

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: **Nový objekt tělocvičny
ZŠ Roztoky - Žalov
parc. č. 2990/9, 2994/2
k. ú. Žalov, Roztoky u Prahy**

**E.6 - Návrh řešení prostorové
akustiky tělocvičny**

Zakázka č.: **1-1219-3105**

Zadavatel: **B.B.D. s.r.o.
Rokycanova 30
130 00 Praha 3**

Obsah
dokumentace: **Akustická studie**

Datum: **Prosinec 2019**

© AKUSTICKÉ CENTRUM 2019

AKUSTICKÉ CENTRUM s. r. o., Bělohorská 131, 169 00 Praha 6, Tel.: 235315094

e-mail: ac@akustickecentrum.cz, www.akustickecentrum.cz

IČ: 27420035, DIČ: CZ27420035

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: **Nový objekt tělocvičny
ZŠ Roztoky - Žalov
parc. č. 2990/9, 2994/2
k. ú. Žalov, Roztoky u Prahy**

**E.6 - Návrh řešení prostorové
akustiky tělocvičny**

Zodpovědný
pracovník:

Ing. Robert Fleischman

Spolupráce:

kolektiv Akustického centra

Supervize:

Ing. David Kail

Výsledky obsažené v tomto dokumentu jsou duševním vlastnictvím společnosti AKUSTICKÉ CENTRUM s. r. o. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Výchozí údaje.....	4
	2.1 Podklady.....	4
	2.2 Použitá literatura	4
	2.3 Základní charakteristiky prostoru	5
3	Normativní požadavky a doporučení.....	6
4	Návrh prostorově akustických úprav	7
5	Popis navržených akustických úprav.....	10
6	Závěr	12

1 Úvod

Tato studie byla vypracována na základě objednávky firmy B.B.D. s.r.o. ze dne 21. 11. 2019 za účelem návrhu prostorově akustických úprav nově navrhované tělocvičny ZŠ Roztoky - Žalov, která má být vybudována na pozemcích parc. č. 2990/9 a 2994/2, k. ú. Žalov, Roztoky u Prahy.

Studie v souladu s objednávkou obsahuje:

- stanovení prostorově akustických požadavků na tělocvičnu dle příslušných norem a doporučení,
- návrh prostorově akustických úprav tělocvičny.

2 Výchozí údaje

2.1 Podklady

- 1) Informace poskytnuté zástupcem objednatele panem Ing. Pavlem Bejčkem a panem Ing. Michalem Maiwaldem (B.B.D. s.r.o.), 12/2019.
- 2) Stavební výkresová dokumentace „Základní škola Roztoky“, zprac. Ing. Michal Maiwald (B.B.D. s.r.o.), 12/2019.
- 3) Popis skladeb stavebních konstrukcí, zprac. Ing. Michal Maiwald (B.B.D. s.r.o.), 12/2019.

2.2 Použitá literatura

- 1) Zákon č. 258/2000 Sb. „o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů“.
- 2) Zákon č. 267/2015 Sb. „Zákon, kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony“ (s účinností od 1.12.2015).
- 3) Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

- 4) Vyhláška č. 343/2009 Sb. kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.
- 5) ČSN 73 0525 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady, únor 1998.
- 6) ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely, březen 2005.
- 7) Kolmer F., Kyncl J. – Prostorová akustika, SNTL, Praha, 1980.
- 8) M. Krňák – Akustické obklady, VÚZORT.
- 9) J. Vaverka a kol. - Stavební fyzika 1 – urbanistická, stavební a prostorová akustika, VUTIUM, Brno 1998.
- 10) Protokoly o měření činitele zvukové pohltivosti akustických materiálů, archiv Akustického centra.

2.3 Základní charakteristiky prostoru

Popis prostoru:

Školní tělocvična má být vybudována na pozemcích parc. č. 2990/9 a 2994/2, k. ú. Žalov, Roztoky u Prahy. Tělocvična má obdélníkový půdorys o rozměrech cca 30,70 × 18,82 m. Strop tělocvičny kopíruje tvar sedlové střechy s velmi malým sklonem. Strop tělocvičny bude podepřen příznanou ocelovou příhradovou konstrukcí. Světlá výška tělocvičny bude 9,32 - 9,61 m. V úrovni 1.PP budou v delší stěně vytvořeny niky pro 4 dvouřadé skládací tribuny po 17 místech. V úrovni 1.NP bude v místech nad nikami připojen k tělocvičně ochoz, který dále ústí do vstupní haly (vstupní hala není oddělena dveřmi).

Podlaha tělocvičny bude tvořena nášlapnou vrstvou z masivních sendvičových parket (elastický sportovní povrch dle ČSN EN 14904). Stěny tělocvičny budou z části tvořeny betonovými neomítnutými tvárnicemi, z části plechovými sendvičovými panely s jádrem z minerální vlny. V jedné z delších stěn budou umístěna okna zasklená izolačními trojskly v hliníkových profilech. Strop tělocvičny bude tvořen trapézovým plechem SP45 s ochranným nástřikem (v dalších kapitolách je navrženo pod tento strop umístit zvukově pohltivý podhled). Strop bude podepřen ocelovými příhradovými vazníky.

Základní rozměrové charakteristiky prostoru:

- půdorysná plocha..... 606 m²
- celková povrchová plocha.....2 324 m²
- objem.....5 790 m³

3 Normativní požadavky a doporučení

Vyhláškou č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jsou stanoveny hygienické požadavky na optimální dobu dozvuku ve školách následovně:

§ 4b) „V zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální doby dozvuku.“

Normativní požadavky na akustické řešení prostorů ve školách jsou uvedeny v normách ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527.

Požadované akustické kvality uzavřených prostorů se dosáhne volbou vhodných typů akustických prvků, nalezením jejich optimálního množství (výměr) a příhodným rozmístěním těchto výměr na stěnách a na stropě místnosti. Hlavní kritérium pro výběr prvků a stanovení jejich potřebného množství představuje kmitočtový průběh doby dozvuku dané místnosti, tedy hodnoty doby dozvuku v jednotlivých oktávových pásmech 125 Hz až 4 kHz, resp. 250 Hz až 2 kHz.

Optimální doba dozvuku

Norma ČSN 73 0527 udává optimální hodnotu doby dozvuku T_0 při kmitočtu 1 kHz (resp. 500 Hz) v závislosti na účelu a případně též objemu prostoru. Je v ní uvedeno i normované toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku T/T_0 pro jednotlivé typy prostorů.

Pro tělocvičny je optimální doba dozvuku v normě ČSN 73 0527 stanovena následujícími vztahy:

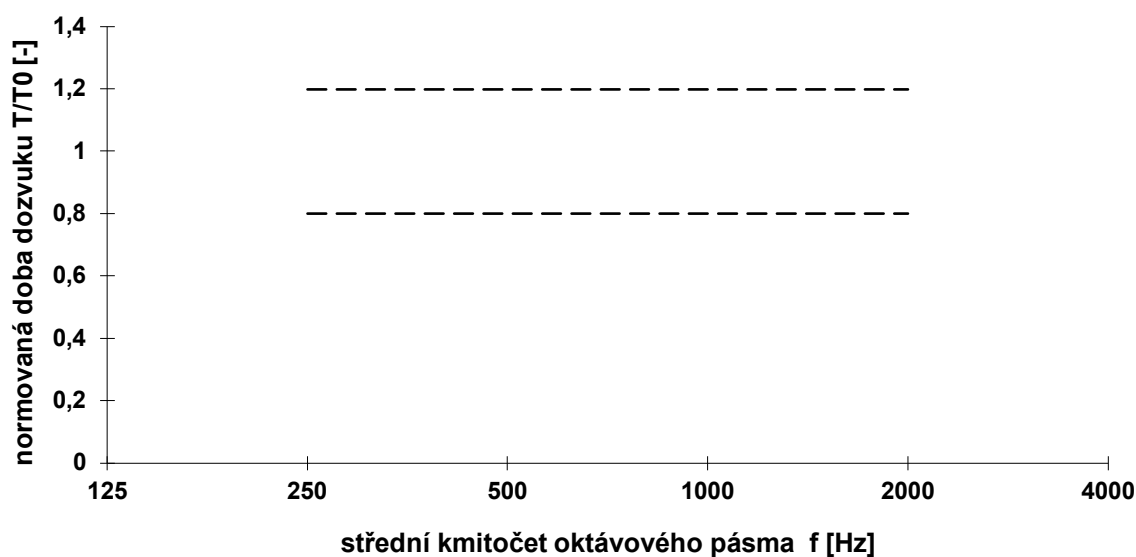
$$T_0 = 0,3961 \log V + 0,023 \text{ (vztah platí pro rozsah objemů } V = 500 \text{ až } 3\,000 \text{ m}^3)$$

$$T_0 = 1,0366 \log V - 2,204 \text{ (vztah platí pro rozsah objemů } V = 3\,000 \text{ až } 20\,000 \text{ m}^3)$$

Při objemu tělocvičny cca 5 790 m³ vychází pro oktávové pásmo 1 kHz optimální doba dozvuku $T_0 = 1,70$ s.

Na rozdíl od běžných školních učeben a poslucháren se doba dozvuku školních tělocvičen vyhodnocuje v neobsazeném stavu.

Toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro prostory tělocvičny a sportovní haly je uvedeno v následujícím grafu.



Obr. 1: Toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro tělocvičny a sportovní haly

4 Návrh prostorově akustických úprav

Předmětná tělocvična je ve stavu bez prostorově akustických úprav velmi málo členitým prostorem s rozlehlými planparalelními povrchovými plochami (strop a podlaha sice nejsou zcela planparalelní, ale jejich vzájemná úhlová odchylka je velmi malá) a s velmi nízkou zvukovou pohltivostí povrchových ploch. V tomto stavu lze očekávat velmi vysokou dobu dozvuku uvnitř tělocvičny a značnou tendenci ke vzniku třepotavé ozvěny. Tyto jevy zapříčiní pomalé doznívání zvuku buzeného uvnitř tohoto prostoru (tzn. i pomalé doznívání mluveného slova), a tím i nízkou srozumitelnost mluveného slova. Dlouhá doba dozvuku také přispívá k navýšení celkové hladiny akustického tlaku rušivých hluků v dozvukovém poli uvnitř tělocvičny.

Doba dozvuku tělocvičny by ve stavu bez prostorově akustických úprav nevyhovovala hygienickému požadavku vyhlášky č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Pro zlepšení hlukové situace uvnitř tělocvičny **doporučujeme instalovat na stěny a strop prostoru zvukově pohltivé materiály**. Zvukově pohltivé materiály způsobí snížení doby dozvuku, a tím i zlepšení srozumitelnosti mluveného slova a snížení hluku v dozvukovém poli uvnitř předmětného prostoru.

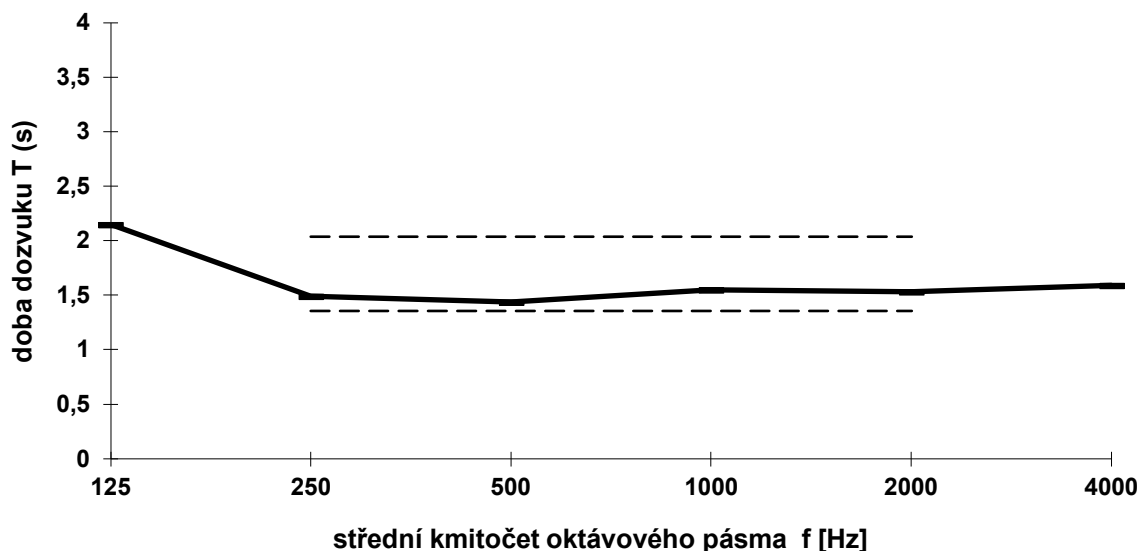
Vzhledem k tomu, že v dolní části stěn (od podlahy do výšky 2 200 mm) je požadováno instalovat obklad z neperforovaných hladkých desek, bude nutné zvukově pohltivý obklad instalovat až do oblastí nad těmito deskami. Z akustického hlediska je tato instalace sice méně příznivá než instalace pohltivého obkladu do výšky hlav stojících osob (v oblasti hlav stojících osob bude vznikat třepotavá ozvěna), nicméně i takto umístěný obklad je nutnou podmínkou pro zajištění přijatelných akustických podmínek uvnitř prostoru tělocvičny.

Od výšky 2 200 mm do výšky 4 300 mm nad podlahou navrhujeme **na dvou kratších stěnách a jedné delší stěně pod okny instalovat zvukově pohltivý obklad - tzv. laťový rezonátor**, složený z vertikálních dřevěných lamel (resp. dřevotřískových, překližkových či z materiálu MDF) šíře 80 mm, kladených s mezerami 20 mm. Tloušťka lamel bude cca 20 - 25 mm a budou instalovány na roštu hloubky 100 mm. Do takto vzniklé dutiny za lamelami bude vložen materiál Ecophon Industry Modus S tl. 50 mm, přitisknutý na rub lamel (za materiálem Ecophon Modus S tedy zbyde ještě volná dutina hloubky 50 mm). Tento akustický obklad bude realizován do prostoru mezi nosnými sloupy v celé délce všech třech uvedených stěn. Úhrnná akusticky účinná plocha obkladu činí cca 138,4 m².

Na strop (do polí mezi vazníky) navrhujeme **instalovat kombinaci rastrového akustického podhledu Ecophon Super G (tl. desek 35 mm) a odrazivého deskového materiálu (např. sádrokartonu)**. Z úhrnné plochy polí mezi vazníky cca 556,4 m² bude podhled Ecophon Super G zaujímat plochu 393,1 m² (v polích mezi vazníky bude zvukově pohltivý podhled zaujímat oblast 4,2 × 15,6 m), zbývající plocha bude zvukově odrazivá. Zvukově odrazivá plocha bude tvořena sádrokartonem tl. 15 mm (nebo jiným deskovým materiálem). Podhled (zvukově pohltivá i odrazivá část) bude mít svěšení 300 mm pod spodní vlnu trapézového plechu.

Jelikož je v úrovni 1.NP k delší stěně tělocvičny připojen ochoz, který dále ústí bez dveří do vstupní haly, doporučujeme pod strop ochozu a navazující vstupní haly celoplošně **instalovat rastrový akustický podhled Ecophon Super G (tl. desek 35 mm)**. Podhled bude mít svěšení 200 mm pod stavebním stropem. Podhled zajistí snížení hluku šířícího se přes ochoz a vstupní halu do okolních prostorů alepší srozumitelnost mluveného slova na ochozu.

Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku takto akusticky upravené tělocvičny je uveden v tab. 1 a graficky znázorněn na obr. 2 (spolu s mezemi odnormovaného tolerančního pásma).



Obr. 2: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku tělocvičny s akustickým pohledem a dřevěným obkladem stěn na způsob laťového rezonátoru (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)

Okt. pásmo f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Doba dozvuku T (s)	2,15	1,49	1,44	1,55	1,53	1,59

Tab. 1: Vypočtené hodnoty doby dozvuku tělocvičny s akustickým pohledem a dřevěným obkladem stěn na způsob laťového rezonátoru

Výsledné hodnoty v jednotlivých oktávových pásmech se nacházejí uvnitř tolerančního pásma optimální doby dozvuku pro danou tělocvičnu. Stěny do výšky 2 200 m nejsou vůbec akusticky ošetřeny, takže zde lze s největší pravděpodobností očekávat v oblasti hlav stojících osob třepotavou ozvěnu, která je v každém případě rušivá a může navíc způsobit odchylku skutečně změřené doby dozvuku oproti výsledkům výpočtu směrem vzhůru, a tedy i překročení horní meze tolerančního pásma. Nicméně je potřeba respektovat požadavek objednatele studie na umístění obkladu z neperforovaných hladkých desek v dolní části stěn od podlahy do výšky 2 200 mm (zejména z bezpečnostního hlediska).

5 Popis navržených akustických úprav

Podhled pod stropem tělocvičny (oblasti mezi vazníky)

Ecophon Super G tl. 35 mm: 393,1 m²

SDK tl. 15 mm nebo jiný deskový materiál: cca 163,3 m²

V polích mezi vazníky bude zvukově pohltivý podhled Ecophon Super G zaujímat oblast 4,2 × 15,6 m. Podhled bude svěšen 300 mm pod spodní vlnu trapézového plechu.

Podhled pod stropem ochozu a vstupní haly v úrovni 1.NP

Ecophon Super G tl. 35 mm pod stropem ochozu: 50,2 m²

Ecophon Super G tl. 35 mm pod stropem vstupní haly: 64,0 m²

Podhled bude svěšen 200 mm pod stavebním stropem ochozu a vstupní haly v 1.NP.

Dřevěný obklad stěn (výška obkladu 2 100 mm)

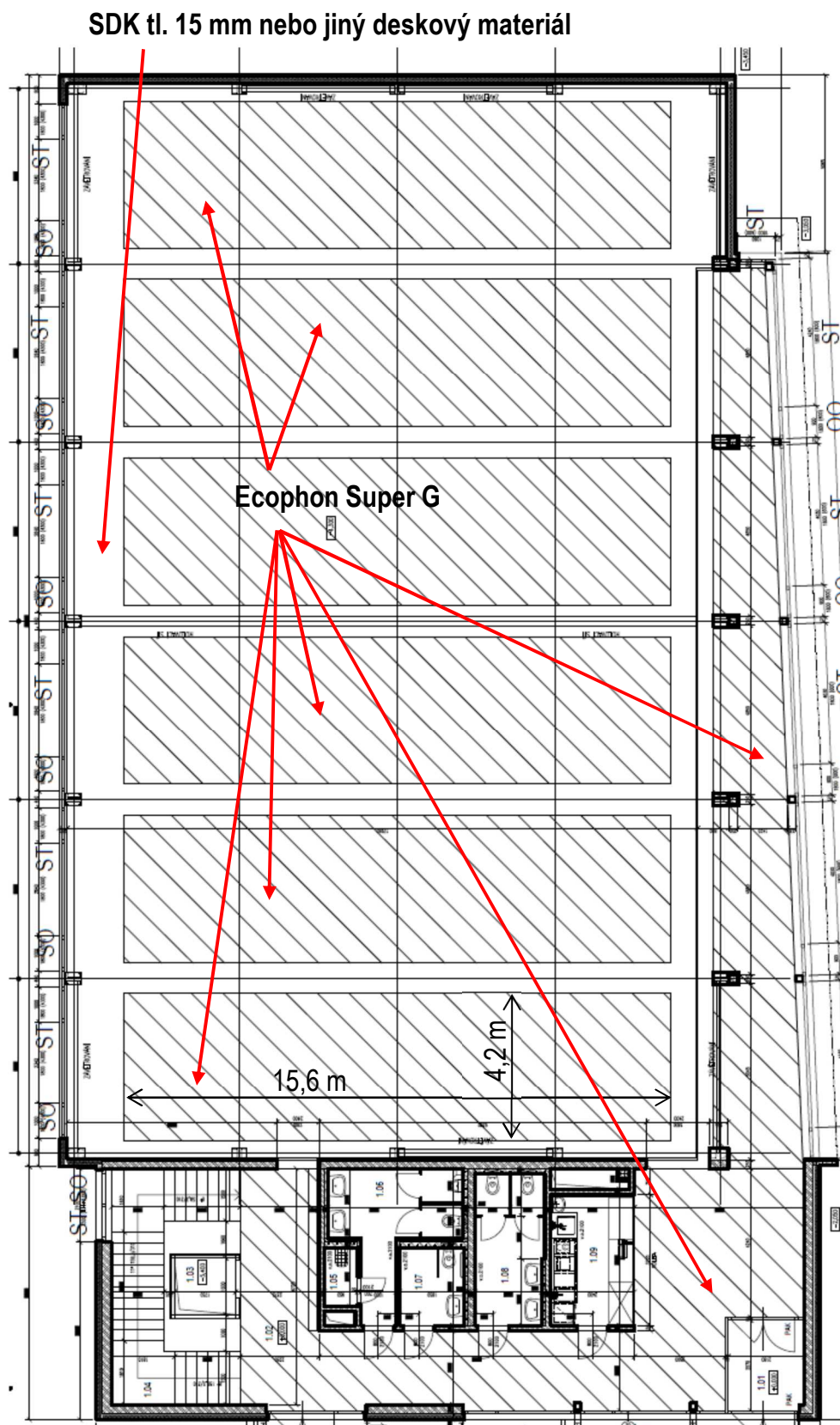
Laťový rezonátor: 138,4 m²

Laťový rezonátor bude složen z vertikálních dřevěných lamel výšky 2 100 mm (resp. dřevotřískových, překližkových či z materiálu MDF) a šíře 80 mm, kladených s mezerami 20 mm. Tloušťka lamel bude cca 20 - 25 mm a budou instalovány na roštu hloubky 100 mm. Do takto vzniklé dutiny za lamelami bude vložen materiál Ecophon Industry Modus S tl. 50 mm, přitisknutý na rub lamel (za materiálem Ecophon Modus S tedy zbyde ještě volná dutina hloubky 50 mm).

Laťový rezonátor bude instalován v prostorech mezi nosnými sloupy od výšky 2 200 mm do výšky 4 300 mm nad podlahou v celé délce dvou kratších a jedné dlouhé stěny (pod okny) tělocvičny.

Upozornění:

Všechny uvedené výměry jsou bez prořezu a bude je třeba upřesnit dle zaměření na stavbě!



Obr. 3: Rozmístění rastrového podhledu Ecophon Super G pod stropem tělocvičny, ochozu a vstupní haly

6 Závěr

Předmětná tělocvična je vzhledem k tvaru a předpokládanému vybavení velmi málo difúzním prostorem. Proto byly její prostorově akustické úpravy navrženy tak, aby byla omezena možnost vzniku třepotavé ozvěny degradující prostorově akustické vlastnosti prostoru. Nicméně umístění zvukově pohltivého stěnového obkladu (laťového rezonátoru) musí respektovat požadavek na umístění tohoto typu obkladu až nad horní okraj ochranného obkladu z hladkých neperforovaných desek. Popis prostorově akustických úprav je uveden v kapitole 5.

Po realizaci prostorově akustických úprav bude předmětná tělocvična vyhovovat **hygienickému požadavku vyhlášky č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, na zajištění optimální doby dozvuku dle ČSN 73 0527.**

Akustické parametry tělocvičny závisejí na mnoha faktorech, z nichž některé nelze s dostatečnou přesností předvídat. Kromě anomálií, způsobených nízkou difuzitou, se jedná též o pohltivost stěn, podlahy, oken atp. Navržené akustické úpravy proto musejí být realizovány ve spolupráci s akustikem, který na základě výsledků kontrolních měření doby dozvuku upřesní výměru stěnového obkladu i stropního podhledu v krajním případně provede i jiné korekce souboru akustických úprav.

Případné změny je možno konzultovat s autorem této studie.