

AKUSTICKÁ STUDIE K DPS

- REVITALIZACE ZIMNÍHO STADIONU V TŘEBÍČI

Generální projektant: AS PROJECT CZ. s.r.o.

Stupeň: akustická studie pro DPS

Počet listů/ z toho příloh: 12/0

Výtisk č: 1

Zpracoval: AVA - Ing. Rostislav Daněk
Nušlova 65/V
377 01 Jindřichův Hradec
tel. 603 242 319
email: info@ava-jh.cz

Dne: 30. 3. 2022

PROSTOROVÁ AKUSTIKA

1. Úvod

Tato zpráva byla zpracována jako podklad pro realizaci akustických úprav pro snížení doby dozvuku v prostoru hlavní hrací haly 2N51 ZS Třebíč, dále v tělocvičnách 2N33, 3N34, 3N35, 3N41 a dále v místnosti komentátorů 4N38 a zvukové režii 4N39. Studie řeší výpočet potřebných ploch akustických obkladů pro snížení doby dozvuku na požadovanou hodnotu dle ČSN 73 0527. Detailní provedení akustických úprav je dokumentováno ve výkresové dokumentaci stavby.

2. Podklady, přípustné hodnoty, metodika

2.1. Podklady

- ČSN 73 0525, ČSN 73 0527,
- projektová dokumentace – AS PROJECT CZ. s.r.o.,
- Vavřina, Havránek, Kozel, Siegl: Akustika, VUT Brno 1996,

2.2. Metodika

Dle ČSN 73 0527 je doporučená hodnota doby dozvuku pro uvedené prostory následující:

A) hlavní hrací hala, V= cca 39 000 m³:

Norma ČSN 73 0527 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro sportovní haly do velikosti 20 000 m³. Aproximací křivky z obr. A.1 lze odhadnout pro daný objem haly vhodnou dobu dozvuku

$$T(0) = 2,55 \text{ s pro neobsazený stav,}$$

Vzhledem k předpokladu použití zvukové aparatury a vhodnosti zvýšení srozumitelnosti řeči budeme uvažovat v návrhu cílovou hodnotu doby dozvuku v rozmezí **2 – 2,3 s**.

B) tělocvična 3N34, V= cca 380 m³:

Norma ČSN 73 0527 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro sportovní haly od velikosti 500 m³. Aproximací křivky z obr. A.1 lze odhadnout pro daný objem haly vhodnou dobu dozvuku

$$T(0) = 1,04 \text{ s pro neobsazený stav, bude voleno rozmezí 0,8 – 1 s.}$$

C) tělocvična 3N35, V= cca 1470 m³:

$$T(0) = 1,27 \text{ s pro neobsazený stav,}$$

D) tělocvična/studovna 3N41, V= cca 276 m³:

Norma ČSN 73 0527 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro sportovní haly od velikosti 500 m³. Aproximací křivky z obr. A.1 lze odhadnout pro daný objem haly vhodnou dobu dozvuku

$$T(0) = 0,99 \text{ s pro neobsazený stav, bude voleno rozmezí 0,8 – 1 s.}$$

E) tělocvična, nácvik střelby 2N33, V= cca 382 m³:

Norma ČSN 73 0527 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro sportovní haly od velikosti 500 m³. Aproximací křivky z obr. A.1 lze odhadnout pro daný objem haly vhodnou dobu dozvuku

$$T(0) = 1,04 \text{ s pro neobsazený stav,}$$

F) místnost pro komentátory 4N38, V = cca 23,5 m3:

Norma ČSN 73 0526 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro hlasatelný, doporučený objem 30 m3 dobu dozvuku

$$T(0) = 0,3 \text{ s.}$$

G) zvuková režie 4N39, V = cca 48,9 m3:

Norma ČSN 73 0526 stanoví doporučenou dobu dozvuku pro režijní místnosti, doporučený objem 130 m3 dobu dozvuku

$$T(0) = 0,3 \text{ s.}$$

Pozn: zde chápána zvuková režie zejména jako místnost pro odbavování zvukových nahrávek při sportovních akcích.

H) technické místnosti 4N37, 4N40 a kamery 4N36, VIP restaurace 4N08a-e, jednací místnosti 4N18 – 20, kancelář 4N21-4N22:

- širokopásmový akustický podhled

3. Popis situace

Jedná se o rekonstrukci a přístavbu ZS. Součástí rekonstrukce bude i akustická úprava uvedených prostor primárně situována do stropu (akustický podhled). V místnosti č. 4N38 (komentátoři) a zvukové režii 4N39 je navržen i akustický obklad stěn do výše 2150 mm nad úroveň podlahy. V hlavní sportovní hale je kromě stropních podhledů též část akustických obkladů navržena na volné plochy bočních stěn. Též jsou použity čalouněná sedadla se spodní perforací sedáku.

Studie řeší pouze výměry ploch jednotlivých materiálů tak, aby byly splněny požadavky ČSN. Detailní konstrukční řešení a barevné provedení – viz. výkresy PD stavba..

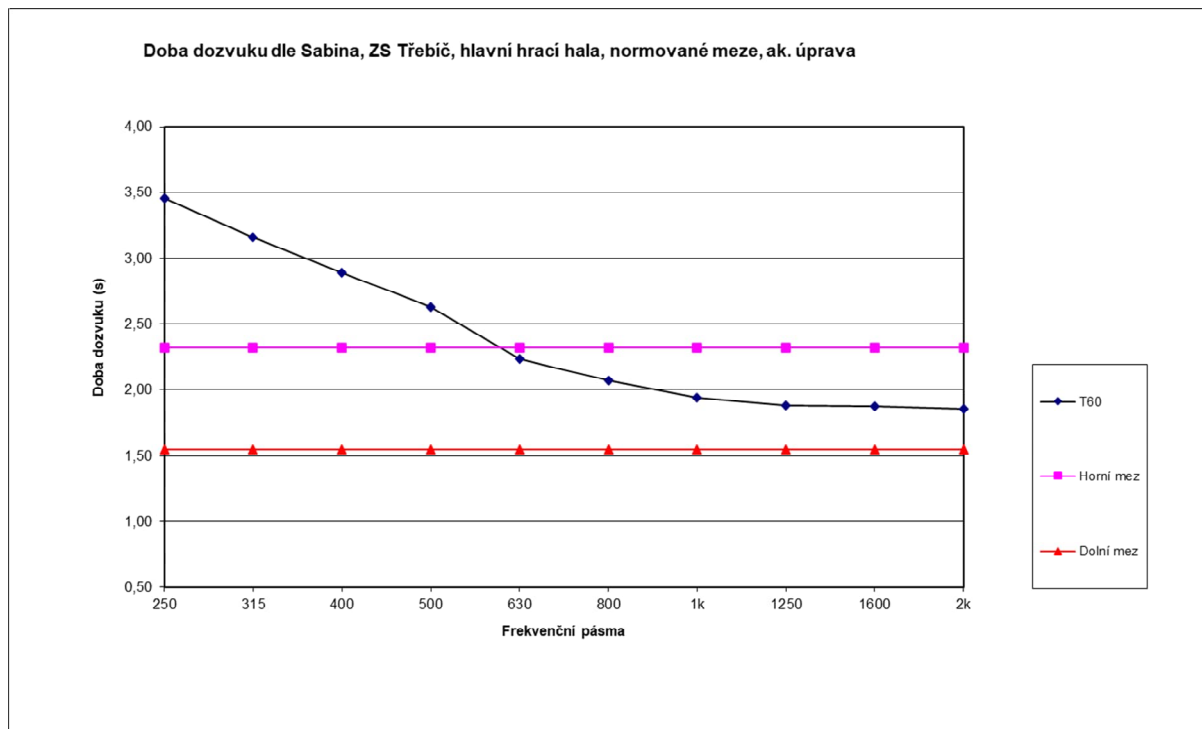
4. Vstupní parametry

A) Zdroje hluku/činnosti: - sportovní aktivity, reprodukováná hudba, řeč,

B) Možná plochy a konstrukce pro akustickou úpravu: - strop, stěny.

5. Výpočet doby dozvuku

ad A) Hlavní hrací hala – normované meze pro tělocvičnu - úprava stropu – prázdná hala – akustický zavěšený podhled, částečně akustický obklad stěn



Z uvedených výpočtů je patrné, že ve frekvenčních pásmech pod cca 600 Hz dochází k nárůstu doby dozvuku. Z tohoto důvodu není plně dodrženo toleranční pásmo určené pro tělocvičny a sportovní haly. Průběh doby dozvuku koresponduje s navrženým řešením stropu – tj. instalací lehkých akustických panelů s mezerami mezi panely (oproti původní studii ke SP, kde byl uvažován celoplošný akustický podhled pod stropem) – z důvodu dodržení požadavků na ostatní zařízení, zejména:

- rovnoměrné větrání haly, vedení VZT,
- elektroinstalace, osvětlení,
- požární bezpečnost,
- statika, výměna střešního pláště – změna konstrukce,
- daná dispozice prostoru (rekonstrukce).

Tj. při respektování požadavků uvedených profesí a dodržení předpisů a norem, které zejména zajišťují **bezpečnost** provozu zimního stadionu, nebylo možné provést návrh způsobem, který by zajistil požadovaný průběh doby dozvuku.

Navržené řešení splňuje požadavek na srozumitelnost v oblasti středních a vyšších kmitočtů. Doba dozvuku prázdné haly je v pásmu kmitočtů cca od 300 Hz výše v rozsahu $T = 2 - 3$ s (požadavek normy pro daný objem je 2,55 s).

Srozumitelnost řečové pásmo – střední a vyšší kmitočty (potřeba tréninku, na delší vzdálenost přenos řeči řeší zvuková aparatura) – $Q=2,5$, $T= 2,0$ s, $V = 39000$ m³:

- pro ZSS.....0-2 výborná,
pro ZSS3-5 dobrá,
pro ZSS.....6-12 vyhovující.

Zvolme komunikační vzdálenosti:

- 8 m.....ZSS = 0,5 – VÝBORNÁ,
16 m.....ZSS = 2,1 – VÝBORNÁ,
24 mZSS = 4,7 – DOBRÁ.

Akustická úprava stropu:

- pod strop haly bude instalován v řadách akustický minerální podhled o velikosti desek 1160 x 1160 x 40 mm, resp. malá část o velikosti 1160 x 560 x 40 mm volně zavěšený – TYP 1 - *referenční typ Ecophon Solo Matrix* - viz. výkres v PD. Ve střední části bude tento podhled doplněn akustickými bafflemi ve dvou řadách – TYP 2, vertikálně volně zavěšenými o rozměru 1200 x 600 x 40 mm - *referenční typ Ecophon Solo Baffle* . Plošná hmotnost podhledu do 6 kg/m²,

Akustické vlastnosti podhledu viz. – referenční výrobek:

<https://www.ecophon.com/cz/ecophon/free-hanging-units-and-baffles/solo/solo-matrix/>

<https://www.ecophon.com/cz/ecophon/free-hanging-units-and-baffles/solo/solo-baffle/>

- plošná výměra nového podhledu TYP 1 je cca 1460 m², TYP 2 je cca 160 m² (hodnoty použité v akustickém výpočtu, přesné výměry viz. výkaz výměr) .

Akustická úprava stěn:

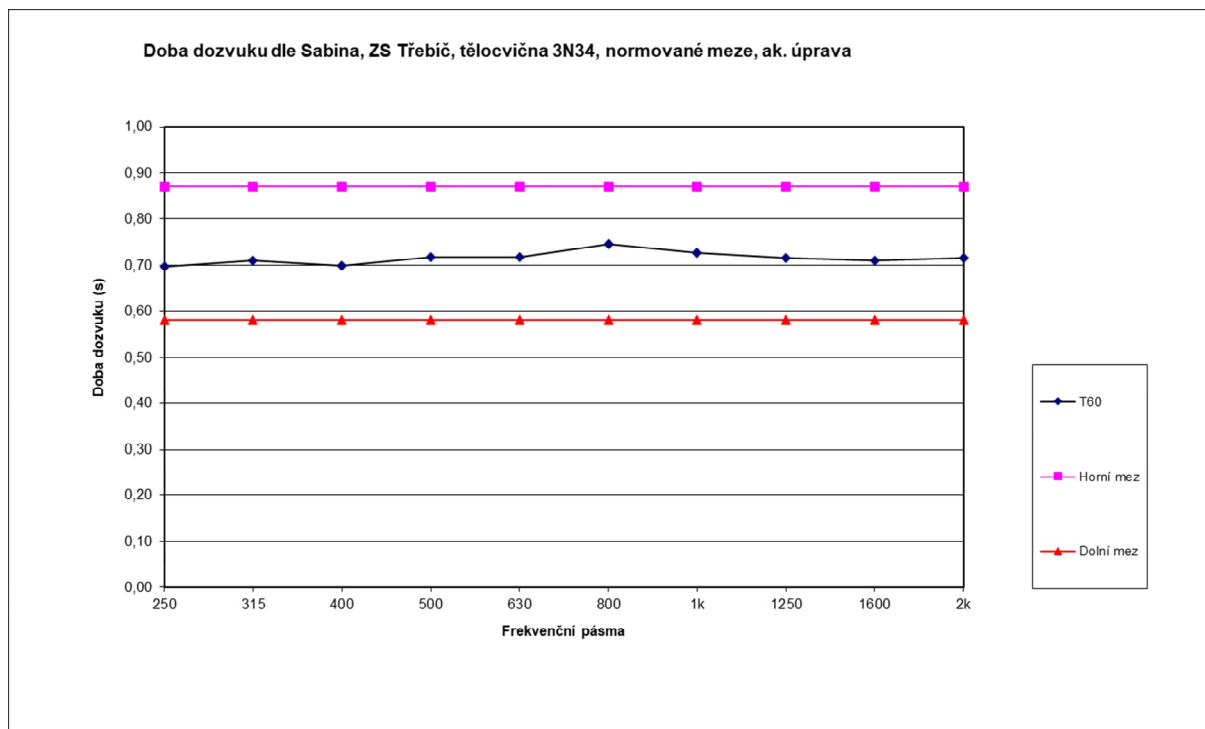
- na podélné stěny – viz řez A13 a B10 a dále na hraně západní přístavby – řez B07 – bude instalován stěnový akustický obklad tvořený perforovanými deskami s vloženou minerální izolací na nosném roštu. Hloubka obkladu na podélných stěnách je 200 mm, na stěně příčné 100 mm. Provedení obkladu je následující:
 - vrchní perforovaná/drážkovaná deska tl. 14 mm - *referenční typ Cetric Akustic G*,
 - vložená izolace ze skelných/minerálních vláken – doporučení Isover Akustik SSP, tl. 50 mm nebo obdobné s min. obj. hmotností 22 kg/m³,
 - nosný rošt – např. systém SPIDI pro zajištění celkové tl. obkladu 200 mm. Na příčné stěně poté 100 mm.

Akustické vlastnosti viz. – referenční výrobek:

<https://www.cetris.cz/produkty/deska-cetris-akustic/>

- plošná výměra obkladu je cca 270 m (hodnoty použité v akustickém výpočtu, přesné výměry viz. výkaz výměr) .

ad B) Tělocvična 3N34 – normované meze pro tělocvičnu - úprava stropu – tělocvična – akustický podhled – svěšení 550 mm od nosného stropu



Z uvedených výpočtů je patrné, že doba dozvuku je vyrovnaná při instalaci akustického podhledu zavěšeného pod stropní konstrukcí 550 mm, v rozsahu 9,6 x 9,6 m (zbytek plochy stropu záklop z tvrdých desek – Cetris). Byla volena doba dozvuku $T(0) = 0,75$ s z důvodu zvýšení srozumitelnosti řeči (nižší hodnota než požaduje norma pro tělocvičny, odpovídá prostorům s důrazem na dobrý přenos řeč, což vzhledem k výšce místnosti a využití tělocvičny je žádoucí).

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T= 0,75$ s, $V = 380$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,

pro ZSS3-5 dobrá,

pro ZSS.....6-12 vyhovující.

Zvolme komunikační vzdálenosti:

3 m.....ZSS = 1,1 – VÝBORNÁ,

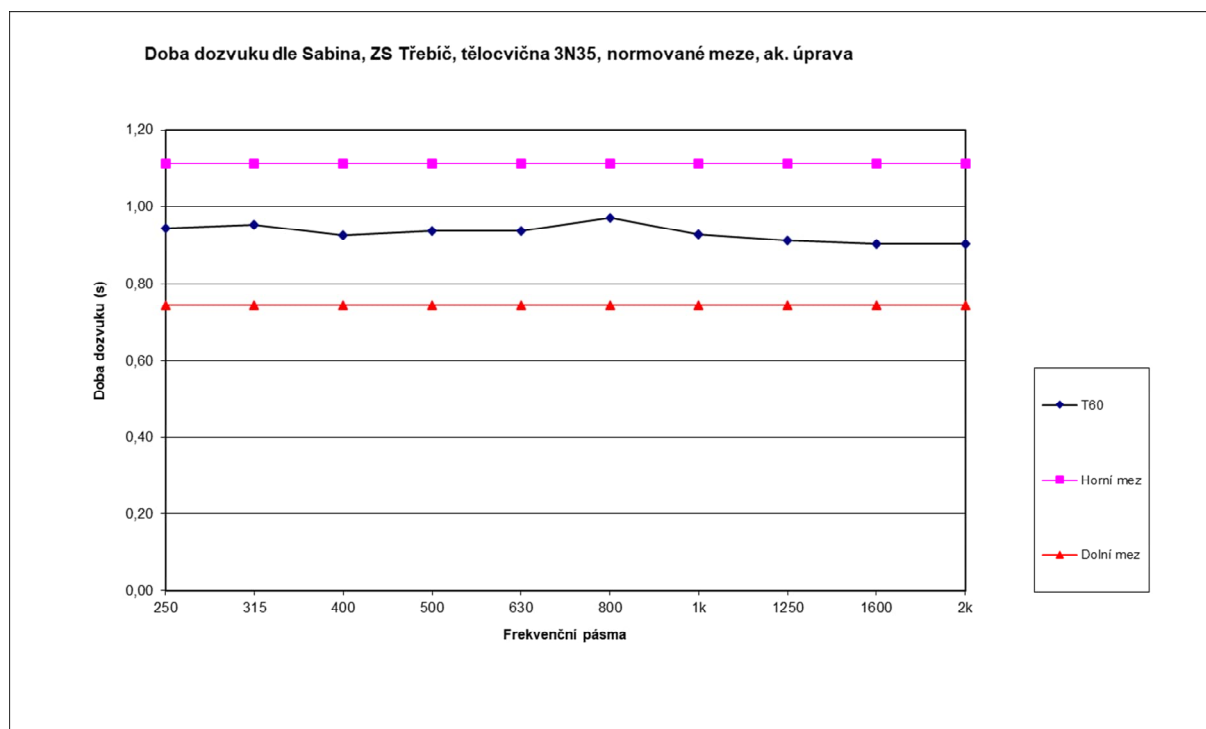
7 m.....ZSS = 5,8 – DOBRÁ/VYHOVUJÍCÍ.

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formátu 600 popř. 1200 x 600 x 35 mm s odolností proti nárazu 2A v souladu s EN 13964, ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - *referenční výrobek Ecophon Super G A*. Svěšení podhledu 550 mm pod nosný strop. Zatížení stropu do 5 kg/m², plošná čistá výměra nového podhledu je 85 m² (po odečtení svítidel a VZT v podhledu),

- po obvodu místnosti (zbytek plochy stropu) bude instalován svěšený podhled z Cetris desek na systémovém rastru, svěšení 550 mm od nosného stropu.

ad C) Tělocvična 3N35 – normované meze pro tělocvičnu - úprava stropu – tělocvična – akustický podhled celoplošný – svěšení 550 mm od nosného stropu



Z uvedených výpočtů je patrné, že doba dozvuku je vyrovnaná při instalaci celoplošného akustického podhledu zavěšeného pod stropní konstrukcí 550 mm. Byla volena doba dozvuku $T(0) = 0,95$ s z důvodu zvýšení srozumitelnosti řeči (mírně nižší hodnota než požaduje norma pro tělocvičny, odpovídá prostorům s důrazem na dobrý přenos řeči, což vzhledem k využití tělocvičny je žádoucí).

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T=0,95$ s, $V=1470$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,
 pro ZSS3-5 dobrá,
 pro ZSS.....6-12 vyhovující.

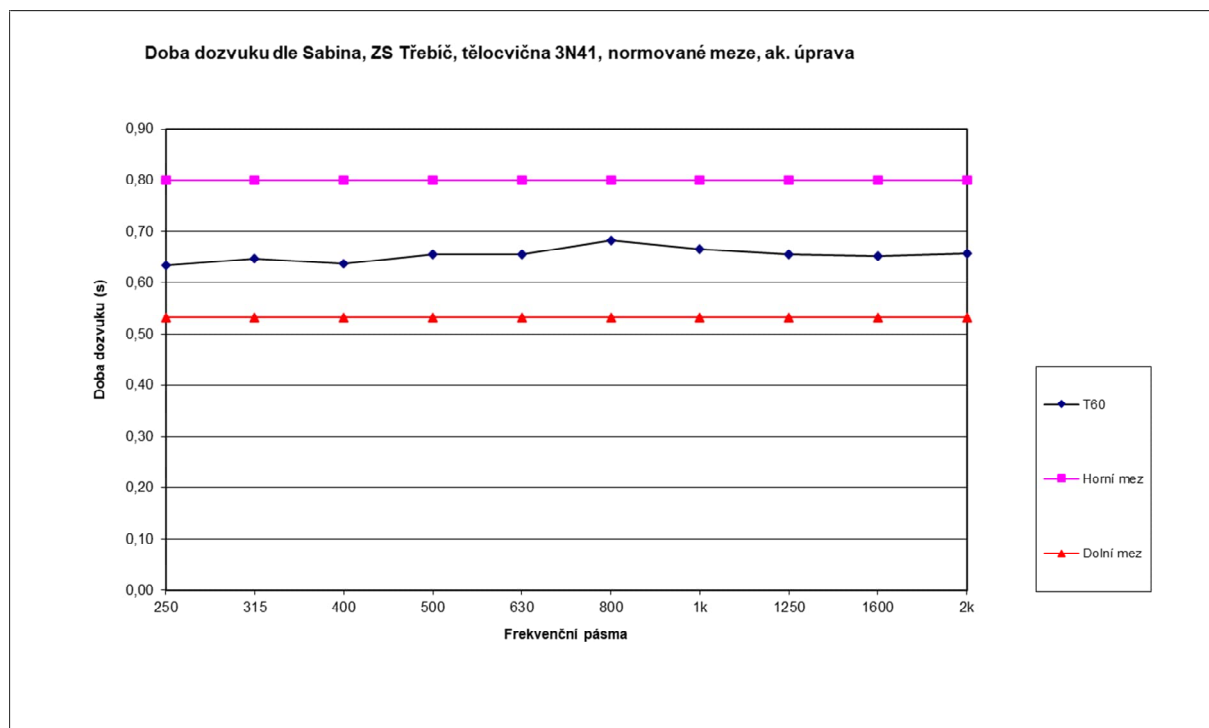
Zvolme komunikační vzdálenosti:

5 m.....ZSS = 1,2 – VÝBORNÁ,
 10 m.....ZSS = 4,9 – VYHOVUJÍCÍ,
 15 m.....ZSS = 11 – VYHOVUJÍCÍ,

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formátu 1200 x 600 x 35 mm s odolností proti nárazu 2A v souladu s EN 13964, ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - referenční výrobek *Ecophon Super G A*. Svěšení podhledu 550 mm pod nosný strop. Zatížení stropu do 5 kg/m², plošná výměra nového podhledu je 235 m² (po odečtení plochy svítidel),

ad D) Tělocvična/studovna 3N41 – normované meze pro tělocvičnu - úprava stropu – tělocvična – akustický podhled – svěšení 550 mm od nosného stropu



Z uvedených výpočtů je patrné, že doba dozvuku je vyrovnaná při instalaci akustického podhledu zavěšeného pod stropní konstrukcí 550 mm, v rozsahu 6,6 x 9,0 m (zbytek plochy stropu záklop z tvrdých desek – Cetris). Byla volena doba dozvuku $T(0) = 0,67$ s z důvodu zvýšení srozumitelnosti řeči (nižší hodnota než požaduje norma pro tělocvičny, odpovídá prostorům s důrazem na dobrý přenos řeči, což vzhledem k výšce místnosti a využití tělocvičny je žádoucí).

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T=0,67$ s, $V=276$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,

pro ZSS3-5 dobrá,

pro ZSS.....6-12 vyhovující.

Zvolme komunikační vzdálenosti:

3 m.....ZSS = 1,2 – VÝBORNÁ,

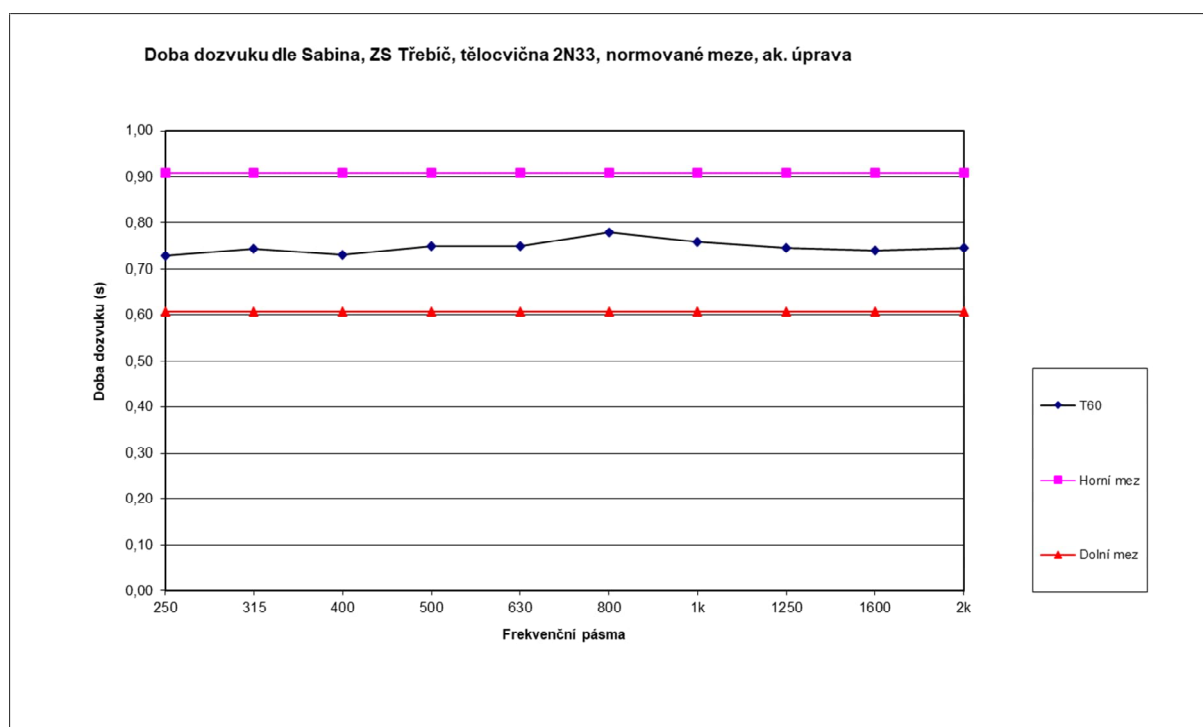
8 m.....ZSS = 8,3 – VYHOVUJÍCÍ.

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formátu 600 x 600 x 35 mm s odolností proti nárazu 2A v souladu s EN 13964, ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - *referenční výrobek Ecophon Super G A*. Svěšení podhledu 550 mm pod nosný strop. Zatížení stropu do 5 kg/m², plošná čistá výměra nového podhledu je 55 m² (po odečtení svítidel a VZT v podhledu),

- po obvodu místnosti (zbytek plochy stropu) bude instalován svěšený podhled z Cetris desek na systémovém rastru, svěšení 550 mm od nosného stropu.

ad E) Tělocvična 2N33 – nácvik střelby – normované meze pro tělocvičnu - úprava stropu – tělocvična – akustický podhled – svěšení 550 mm od nosného stropu



Z uvedených výpočtů je patrné, že doba dozvuku je vyrovnaná při instalaci akustického podhledu zavěšeného pod stropní konstrukcí 550 mm, v rozsahu 6,6 x 11,4 m (zbytek plochy stropu záklop z tvrdých desek – Cetris) . Byla volena doba dozvuku $T(0) = 0,76$ s z důvodu zvýšení srozumitelnosti řeči (nižší hodnota než požaduje norma pro tělocvičny, odpovídá prostorům s důrazem na dobrý přenos řeč, což vzhledem k výšce místnosti a využití tělocvičny je žádoucí).

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T=0,76$ s, $V=381$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,
pro ZSS3-5 dobrá,
pro ZSS.....6-12 vyhovující.

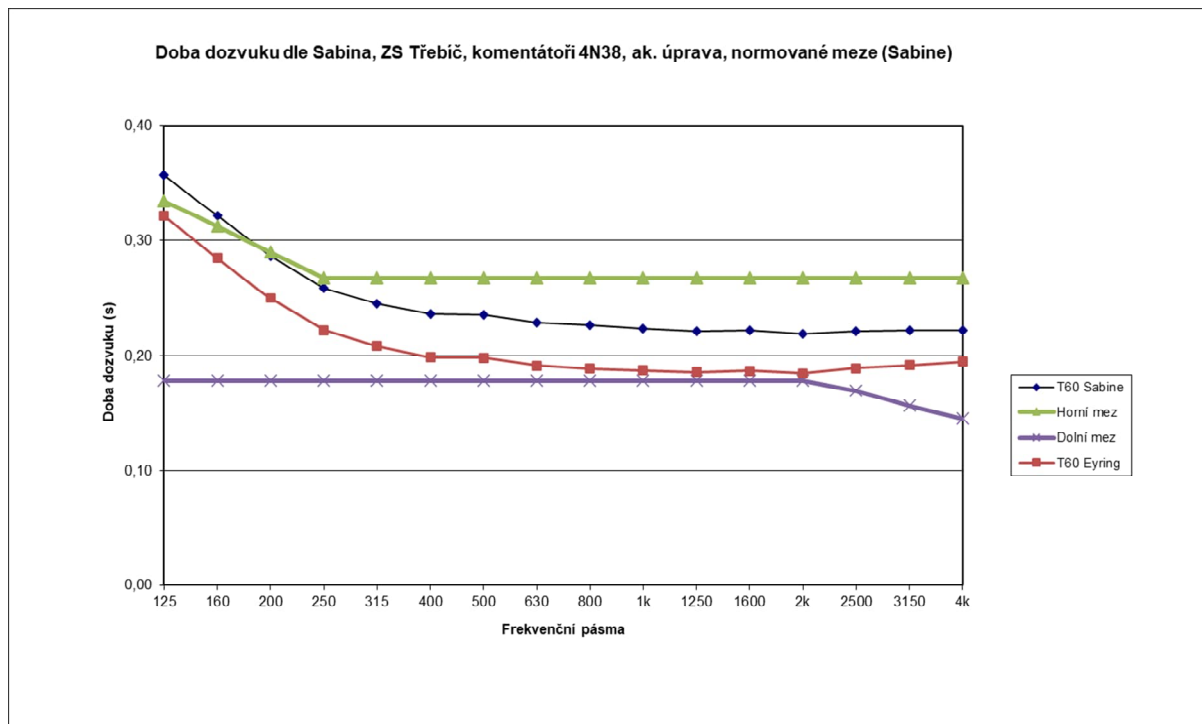
Zvolme komunikační vzdálenosti:

5 m.....ZSS = 3,0 – VÝBORNÁ,
10 m.....ZSS = 12,1 – VYHOVUJÍCÍ,

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formátu 600 popř. 1200 x 600 x 35 mm s odolností proti nárazu 2A v souladu s EN 13964, ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - *referenční výrobek Ecophon Super G A*. Svěšení podhledu 550 mm pod nosný strop. Zatížení stropu do 5 kg/m², plošná čistá výměra nového podhledu je 69,5 m² (po odečtení svítidel a VZT v podhledu),
- po obvodu místnosti (zbytek plochy stropu) bude instalován svěšený podhled z Cetris desek na systémovém rastru, svěšení 550 mm od nosného stropu.

ad F) Místnost pro komentátory 4N38



Z uvedených výpočtů je patrná vyrovnaná doba dozvuku v tolerančních mezích pro místnosti pro zpracování zvuku. Byla volena, vzhledem k malým rozměrům místnosti, doba dozvuku v okolí $T(0) = 0,2$ s pro dobrou srozumitelnost řeči.

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T=0,22$ s, $V=23,5$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,
pro ZSS3-5 dobrá,
pro ZSS.....6-12 vyhovující.

Zvolme komunikační vzdálenosti:

1 m.....ZSS = 0,16 – VÝBORNÁ,
3 m.....ZSS = 1,48 – VÝBORNÁ.

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formě jednotlivých solo prvků o rozměrech 1200 x 600 x 40 mm ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - *referenční výrobek Ecophon Solo*. Svěšení podhledu ve výšce cca 2150 mm nad podlahou pod vedením VZT rozvodů. Zatížení stropu do 3 - 4 kg/m², plošná čistá výměra nového podhledu je 4 ks panelů,

Akustické vlastnosti podhledu viz. – *referenční výrobek*:

<https://www.ecophon.com/cz/ecophon/free-hanging-units-and-baffles/solo/>

Akustická úprava stěn:

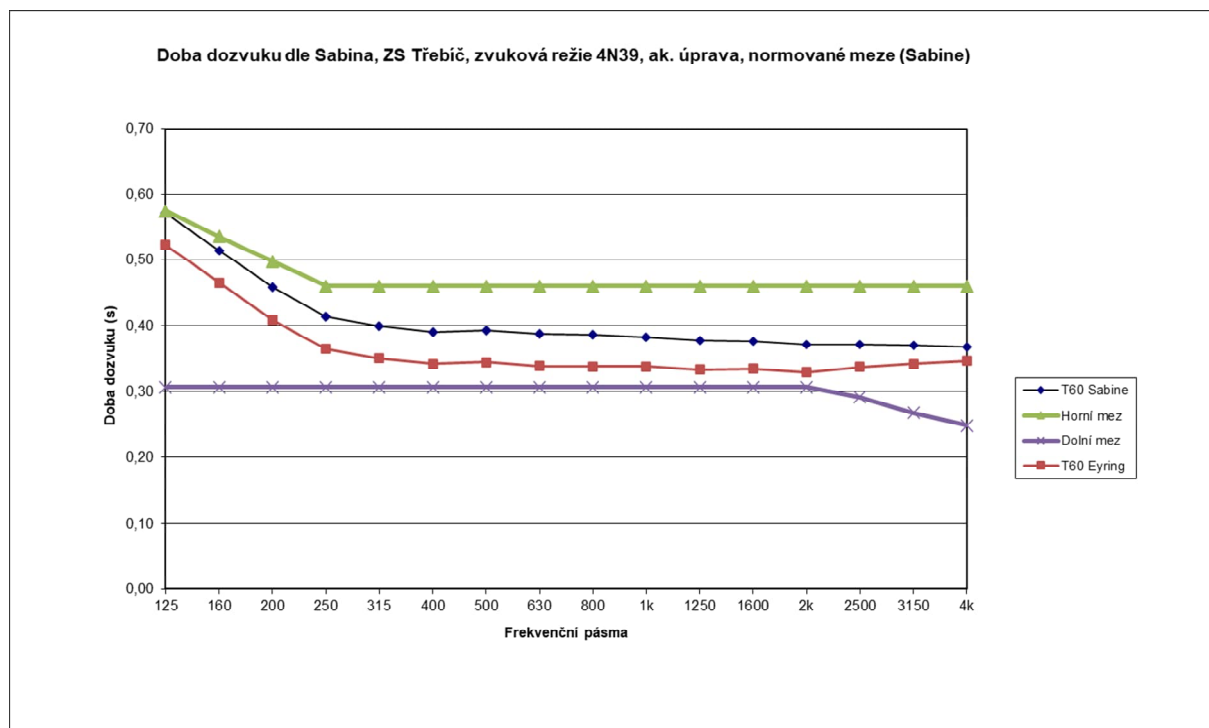
- na zadní a boční stěnu do výšky 2150 mm od podlahy bude instalován akustický stěnový obklad hl. 125 mm tvořený deskami z dřevěné vlny pojené magnezitem 1250 x 625 x 35 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm na nosném roštu. Provedení obkladu je následující:
 - vrchní akustická deska tl. 35 mm - *referenční typ AMF Heradesign Superfine*,
 - vložená izolace ze skelných/minerálních vláken – doporučeno systémová DP-4, DP-5 (tvrzená desková minerální izolace)
 - nosný rošt z CD profilů.

Akustické vlastnosti viz. – referenční výrobek:

<https://www.cetris.cz/produkty/deska-cetris-akustic/>

- plošná výměra obkladu je cca 14,2 m² (hodnoty použité v akustickém výpočtu, přesné výměry viz. výkaz výměr) .

ad G) Zvuková režie 4N39



Z uvedených výpočtů je patrná vyrovnaná doba dozvuku v tolerančních mezích pro místnosti pro zpracování zvuku. Byla volena, vzhledem k malým rozměrům místnosti, doba dozvuku v okolí $T(0) = 0,35$ s pro dobrou srozumitelnost řeči.

Srozumitelnost řečové pásmo – $Q=2,5$, $T=0,35$ s, $V=49$ m³:

pro ZSS.....0-2 výborná,
pro ZSS3-5 dobrá,
pro ZSS.....6-12 vyhovující.

Zvolme komunikační vzdálenosti:

1 m.....ZSS = 0,2 – VÝBORNÁ,
3 m.....ZSS = 1,8 – VÝBORNÁ.

Akustická úprava stropu

- bude instalován nový akustický minerální podhled ve formě jednotlivých solo prvků o rozměrech 1200 x 600 x 40 mm a 1200 x 1200 x 40 mm ze skelných vláken vysoké hustoty na bázi 3RD technologie, který je na viditelné čelní straně opatřen skelnou tkaninou - *referenční výrobek Ecophon Solo*. Svěšení podhledu ve výšce cca 2150 mm nad podlahou pod vedením VZT rozvodů. Zatížení stropu do 3 - 4 kg/m², plošná čistá výměra nového podhledu je 3 ks panelů,

Akustické vlastnosti podhledu viz. – referenční výrobek:

<https://www.ecophon.com/cz/ecophon/free-hanging-units-and-baffles/solo/>

Akustická úprava stěn:

- na zadní a boční stěnu do výšky 2150 mm od podlahy bude instalován akustický stěnový obklad hl. 200 mm na bočních stěnách hl. 125 mm tvořený deskami z dřevěné vlny pojené magnezitem 1250 x 625 x 35 mm s vloženou minerální izolací tl. 50 mm na nosném roštu. Provedení obkladu je následující:
 - vrchní akustická deska tl. 35 mm - *referenční typ AMF Heradesign Superfine*,
 - vložená izolace ze skelných/minerálních vláken – doporučeno systémová DP-4, DP-5 (tvrzená desková minerální izolace)
 - nosný rošt z CD profilů.

Akustické vlastnosti viz. – referenční výrobek:

<https://www.cetris.cz/produkty/deska-cetris-akustic/>

- plošná výměra obkladu hl. 200 mm je 11 m², hl. 125 mm poté 6 m² (hodnoty použité v akustickém výpočtu, přesné výměry viz. výkaz výměr) .

ad H) technické místnosti 4N37, 4N40 a kamery 4N36, VIP restaurace 4N08a-e, jednací místnosti 4N18 – 20, kancelář 4N21

Vzhledem k vedení rozvodů VZT bude v těchto prostorách budou instalovány širokopásmový akustické solo prvky formátu 1200 x 600 x 40 mm, 1200 x 1200 x 40 mm, 1800 x 1200 x 40 mm, 2400 x 1200 x 40 mm a 3000 x 1200 x 40 mm zavěšené na lankách a umístěné těsně pod vedení VZT rozvodů nebo jiných zařízení dle zakreslení ve výkresu v PD - *referenční výrobek Ecophon Solo Square, Solo Rectangle*

Akustické vlastnosti podhledu viz. – referenční výrobek:

<https://www.ecophon.com/cz/ecophon/free-hanging-units-and-baffles/solo/>

7. Požární charakteristiky

- minerální podhledy - dle EN ISO 13501-1, třída A2-s1, d0.

8. Závěr

Navrženou úpravou dojde ke snížení doby dozvuku dle požadavků ČSN 73 0527 a významnému zlepšení srozumitelnosti řeči. V hlavní hale byla navržena maximálně možná akustická úpravu v závislosti na provozních a bezpečnostních požadavcích zejména profesí VZT, PBŘ, elektro.