodovým a střešním pláštěm včetně odrazu zvuku od fasády, zaokrouhlená na celé číslo a s přihlédnutím k 10.4.1 ČSN EN ISO 16283-3 a příloze B5 ČSN ISO 1996-2. Požadavky se vztahují na celý obvodový a střešní plášť i s výplněmi otvorů u chráněné místnosti.

^c Vysoké hodnoty požadavků jsou obtížně dosažitelné a v nové výstavbě by se již uvedené hlukové situace neměly vyskytovat.

Dle informace ze strategických hlukových map objekt se nachází v pásmech 55 – 60 dB v denní době. Kalibračním měřením provedeným in situ v místě budoucí výstavby dne 18.05.2023 v denní době ve výšce 5 m nad terénem byly zjištěny hodnoty nepřekračující hladinu hluku 55 dB. Z tohoto důvodů se bude počítat s maximální hladinou hluku před fasádou a obvodovým pláštěm 60 dB.

Na základě uvedené hlukové zátěže jsou stanoveny následující požadavky na zvukovou izolaci fasád a střešního pláště $R'_w = 30$ dB.

6.2 Posouzení

Výpočty vzduchové a kročejové neprůzvučnosti byly provedeny ve výpočtových programech DEKSOFT Akustika a Insul v závislosti na konkrétních skladbách konstrukcí a možnostech vypočtených programů. Odhadovaná nejistota výpočtu je 3 dB. Nejistota není zahrnuta do hodnocení vůči požadovaným hodnotám.

6.2.1 Stropní konstrukce mezi 1. NP a 2. NP

Navržená skladba stropní konstrukce oddělující učebny a kabinety v 1. NP a 2. NP navzájem a od ostatních nehlukných prostorů (od horního líce):

- Linoleum (5 mm)
- Samonivelační stěrka (5 mm)
- Betonová mazanina (85 mm)
- Systémová deska podlahového vytápění (20 mm)
- Akustická kročejová izolace – minerální desky ze skelné plsti s objemovou hmotností $97-106 \text{ kg/m}^3$ a s deklarovanou dynamickou tuhostí $s'_d = 10 \text{ MN/m}^3$ pro uvedenou tloušťku tloušťku (30 mm)
- Železobetonová stropní deska (100 mm)
- Separační vrstva PE fólie
- OSB deska (25 mm)
- Nosná konstrukce stropu (stropní trámy z lepeného dřeva) (440 mm)
- Akustický podhled z dřevovlaknitých desek

Vzduchová neprůzvučnost skladby stropní konstrukce stanovené v programu Deksoft Akustika je rovna hodnotě $R_w = 58$ dB. Při zahrnutí korekce na boční přenosy $k = 5$ dB (dle ČSN 73 0532 lze očekávat hodnotu $k = 2-5$ dB) je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R'_w = 53$ dB. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost stropů oddělujících učebny a kabinety od obyčejných výukových prostorů, kabinetů, společných prostorů a chodeb $R'_w = 53$ dB.

Kročejová neprůzvučnost skladby stropní konstrukce stanovené v programu DEKSOFT Akustika je rovna hodnotě $L_{n,w} = 37$ dB. Při zahrnutí korekce na boční přenosy $k = 2$ dB (dle ČSN 73 0532 lze očekávat hodnotu $k = 1-2$ dB) je očekávaná vážená normovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku rovna hodnotě $L'_{n,w} = 39$ dB. Tato hodnota splňuje požadavek na kročejovou izolaci stropní konstrukce oddělující učebny a kabinety od obyčejných výukových prostorů a kabinetů $L'_{n,w} = 55$ dB i včetně nejistoty výpočtu a také požadavek na kročejovou izolaci stropní konstrukce oddělující učebny a kabinety od společných prostorů a chodeb $L'_{n,w} = 58$ dB i včetně nejistoty.

6.2.2 Stropní konstrukce mezi učebnami v 2. NP a půdou

Skladba stropní konstrukce oddělující učebny v 2. NP od strojovny vzduchotechniky na půdě musí nad nebo pod dřevěnými krokvemi mít následující skladbu:

- 2x sádrovláknitá deska s minimální objemovou hmotností $1150 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ (2x 12,5 mm)
- Vzduchová vrstva (minimálně tl. 100 mm)
 - Vložená minerální izolace (skelná vlna) (tl. 75 mm)
 - Rošt z tenkostěnného ocelového profilu, rozteče minimálně 1,0 m
- 2x sádrovláknitá deska s minimální objemovou hmotností $1150 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ (2x 12,5 mm)

Vzduchová neprůzvučnost skladby stropní konstrukce stanovené v programu Insul je rovna hodnotě $R_w = 63 \text{ dB}$. Při zahrnutí korekce na boční přenosy $k = 8 \text{ dB}$ (dle ČSN 73 0532 lze očekávat hodnotu $k = 5-8 \text{ dB}$) je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R'_w = 55 \text{ dB}$. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost stropů oddělujících učebny a kabinety od hlučných prostorů (s hladinou hluku $L_{A,max} \leq 85 \text{ dB}$) $R'_w = 55 \text{ dB}$.

6.2.3 Stěny oddělující navzájem výukové prostory, kabinety a tělocvičnu od společných prostorů

Navržená skladba vnitřních dělicích konstrukcí oddělujících navzájem učebny a učebny od kabinetů je následující:

- 2x sádrokartonová deska s minimální objemovou hmotností 800 kg/m^3 (2x tl. 12,5 mm)
- Vzduchová vrstva (minimálně tl. 75 mm)
 - Vložená minerální izolace (tl. 50 mm)
- Lepený panel CLT (tl. 200 mm)

Vzduchová neprůzvučnost skladby příčky stanovené v programu Insul je rovna hodnotě $R_w = 56 \text{ dB}$. Při zahrnutí běžné korekce na boční přenosy $k = 8 \text{ dB}$ (dle ČSN 73 0532 lze očekávat hodnotu $k = 5-8 \text{ dB}$) je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R'_w = 48 \text{ dB}$. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost stěn pro vzájemné oddělení výukových prostorů a kabinetů od ostatních nehlučných prostorů $R'_w = 47 \text{ dB}$.

6.2.4 Stěny oddělující navzájem výukové prostory a výukové prostory a posilovnu

Navržená skladba vnitřních dělicích konstrukcí oddělujících navzájem učebny a učebny od kabinetů je následující:

- 2x sádrokartonová deska s minimální objemovou hmotností 800 kg/m^3 (2x tl. 12,5 mm)
- Vzduchová vrstva (minimálně tl. 75 mm)
 - Vložená minerální izolace (tl. 50 mm)
- Lepený panel CLT (tl. 200 mm)
- Vzduchová vrstva (minimálně tl. 75 mm)
 - Vložená minerální izolace (tl. 50 mm)
- 2x sádrokartonová deska s minimální objemovou hmotností 800 kg/m^3 (2x tl. 12,5 mm)

Vzduchová neprůzvučnost skladby příčky stanovené v programu Insul je rovna hodnotě $R_w = 69 \text{ dB}$. Při zahrnutí běžné korekce na boční přenosy $k = 8 \text{ dB}$ (dle ČSN 73 0532 lze očekávat hodnotu $k = 5-8 \text{ dB}$) je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R'_w = 61 \text{ dB}$. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost stěn pro vzájemné oddělení učeben $R'_w = 47 \text{ dB}$ a také požadavek na vzduchovou neprůzvučnost stěn pro oddělení učebny od hlučného prostoru posilovny $R'_w = 52 \text{ dB}$.

6.2.5 Obvodové stěny

Navržená skladba obvodových stěn následující (od venkovního líce):

- Hliníkový plech 0,7 mm vlna (50 mm)
- Vodorovné latě (40 mm)
- Kontralatě (40 mm)
- Sádroláknitá deska (12,5 mm)
- Vata minerální (200 mm)
- Sádroláknitá deska (12,5 mm)
- Vnitřní akustický obklad perforovaný obklad / vnitřní plný sdk obklad

Vzduchová neprůzvučnost skladby obvodové stěny stanovené v programu Insul je rovna hodnotě $R_w = 45$ dB. Při zahrnutí korekce na boční přenosy $k = 2$ dB je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R_w = 43$ dB. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost obvodového pláště $R'_w = 30$ dB.

6.2.6 Střešní plášť

Navržená skladba střechy je následující (od venkovního líce):

- Falcovaná střešní krytina (1 mm)
- Separační vrstva
- Prkenné bednění (24 mm)
- Latě 40/60 (40 mm)
- Pojistná HI
- Minerální tepelná izolace (260 mm)
- Parozábrana (1 mm)
- Smrková prkna (20 mm)
- Nosná konstrukce – lepené vazníky (160 mm)
- Akustický obklad

Vzduchová neprůzvučnost skladby střešního pláště stanovené v programu Insul je rovna hodnotě minimálně $R_w = 36$ dB. Při zahrnutí korekce na boční přenosy $k = 2$ dB je očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost rovna hodnotě $R_w = 34$ dB. Tato hodnota splňuje požadavek na vzduchovou neprůzvučnost střešního pláště $R'_w = 30$ dB.

6.3 Další opatření

Do akusticky dělicích konstrukcí nelze provádět trubní rozvody (voda, kanalizace apod.) a oslabovat tyto konstrukce zářezy a nikami. Rozvody je nutné realizovat v instalačních předstěnách. Trubní rozvody by neměly být v pevném spojení s konstrukcemi objektu (např.: stropy), aby nedocházelo k šíření zvuku chvěním.

Do všech skladeb podlah na terénu z důvodu omezení přenosu kročejového hluku v horizontálním směru je nutné použít pod roznašeči vrstvu akustické kročejové izolaci (kročejová izolace může být součástí desky podlahového vytápění). Podlahové souvrství s kročejovou izolací nebo jiné adekvátní opatření by obecně mělo být provedeno ve všech prostorech s ohledem na omezení přenosu kročejového hluku i bočními cestami horizontálně v rámci podlaží nebo vertikálně ze spodního podlaží do horního.

Roznášecí a nášlapnou vrstvu podlahových souvrství je nutné účinně pružně oddělit od všech navazujících konstrukcí a případných prostupů. Při provádění roznášecí vrstvy je nutné provést separační vrstvu a zamezit zatečení pokládané roznášecí vrstvy do vrstvy kročejové izolace. Na kročejovou izolaci stropních konstrukcí má vliv i použitá nášlapná vrstva podlahy.

Je nutné věnovat zvýšenou pozornost při projektování řešení detailů styků jednotlivých akusticky dělicích konstrukcí a navazujících bočních konstrukcí s důrazem na omezení přenosu hluku bočními cestami. Lehké dřevěné konstrukce jsou oproti "klasickým" těžkým konstrukcím významně náchylnější na přenos zvuku bočními cestami. Při nevhodném napojení akusticky dělicích konstrukcí bude docházet k vyššímu než ve studii předpokládanému šíření zvuku bočními cestami a v důsledku toho k nesplnění požadavků na zvukovou izolaci. Je nežádoucí aby deskové konstrukce, zejména pokud jsou pohledové (dřevěné prvky, případně sádkartonové opláštění) byly průběžné mezi jednotlivými místnostmi a to jak v případě stěn, tak i stropních konstrukcí. Obecně je potřeba zajistit oddělení stěnových a stropních panelů, průvlaků a sloupů v místě akusticky dělicí konstrukcí separační mezerou a pružné uložení dřevěných konstrukcí mezi sebou (styk svislé stěny a průvlaků či stropních panelů, styky stěn).

Při výběru dveří je nutné respektovat požadavky ČSN 73 0532. Doporučujeme použít výrobky s mírně vyšší zvukovou izolací (o cca 2 dB) pro zohlednění vlivu zabudování na stavbě. Zvukověizolační dveře je nutné osadit dle pokynů dodavatele.

Veškeré zdroje hluku je nutné uložit ke konstrukci přes účinné pružné uložení tak, aby bylo zamezeno nadměrnému přenosu hluku chvěním. Dále je nutné osadit pružné separace na potrubí mezi zdroji hluku a akusticky chráněnými místnostmi (např. pružné límce u VZT potrubí, kompenzátory na rozvody topné vody za oběhovými čerpadly apod.).

7. POSOUZENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

7.1 Požadavky

Optimální doba dozvuku T_0 prostorů daných účelů se stanoví podle využití a pro objem prostoru. Číselně vyjádřená hodnota optimální doby dozvuku v sekundách se vztahuje ke kmitočtu 1000 Hz a týká se prostorů v obsazeném stavu pro učebny a prostoru v neobsazeném stavu pro tělocvičnu.

Hodnoty optimální doby dozvuku pro posuzované prostory jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. /11/ Optimální doba dozvuku

	Orientační objem [m ³]	Optimální doba dozvuku [s]
Učebna a posluchárna	do 250 m ³	0,70
Posluchárna (či učebna s větším objemem)	272	0,65
Tělocvična	cca 5250 m ³	1,65

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4000 Hz v učebnách a od 250 Hz do 2000 Hz v tělocvičně. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku T se ve vztahu k optimální době dozvuku T_0 prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktávová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./12/ Přípustné rozmezí T/T_0

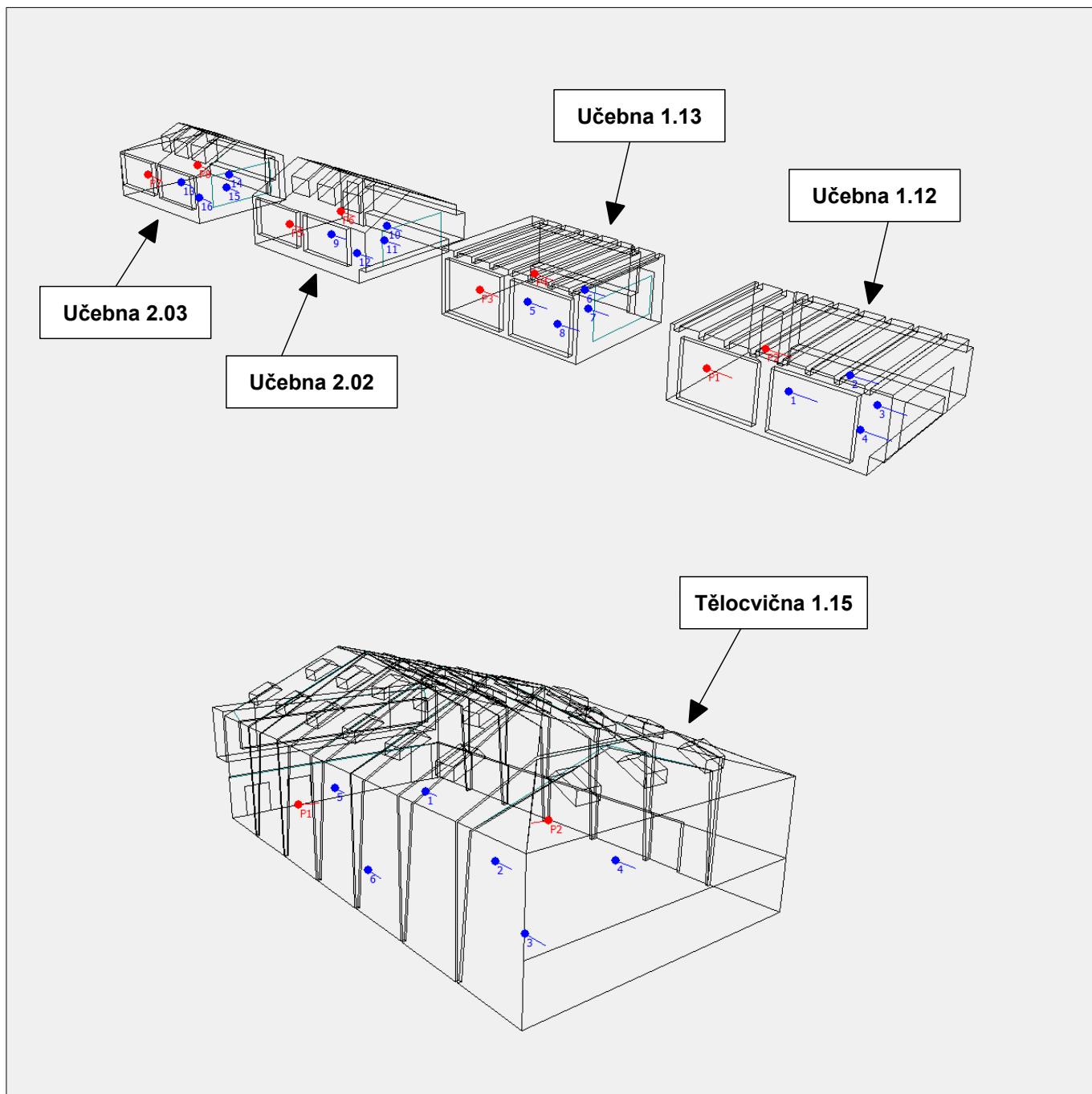
Účel prostoru	Místnost	Meze	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma											
			125		250		500		1000		2000		4000	
			T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T
Řeč	Učebna	horní	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84
		dolní	0,65	0,46	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,65	0,46
Řeč	Učebna	horní	1,20	0,78	1,20	0,78	1,20	0,78	1,20	0,78	1,20	0,78	1,20	0,78
		dolní	0,65	0,42	0,80	0,52	0,80	0,52	0,80	0,52	0,80	0,52	0,65	0,42
Tělocvična	Tělocvična	horní	-	-	1,20	1,98	1,20	1,98	1,20	1,98	1,20	1,98	-	-
		dolní	-	-	0,80	1,32	0,80	1,32	0,80	1,32	0,80	1,32	-	-

7.2 Výpočtový model

Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON [11]. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 12354-6 přílohy D, výpočet v programu ODEON umožňuje přesné zadání tvaru prostoru, podrobné členění a to včetně určité úrovně detailů.

Následně byla k vypočteným hodnotám doby dozvuku přičtena pohltivost osob. Jedná se o shodný postup jako při měření doby dozvuku.

Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.



Obr./7/ Výpočtový model

7.3 Učebna 1.12

Učebna 1.12 se nachází v 1. NP nového objektu a bude využívána jako obyčejná učebna. V učebně je uvažováno s kapacitou 30 žáků, pro výpočet je předpokládána obsazenost učebny z 80 % tj. 24 žáků a jeden učitel.

7.3.1 Návrh úprav

Do posuzovaného prostoru na větší část plochy stropu volnou mezi průvlaky je navržen podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 150 mm od plochy stropu (od spodní hrany plného odrazivého nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku) s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (s objemovou hmotností 90 kg/m³). Dva pásy v přední části učebny tvoří odrazivé desky z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 150 mm od plochy stropu (od spodní hrany nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku) bez vložené akustické izolace.

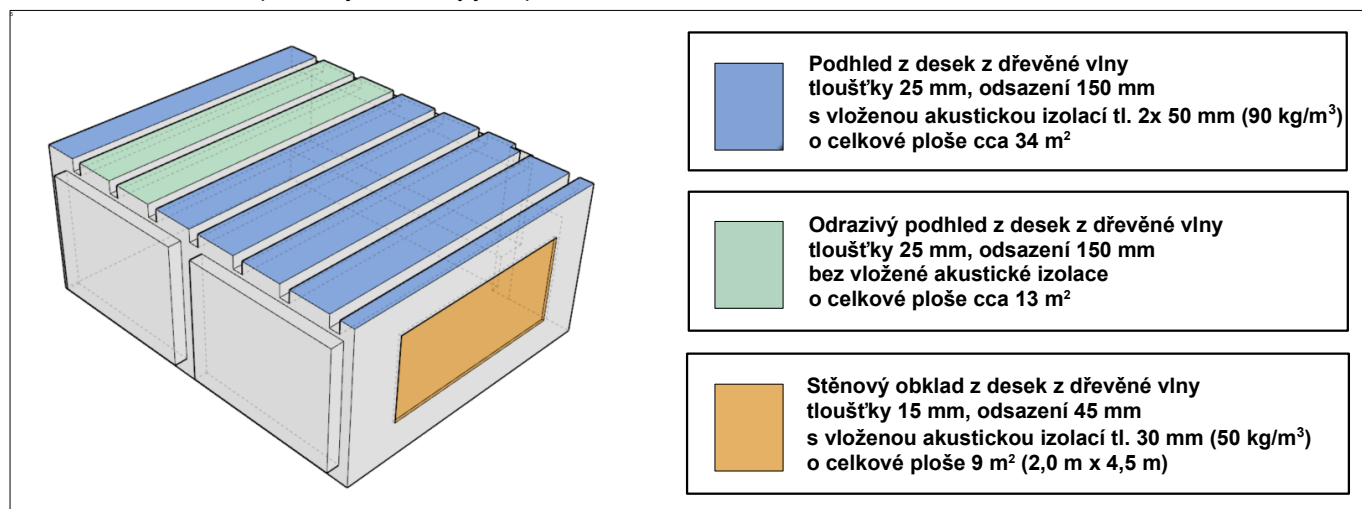
Na interiérové zadní stěně naproti tabuli se umístí obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (s objemovou hmotností 50 kg/m³) o celkové ploše 9 m².

Ostatní povrchy jsou uvažovány jako odrazivé. V učebnách se také uvažuje s vestavnou skříní na zadní a boční interiérových stěnách. Uvažované činitele pohltivosti navržených obkladů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./13/ Průběh činitele pohltivosti v oktavových pásmech – učebna 1.12

Použité obklady	95Střední kmitočet f (Hz) oktavového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 150 ^{*)} mm s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (90 kg/m ³)	0,75	0,95	1,00	0,95	0,85	0,95
Podhled z desek z dřevěné vlny(odrazivé desky) tloušťky 25 mm, odsazení 150 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,30	0,15	0,10	0,15	0,25	0,45
Stěnový obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (50 kg/m ³)	0,15	0,50	0,95	0,90	0,60	0,70

^{*)} Pozn.: reálné svěšení podhledu je 150 mm. Vzhledem k tomu, že pro uvedený podhled hodnoty činitele pohltivosti pro svěšení 150 nejsou k dispozici (od výrobce referenčních desek) dle pomocných výpočtů a předběžných odhadů lze očekávat, že pro svěšení 150 mm budou platit stejné hodnoty jako pro svěšení 200 mm.



Obr./8/ Rozmístění pohltivých ploch – učebna 1.12

7.3.2 Posouzení

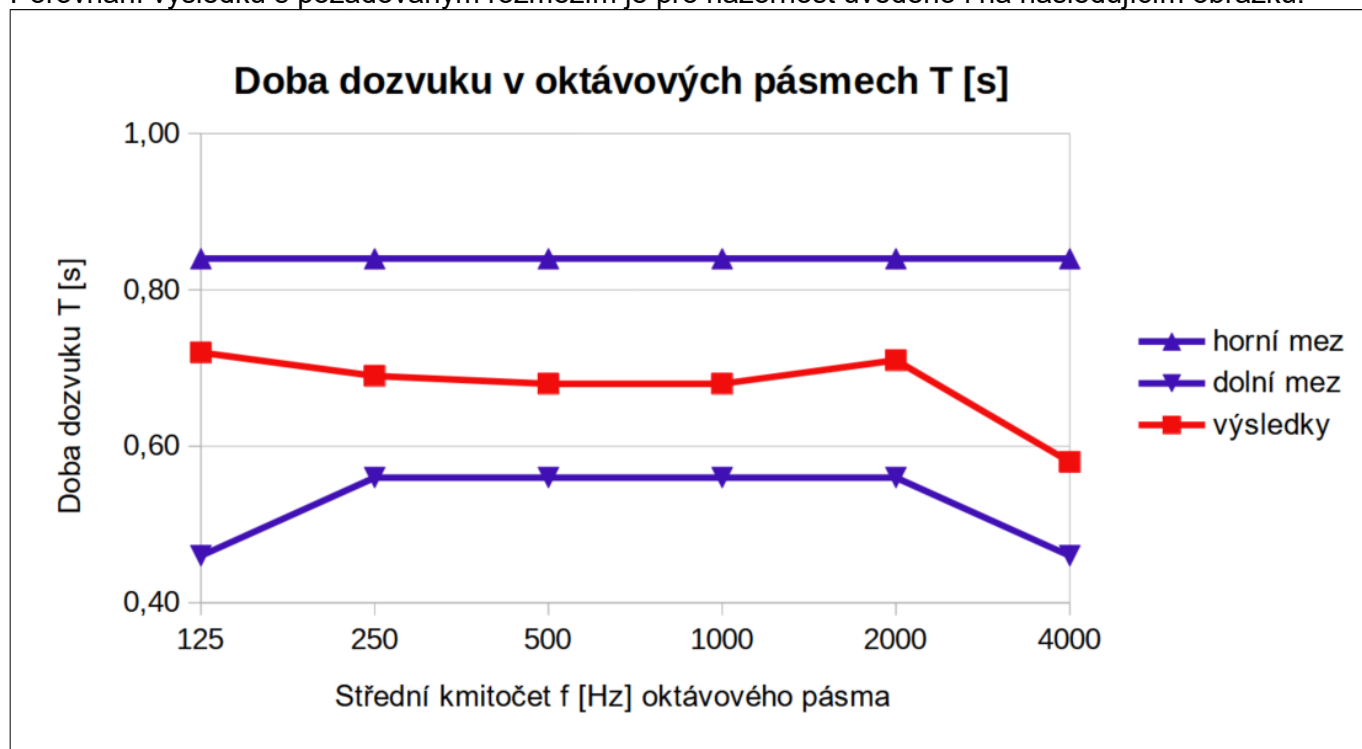
K hodnocení prostorové akustiky projektovaného prostoru je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro projektovanou místnost a jejich porovnání s normovými požadavky dle ČSN 73 0527.

Tab./14/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna 1.12

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	0,75	0,76	0,76	0,80	0,86	0,68
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení				+	+	+	+	+	+

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro obyčejnou učebnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujícím obrázku.

**Obr./9/ Grafické porovnání výsledků s požadavky ČSN 73 0527 – učebna 1.12**

7.4 Učebna 1.13

Učebna 1.13 se nachází v 1. NP nového objektu a bude využívána jako obyčejná učebna. V učebně je uvažováno s kapacitou 30 žáků, pro výpočet je předpokládána obsazenost učebny z 80 % tj. 24 žáků a jeden učitel.

7.4.1 Návrh úprav

Do posuzovaného prostoru na větší část plochy stropu volnou mezi průvlaky je navržen podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 150 mm od plochy stropu (od spodní hrany plného odrazivého nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku) s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (s objemovou hmotností 90 kg/m³). Dva pasy v přední části učebny tvoří odrazivé desky z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 150 mm od plochy stropu (od spodní hrany nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku) bez vložené akustické izolace.

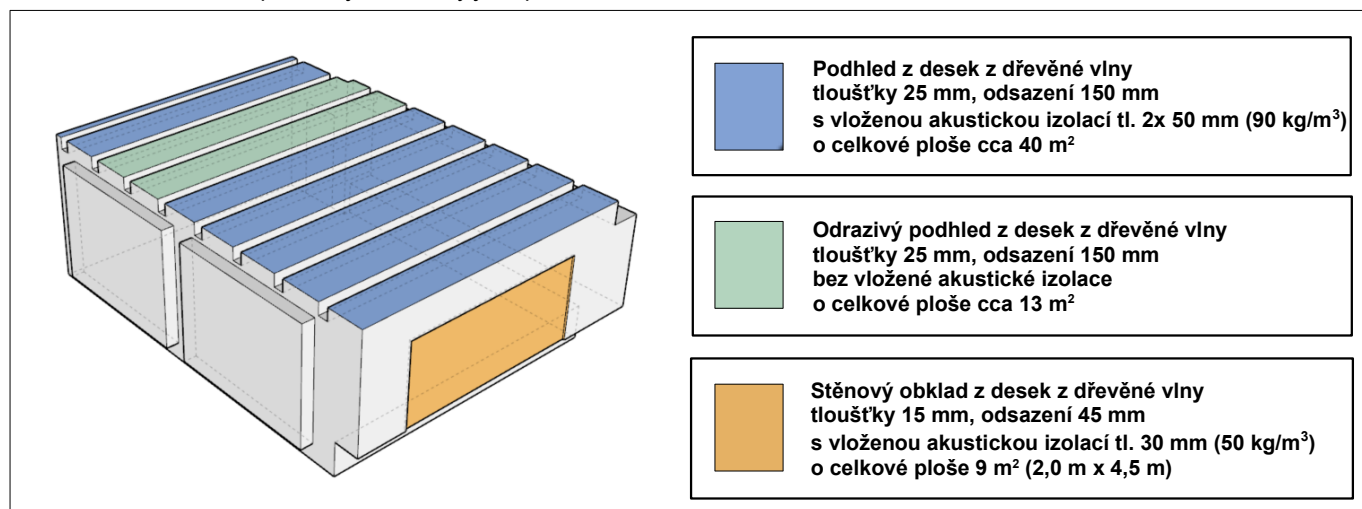
Na interiérové zadní stěně naproti tabuli se umístí obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (s objemovou hmotností 50 kg/m³) o celkové ploše 9 m².

Ostatní povrchy jsou uvažovány jako odrazivé. V učebnách se také uvažuje s vestavnou skříní na zadní a boční interiérových stěnách. Uvažované činitele pohltivosti navržených obkladů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./15/ Průběh činitele pohltivosti v oktavových pásmech – učebna 1.13

Použité obklady	95Střední kmitočet f (Hz) oktavového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 150 ^{*)} mm s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (90 kg/m ³)	0,75	0,95	1,00	0,95	0,85	0,95
Podhled z desek z dřevěné vlny(odrazivé desky) tloušťky 25 mm, odsazení 150 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,30	0,15	0,10	0,15	0,25	0,45
Stěnový obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (50 kg/m ³)	0,15	0,50	0,95	0,90	0,60	0,70

^{*)} Pozn.: reálné svěšení podhledu je 150 mm. Vzhledem k tomu, že pro uvedený podhled hodnoty činitele pohltivosti pro svěšení 150 nejsou k dispozici (od výrobce referenčních desek) dle pomocných výpočtů a předběžných odhadů lze očekávat, že pro svěšení 150 mm budou platit stejné hodnoty jako pro svěšení 200 mm.

**Obr./10/ Rozmístění pohltivých ploch – učebna 1.13**

7.4.2 Posouzení

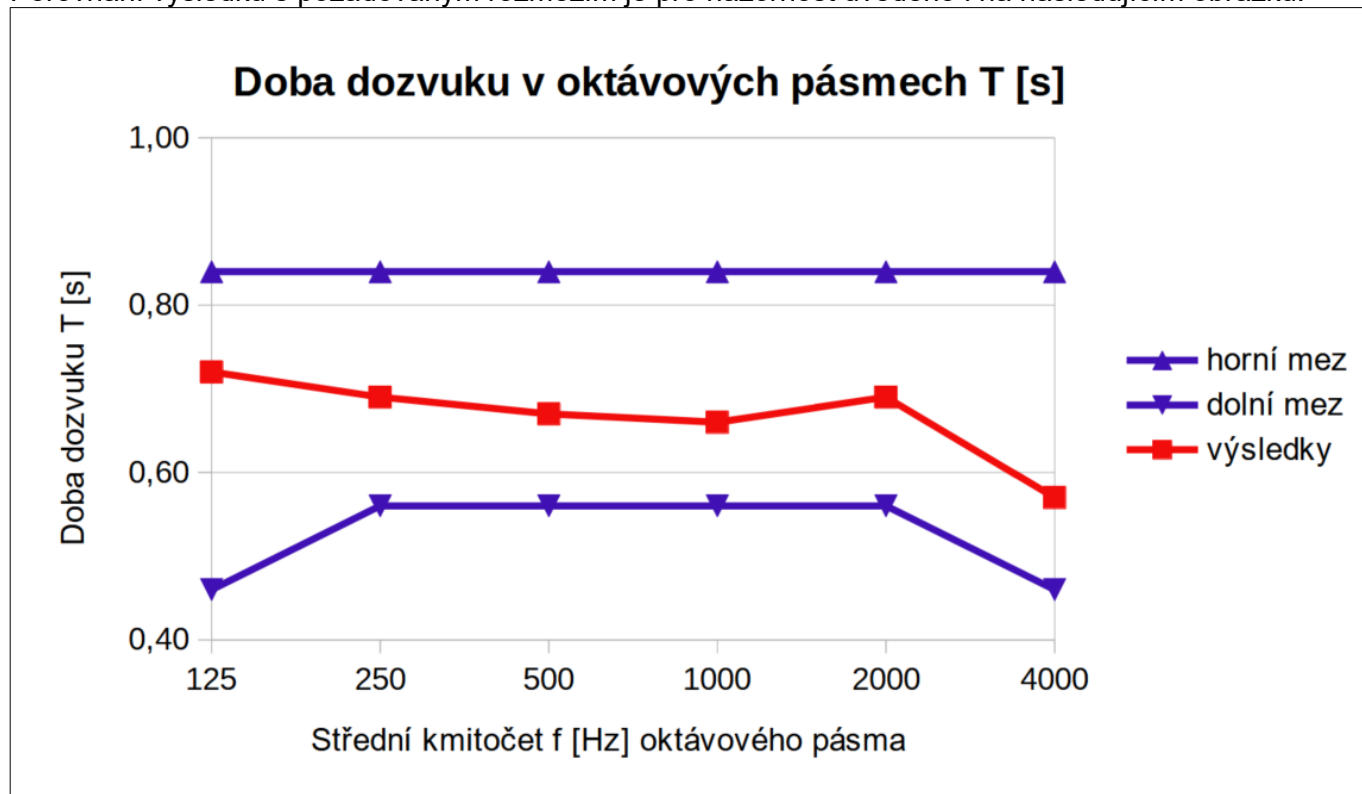
K hodnocení prostorové akustiky projektovaného prostoru je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro projektovanou místnost a jejich porovnání s normovými požadavky dle ČSN 73 0527.

Tab./16/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna 1.13

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	0,72	0,69	0,67	0,66	0,69	0,57
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení				+	+	+	+	+	+

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro obyčejnou učebnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujícím obrázku.

**Obr./11/ Grafické porovnání výsledků s požadavky ČSN 73 0527 – učebna 1.13**

7.5 Učebna 2.02

Učebna 2.02 se nachází v 2. NP nového objektu a bude využívána jako obyčejná učebna. V učebně je uvažováno s kapacitou 30 žáků, pro výpočet je předpokládána obsazenost učebny z 80 % tj. 24 žáků a jeden učitel.

7.5.1 Návrh úprav

Do posuzovaného prostoru je navržen podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 175 mm od plochy stropu (od spodní hrany plného odrazivého nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku). Část stropu nad tabulí tvoří odrazivé desky z dřevěné vlny bez vložené minerální izolace. Zbylou část stropu tvoří pohltivé desky, v části učebny nad kterou je půdní prostor se použijou desky s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (s objemovou hmotností 90 kg/m³), exteriérovou část stropu tvoří desky bez vložené akustické izolace. Přesné umístění obkladu je patrné z následujícího obrázku.

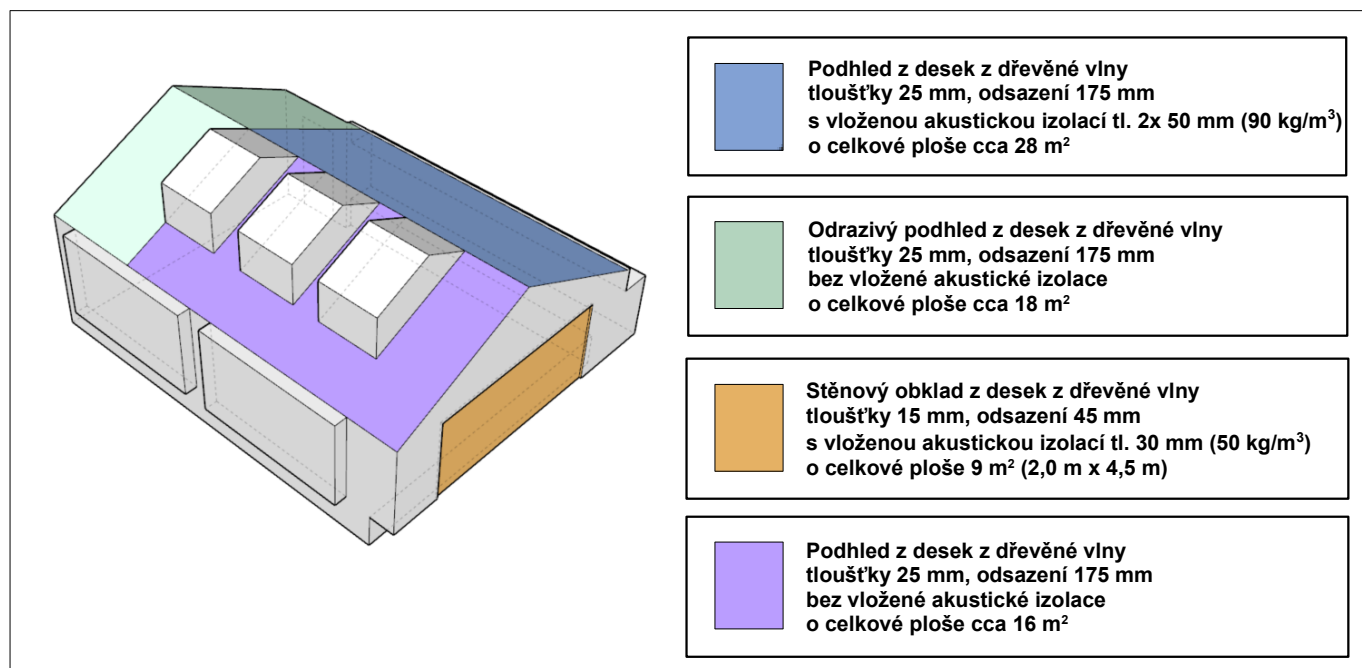
Na interiérové zadní stěně naproti tabuli se umístí obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (s objemovou hmotností 50 kg/m³) o celkové ploše 9 m².

Ostatní povrchy jsou uvažovány jako odrazivé. V učebnách se také uvažuje s vestavnou skříní na zadní a boční interiérových stěnách. Uvažované činitele pohltivosti navržených obkladů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./17 Průběh činitele pohltivosti v oktavových pásmech – učebna 2.02

Použité obklady	95Střední kmitočet f (Hz) oktavového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (90 kg/m ³)	0,75	0,95	1,00	0,95	0,85	0,95
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,25	0,65	0,70	0,60	0,75	0,90
Podhled z desek z dřevěné vlny(odrazivé desky) tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,30	0,15	0,10	0,15	0,25	0,45
Stěnový obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (50 kg/m ³)	0,15	0,50	0,95	0,90	0,60	0,70

^{*)} Pozn.: reálné svěšení podhledu je 175 mm. Vzhledem k tomu, že pro uvedený podhled hodnoty činitele pohltivosti pro svěšení 175 nejsou k dispozici (od výrobce referenčních desek) dle pomocných výpočtů a předběžných odhadů lze očekávat, že pro svěšení 175 mm budou platit stejné hodnoty jako pro svěšení 200 mm.



Obr./12/ Rozmístění pohltivých ploch – učebna 2.02

7.5.2 Posouzení

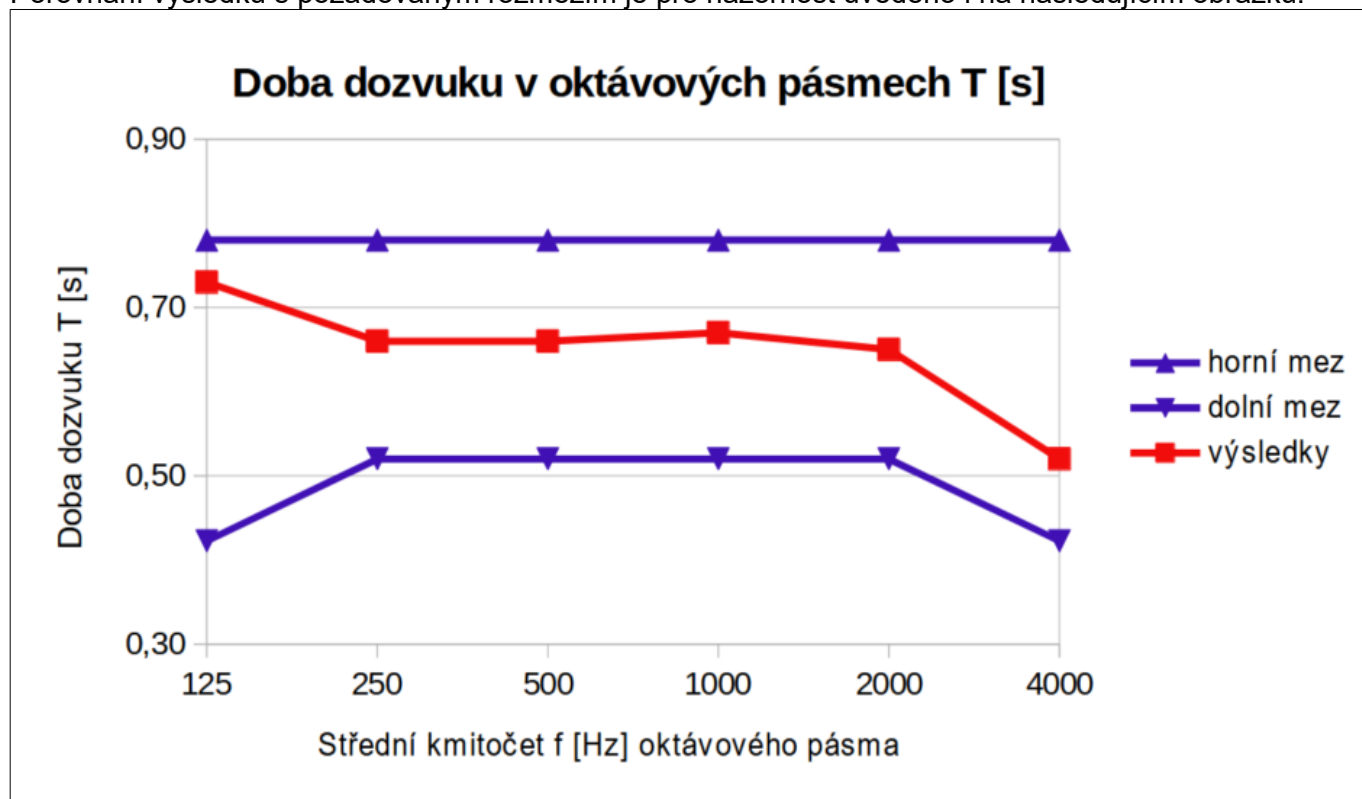
K hodnocení prostorové akustiky projektovaného prostoru je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro projektovanou místnost a jejich porovnání s normovými požadavky dle ČSN 73 0527.

Tab./18/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna 2.02

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech	T	s	0,73	0,66	0,66	0,67	0,65	0,52
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _{E,N}	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Dolní mez	T _{E,N}	0,42	0,52	0,52	0,52	0,52	0,42
Hodnocení			+	+	+	+	+	+

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro obyčejnou učebnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujícím obrázku.



Obr./13/ Grafické porovnání výsledků s požadavky ČSN 73 0527 – učebna 2.02

7.6 Učebna 2.03

Učebna 2.03 se nachází v 2. NP nového objektu a bude využívána jako obyčejná učebna. V učebně je uvažováno s kapacitou 30 žáků, pro výpočet je předpokládána obsazenost učebny z 80 % tj. 24 žáků a jeden učitel.

7.6.1 Návrh úprav

Do posuzovaného prostoru je navržen podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm odsazené 175 mm od plochy stropu (od spodní hrany plného odrazivého nosného prvku ke spodní hraně podhledového prvku). Část stropu nad tabulí tvoří odrazivé desky z dřevěné vlny bez vložené minerální izolace. Zbylou část stropu tvoří pohltivé desky, v části učebny nad kterou je půdní prostor se použijou desky s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (s objemovou hmotností 90 kg/m³), exteriérovou část stropu tvoří desky bez vložené akustické izolace. Přesné umístění obkladu je patrné z následujícího obrázku.

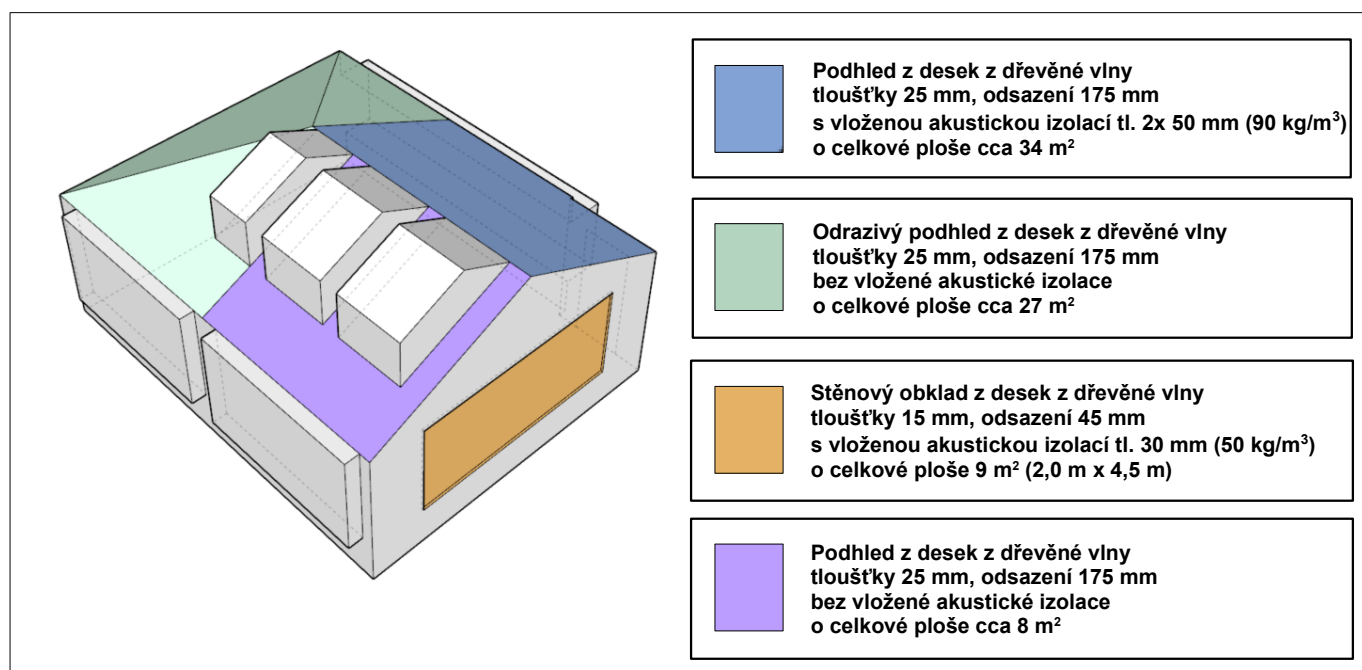
Na interiérové zadní stěně naproti tabuli se umístí obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (s objemovou hmotností 30 kg/m³) o celkové ploše 9 m².

Ostatní povrchy jsou uvažovány jako odrazivé. V učebnách se také uvažuje s vestavnou skříní na zadní a boční interiérových stěnách. Uvažované činitele pohltivosti navržených obkladů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./19/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech – učebna 2.03

Použité obklady	95Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm s vloženou akustickou izolací tl. 2x 50 mm (90 kg/m ³)	0,75	0,95	1,00	0,95	0,85	0,95
Podhled z desek z dřevěné vlny tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,25	0,65	0,70	0,60	0,75	0,90
Podhled z desek z dřevěné vlny (odrazivé desky) tloušťky 25 mm, odsazení 175 ^{*)} mm bez vložené akustické izolace	0,30	0,15	0,10	0,15	0,25	0,45
Stěnový obklad z desek z dřevěné vlny tloušťky 15 mm, odsazení 45 mm , s vloženou akustickou izolací tl. 30 mm (50 kg/m ³)	0,15	0,50	0,95	0,90	0,60	0,70

^{*)} Pozn.: reálné svěšení podhledu je 175 mm. Vzhledem k tomu, že pro uvedený podhled hodnoty činitele pohltivosti pro svěšení 175 nejsou k dispozici (od výrobce referenčních desek) dle pomocných výpočtů a předběžných odhadů lze očekávat, že pro svěšení 175 mm budou platit stejné hodnoty jako pro svěšení 200 mm.



Obr./14/ Rozmístění pohltivých ploch – učebna 2.03

7.6.2 Posouzení

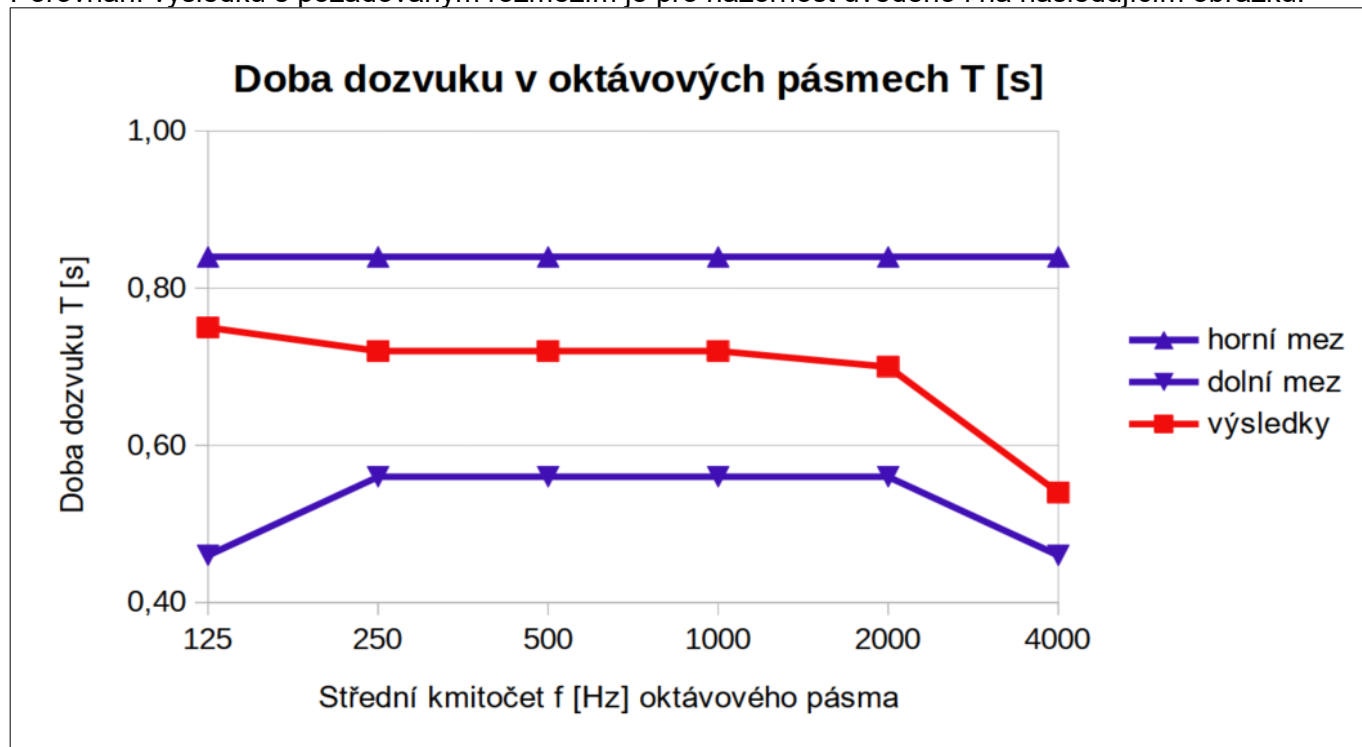
K hodnocení prostorové akustiky projektovaného prostoru je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro projektovanou místnost a jejich porovnání s normovými požadavky dle ČSN 73 0527.

Tab./20/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna 2.03

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech	T	s	0,75	0,72	0,72	0,72	0,70	0,54
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _{E,N}	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	T _{E,N}	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení			+	+	+	+	+	+

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro obyčejnou učebnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujícím obrázku.



Obr./15/ Grafické porovnání výsledků s požadavky ČSN 73 0527 – učebna 2.03

7.7 Prostor tělocvičny**7.7.1 Návrh úprav**

Do posuzovaného prostoru na celou přístupnou plochu podhledu střechy je navržen podhled z perforovaných třívrstvých masivních desek odsazených 50 mm od plochy stěn (od povrchu plně odrazivé stropní desky k vnitřní hraně dřevěného obkladového prvku) s vloženou dřevovláknitou izolací tloušťky 20 mm (s objemovou hmotností 160 kg/m³).

Na dvou stěnách od výšky 3 m nad podlahou (v zarovnání se dveřmi a okny) je navržen obklad z perforovaných třívrstvých masivních desek odsazených 70 mm od plochy stěn (od povrchu plně odrazivé desky konstrukce stěny k vnitřní hraně dřevěného obkladového prvku) s vloženou akustickou tkaninou (s plošnou hmotností 450 g/m²) bez vložené minerální izolace.

Uvažované činitele pohltivosti navržených obkladů převzaté z podkladů výrobců jsou uvedeny v následující tabulce. Přesné umístění obkladů a jejich celková plocha jsou vyznačeny na následujícím obrázku.

Tab./21/ Průběh činitele pohltivosti v oktákových pásmech – tělocvična

Použité obklady	Střední kmitočet f (Hz) oktáového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podhled z perforovaných třívrstvých masivních desek, odsazení 50 mm s vloženou izolací tl. 20 mm (160 kg/m ³)	0,50	0,55	0,55	0,50	0,55	0,55
Podhled z perforovaných třívrstvých masivních desek, odsazení 70 mm s vloženou akustickou tkaninou (s plošnou hmotností 450 g/m ²)	0,10	0,40	0,80	0,80	0,65	0,70

Od podlahy do 3 m výšky a na dvou celých stěnách je objednatel navržen následující dřevěný obklad(od exteriéru):

- hliníkový plech 0,7 mm vlna – tl. 50 mm
- vodorovné latě – tl. 40 mm
- kontralatě – tl. 40 mm
- sádrovláknitá deska – tl. 12,5 mm
- vata minerální – tl. 200 mm
- sádrovláknitá deska – tl. 12,5 mm
- vzduchová mezera – tl. 190 mm
 - akustická minerální izolace – 50 mm
 - latě instalační dutina – 100 mm
 - černá nevetkaná textilie
 - vodorovné latě – tl. 40 mm
- modřínová prkna se svislou otevřenou spárou (spára 5 mm, prkna 200/22) – tl. 22 mm

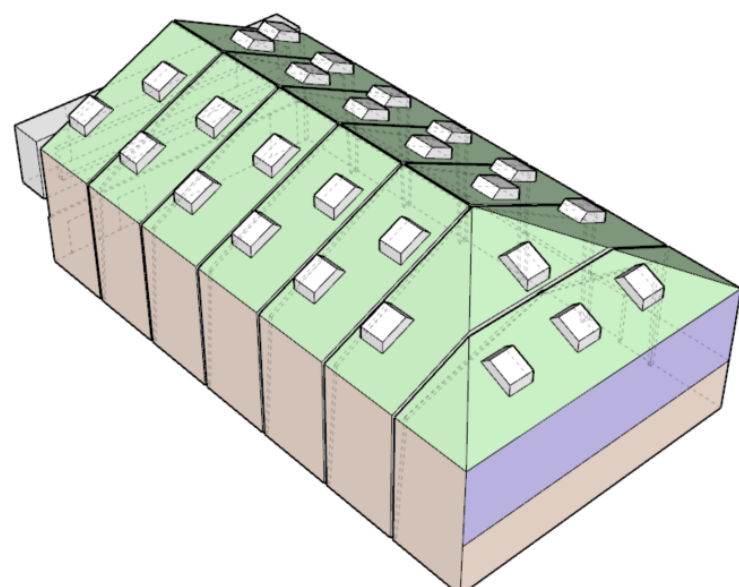
Činitele pohltivosti uvedené skladby byly stanoveny v programu AFMG SoudFlow [14] se zaokrouhlením výsledných hodnot na 0,05. Vypočtené činitele pohltivosti navrženého obkladu jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab./22/ Průběh činitele pohltivosti v oktákových pásmech - výpočet

Použité obklady	Střední kmitočet f (Hz) oktáového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Skladba stěny s dřevěným obkladem	0,40	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05

Ostatní povrchy jsou uvažovány jako odrazivé. Od podlahy do výšky pohltivého dřevěného stěnového obkladu v tělocvičně je navržen plný dřevěný obklad bez perforování a mezer a bez vložené izolace.

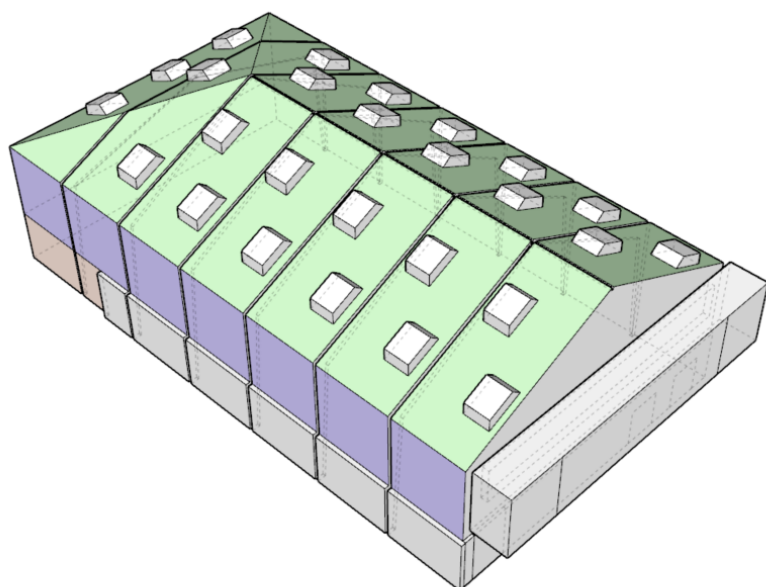
Doporučujeme před realizaci akustických stěnových obkladů v tělocvičně provést kontrolní měření doby dozvuku a případně doladit plochu pohltivých obkladů.



Podhled z perforovaných třívrstevných masivních desek odsazení 50 mm s vloženou izolací tl. 20 mm (160 kg/m³)

Podhled z perforovaných třívrstevných masivních desek odsazení 70 mm s vloženou akustickou tkaninou (450 g/m²)

Objednatel navržený dřevěný obklad



Obr./16/ Rozmístění pohltivých úprav – tělocvična

7.7.2 Posouzení

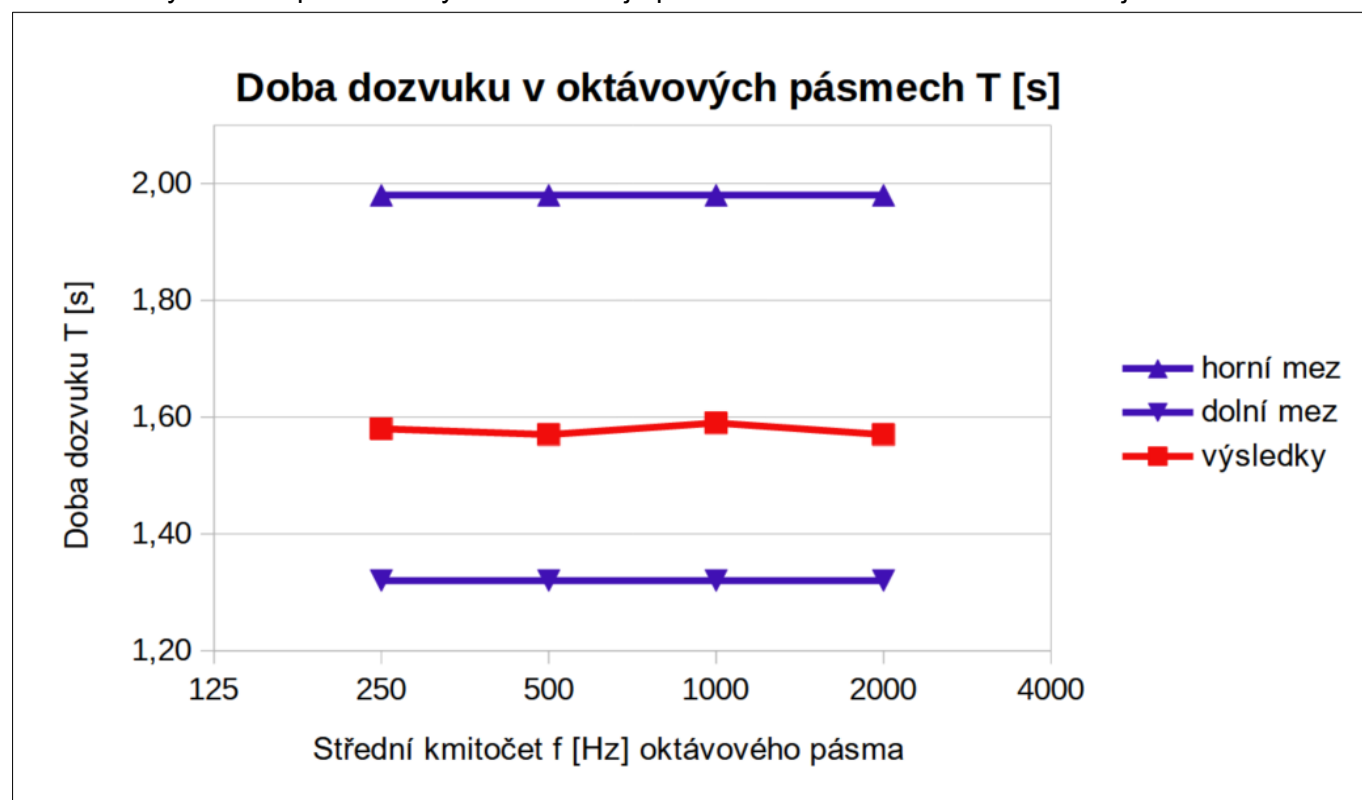
K hodnocení prostorové akustiky projektované místnosti je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro tělocvičnu a jejich porovnání s normovými požadavky dle ČSN 73 0527.

Tab./23/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – tělocvična

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
				250	500	1000	2000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	1,58	1,57	1,59	1,57
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _{E,N}	s	1,98	1,98	1,98	1,98
	Dolní mez	T _{E,N}	s	1,32	1,32	1,32	1,32
Hodnocení				+	+	+	+

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro tělocvičnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujícím obrázku.

**Obr./17/ Grafické porovnání výsledků s požadavky ČSN 73 0527 – tělocvična**

8. ZÁVĚR

Předmětem akustické studie je nová hala tělocvičny včetně dalších prostorů v areálu ZŠ Pod Žvahovem na adrese Pod Žvahovem 463 v Praze 5-Hlubočepy. Úkolem akustické studie v rámci dokumentace pro vydání společného povolení je posouzení přenosu hluku z provozu objednatelem zadáných stacionárních zdrojů hluku a přenosu hluku ze stavební činnosti do chráněných venkovních prostorů a chráněných venkovních prostorů staveb. Výsledky výpočtů hluku před fasádami budou porovnány s hygienickými limity hluku dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. Dalšími úkoly studie je řešení prostorové akustiky v učebnách a tělocvičně pro splnění normových požadavků na dobu dozvuku dle požadavků ČSN 73 0527 a teoretické stanovení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti ve spolupráci s objednatelem vybraných dělicích a obvodových konstrukcí vůči požadavkům ČSN 73 0532.

Hygienický limit hluku ze stacionárních zdrojů u okolních chráněných venkovních prostorů staveb a chráněných venkovních prostorů a chráněných venkovních prostorech staveb stávající základní školy je dodržen ve všech výpočtových bodech v denní i noční době se zohledněním nejistoty výpočtu a se započítáním korekce na tónovou složku.

Dále upozorňujeme na nutnost účinného pružného uložení stacionárních zdrojů ke konstrukci objektu tak, aby bylo zamezeno přenosu hluku chvěním a nutnosti instalace dostatečných tlumičů hluku pro omezení šíření hluku potrubím do interiéru učeben.

V akustické studii je dále posouzen hluk ze stavební činnosti při realizaci předmětného objektu vůči chráněným venkovním prostorům staveb nejbližších objektů. Ve všech fázích výstavby je hygienický limit hluku $L_{Aeq,T} = 65$ dB výpočtově dodržen pro uvedené doby provozu zdrojů hluku. Při provádění prací je nutné dodržení stanovených dob provozu hlučných strojů a zásad uvedených v kapitole 5.6.

Ve studii je také posouzena vzduchová a kročejová neprůzvučnost ve spolupráci s objednatelem vybraných dělicích a obvodových konstrukcí. Stanovené hodnoty vzduchové a kročejové neprůzvučnosti vybraných konstrukcí uvedených v kapitolách 6.2.1 až 6.2.6 splňují požadavky stanovené dle ČSN 73 0532. Ve studii jsou dále uvedena další doporučení pro projektování a realizaci.

Do posuzovaných učeben jsou navrženy obklady z dřevěných akustických desek z dřevěné vlny v různých výškách svěšené a kombinací s akustickou izolací. Přesný popis pohltivých obkladů a jejich umístění je popsán v kapitolách 7.3. až 7.6. Do prostoru tělocvičny jsou navrženy obklady z panelů z perforovaných třívrstvých masivních desek v různých výškách svěšené a kombinací s akustickou izolací. Přesný popis pohltivých obkladů a jejich umístění je popsán v kapitole 7.7.

Vypočtené hodnoty doby dozvuku jsou ve všech hodnocených pásmech v požadovaném rozmezí pro obyčejné učebny a tělocvičnu dle ČSN 730527. Dále doporučujeme umístit pohltivý podhled i v prostoru posilovny, který nemá požadavky na prostorovou akustiku.

Vzhledem k tomu, že jsou obklady navrženy k realizaci z vnitřní strany konstrukce a obsahují akustický pohlcovač z minerálních vláken, který má také tepelněizolační vlastnosti, je nutné jako prevenci před rizikem růstu plísní a tvorby kondenzátu nad podhledem posouzení tepelně vlhkostního chování skladeb.

Návrh vychází z teoretických výpočtů, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností a pracují s hodnotami materiálových parametrů zjišťovaných v laboratorním prostředí. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtových modelů může mírně lišit. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 20% nákladů.

V Praze dne 30.08.2023

za DEKPROJEKT s.r.o.

Ing. Elizaveta Fatyanova

Tel.: +420 735 768 772

Email: elizaveta.fatyanova@dek-cz.com