

Název:

ZČU – posluchárny v U22

Zakázkové číslo: 19-03-23
Profese: prostorová akustika
Dokument: technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace: DPS
Datum: březen 2021
Číslo: D.1.4.n
Revize: 01

Zpracoval: Ing. David Röhrich

Kontroloval: Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 54, 190 00 Praha 9

tel.: +420 608 840 676

e-mail.: rohricht@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNIKA
DESIGN

Obsah:

1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	3
1.1.	VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY	3
1.2.	POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2.	PROSTOROVÁ AKUSTIKA.....	4
2.1.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	4
2.2.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	6
2.3.	ETAPIZACE REALIZACE REKONSTRUKCE POSLUCHÁREN	6
2.4.	ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY	7
3.	ZÁVĚR.....	12

Přílohy:

Výpočetní příloha:

VP01 – výpočet a graf vypočtené doby dozvuku – posluchárna 1.08

VP02 – výpočet a graf vypočtené doby dozvuku – posluchárna 1.04

VP03 – výpočet a graf vypočtené doby dozvuku – posluchárna 1.12

Tabulková příloha:

Tab1 – specifikace a výkaz výměr akustických prvků (etapa posluchárna 1.08)

Tab2 – specifikace a výkaz výměr akustických prvků (etapa posluchárna 1.01)

Tab3 – specifikace a výkaz výměr akustických prvků (etapa posluchárna 1.04)

Tab4 – specifikace a výkaz výměr akustických prvků (etapa posluchárna 1.12 a posluchárna 1.15)

Výkresová příloha:

PA01 – typické detaily akustických prvků

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová dokumentace
- informace předané při komunikaci se zástupcem objednatele

1.2. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN 73 0525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady – únor 1998
- [2] ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely – březen 2005
- [3] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [4] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6

2. PROSTOROVÁ AKUSTIKA

2.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Pro akusticky náročné prostory vyžadují jak normy ČSN 73 0525 a 73 0527, tak i praktické zkušenosti speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků ČSN 73 0527 je závazné dle vyhlášky 343/2009 sbírky zákonů ČR. V případě výukových prostor je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše zmiňovanou normou a dosáhnout co nejlepší srozumitelnosti mluveného slova.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku a podpořit odrazy žádoucí. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny silné odrazy zvuku s velkým časovým zpožděním za přímým zvukem (u učeben se povětšinou jedná o zadní stěnu), které mohou působit jako ozvěna a zhoršit tak srozumitelnost řeči a akustické podmínky jak pro posluchače, tak pro přednášejícího.

Posluchárna 1.08

Optimální doba dozvuku T_0 pro přednáškovou místnost o celkovém objemu cca 1286 m³ byla na základě normy ČSN 73 0527 a předpokladu využití stanovena na **$T_0 = 0,80 - 0,90$ s**. Díky multimediálnímu využití učebny lze dobu dozvuku oproti normativním požadavkům pro posluchárny lehce snížit tak, aby nabízela lepší akustické podmínky pro všestranné využití i v případě využití multikanálového ozvučení.

Frekvenční průběh doby dozvuku v učebně by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Vzhledem k tomu, že se jedná o multimediální učebnu, je doporučen frekvenční průběh určený pro řeč a hudbu.

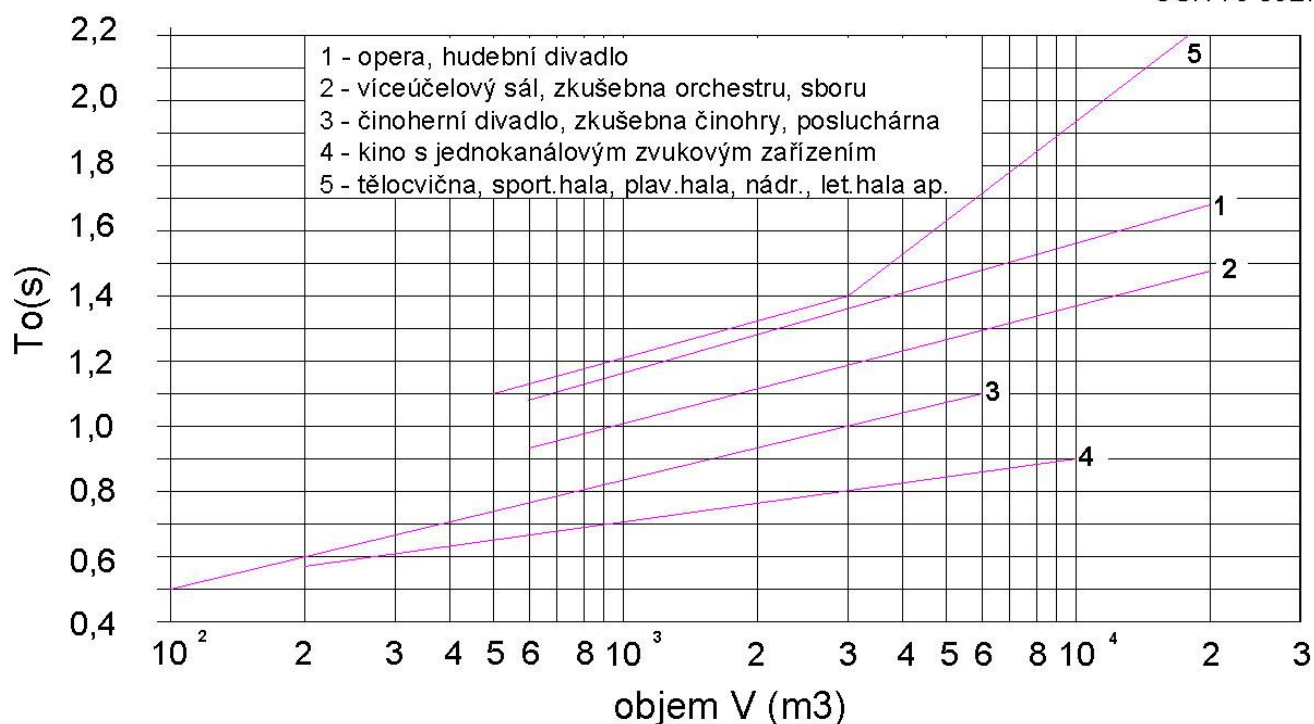
Posluchárna 1.04 a 1.01

Optimální doba dozvuku T_0 pro přednáškovou místnost o celkovém objemu cca 660 m³ byla na základě normy ČSN 73 0527 a předpokladu využití stanovena na **$T_0 = 0,70 - 0,80$ s**. Díky multimediálnímu využití učebny lze dobu dozvuku oproti normativním požadavkům pro posluchárny lehce snížit tak, aby nabízela lepší akustické podmínky pro všestranné využití i v případě využití multikanálového ozvučení. Frekvenční průběh doby dozvuku v učebně by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Vzhledem k tomu, že se jedná o multimediální učebnu, je doporučen frekvenční průběh určený pro řeč a hudbu.

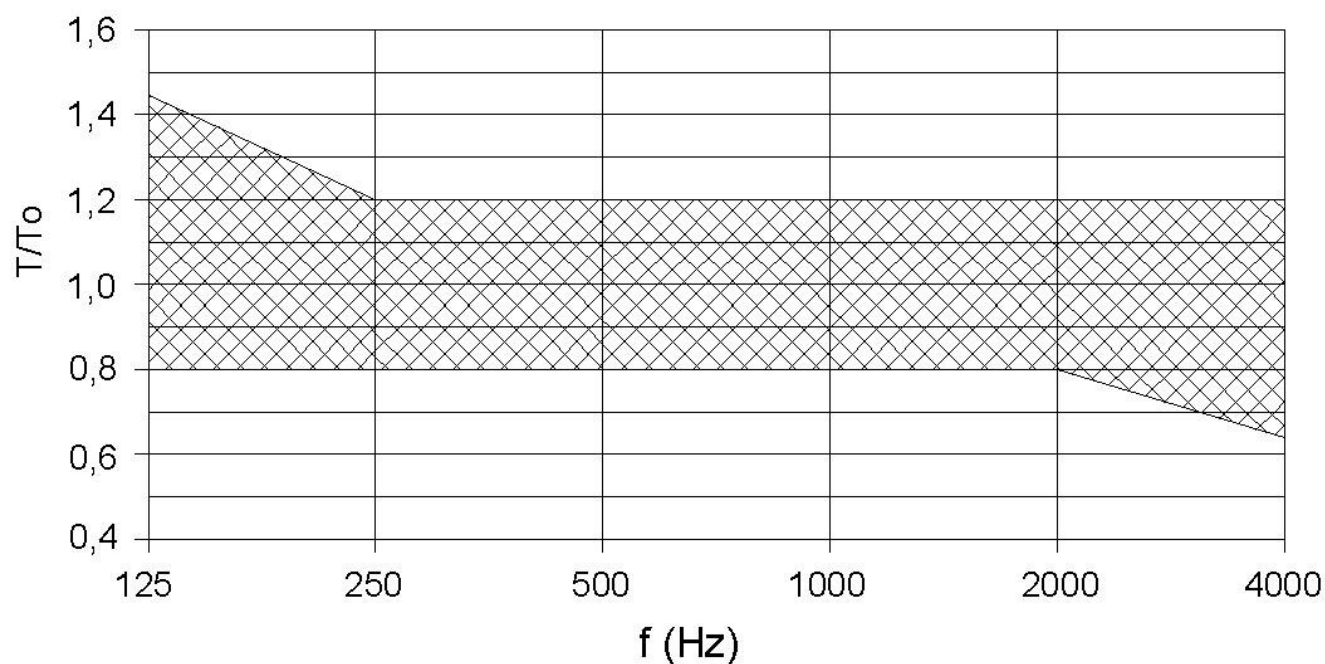
Posluchárna 1.12

Optimální doba dozvuku T_0 pro přednáškovou místnost o celkovém objemu cca 410 m³ byla na základě normy ČSN 73 0527 a předpokladu využití stanovena na **$T_0 = 0,60 - 0,70$ s**. Díky multimediálnímu využití učebny lze dobu dozvuku oproti normativním požadavkům pro posluchárny lehce snížit tak, aby nabízela lepší akustické podmínky pro všestranné využití i v případě využití multikanálového ozvučení.

Frekvenční průběh doby dozvuku v učebně by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Vzhledem k tomu, že se jedná o multimediální učebnu, je doporučen frekvenční průběh určený pro řeč a hudbu.



Obr. 1 – Závislost optimální doby dozvuku $T_0(s)$ pro kmitočet 1000 Hz na objemu $V(m^3)$ uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (u závislosti 5 neobsazeném stavu).



Obr. 2 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči a hudby v závislosti na středním kmitočtu oktaového pásma.

2.2. TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU

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

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

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

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

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

kde $S_i [m^2]$ je dílčí pohltivá plocha
 $\alpha_i [-]$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch
 $S [m^2]$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN 73 0525 v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 kHz. Obsazenost učeben byla dle ČSN 73 0527 uvažována s 80 % kapacitou.

Do výpočtu doby dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické parametry ale nelze pominout (nábytkové vybavení, přítomné osoby apod.).

Výpočty doby dozvuku a grafy hodnot jsou uvedeny ve výpočetní příloze VP01-VP03.

2.3. ETAPIZACE REALIZACE REKONSTRUKCE POSLUCHÁREN

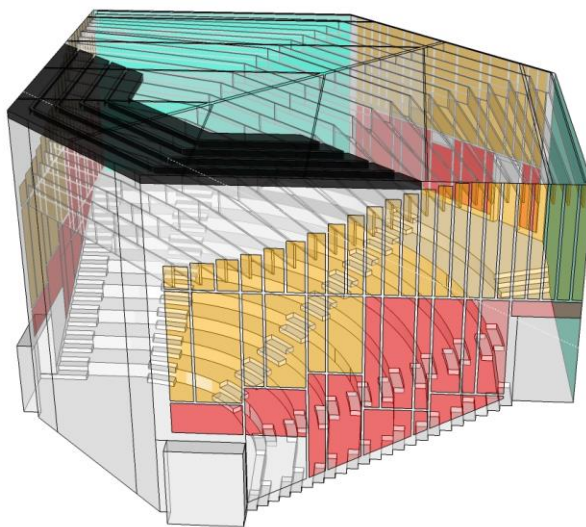
Technická zpráva prostorové akustiky definuje jednotlivé požadavky a akustické úpravy pro 3 typické posluchárny v budově U22 v ZČU. Samotná realizace rekonstrukce poslucháren bude rozdělena do etap. V první etapě bude řešena největší posluchárna č. 1.08. V další etapě bude řešena posluchárna č. 1.01. Následně posluchárna č. 1.04. V závěrečné etapě budou realizovány akustická opatření pro posluchárny 1.12 a 1.15.

2.4. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

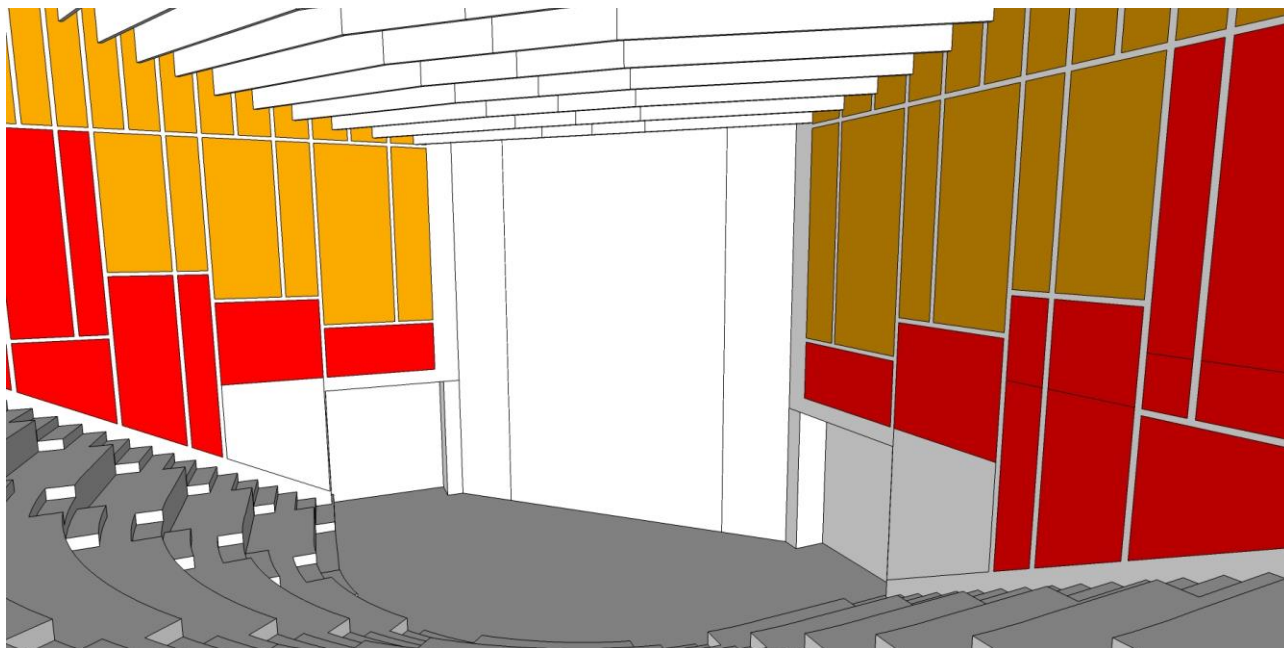
Posluchárna 1.08

Akustický pohled: Na stropě jsou uvažovány akustické závěsné prvky **AZP** a **AZP-O** se sníženou pohltivostí, poměr cca 1:1 (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků). V čelní části posluchárny jsou nad těmito prvky umístěny nízkofrekvenční rezonátory **AP-NFR** pro absorpci nízkých kmitočtů.

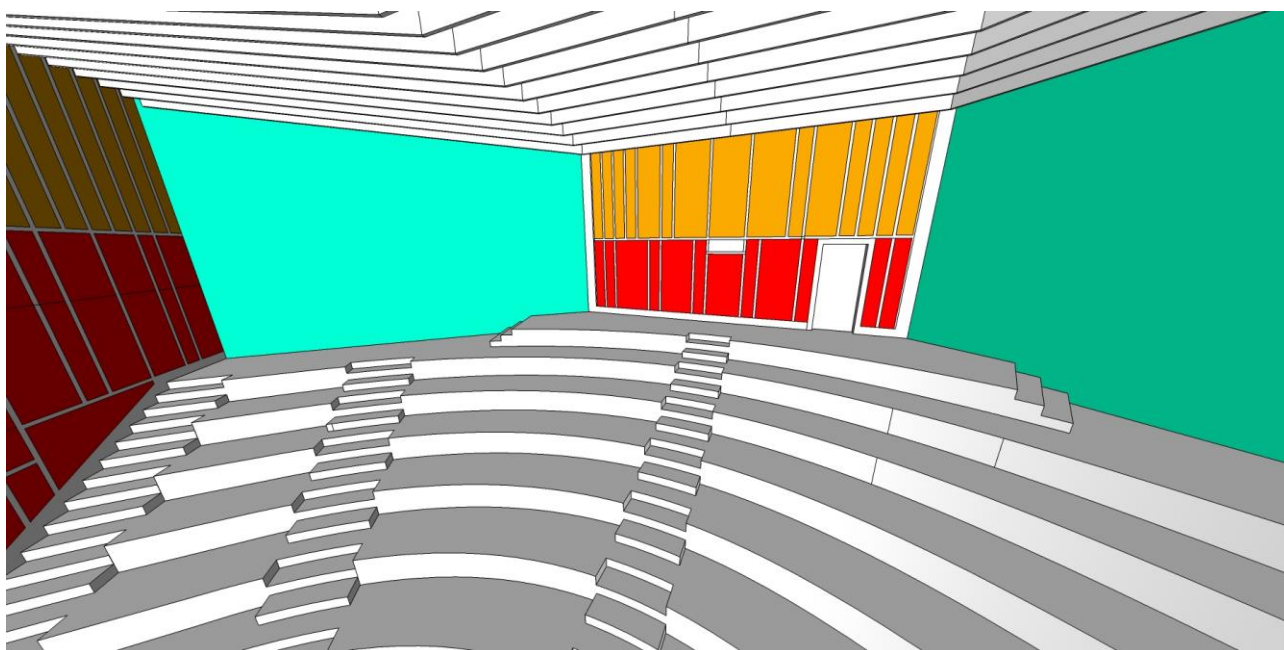
Akustické obklady stěn: Na stěnách učebny je instalován stěnový akustický obklad na bázi skla **ASO**, který je také kombinován s panely se sníženou akustickou pohltivostí **ASO-Z** a zvýšenou mechanickou odolností (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků). Okna budou zakryta závěsem typu blackout **AZB** (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků).



Obr. 3 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)



Obr. 4 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)

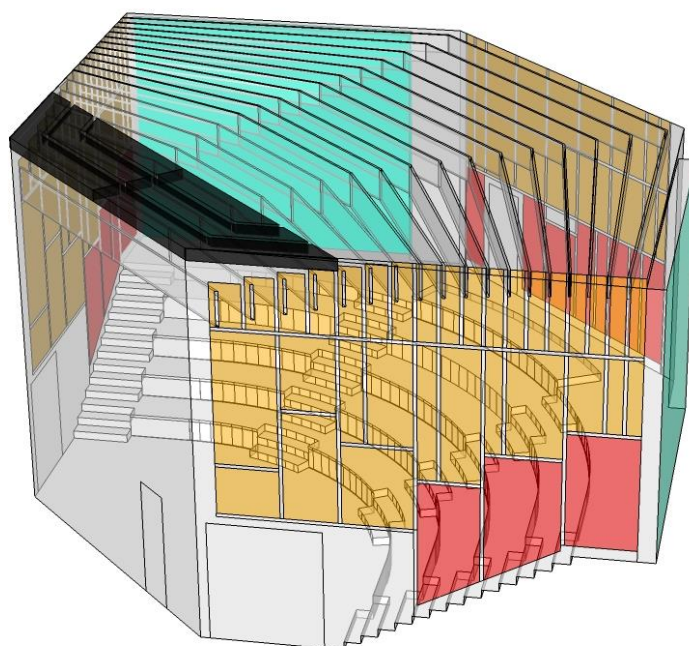


Obr. 5 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)

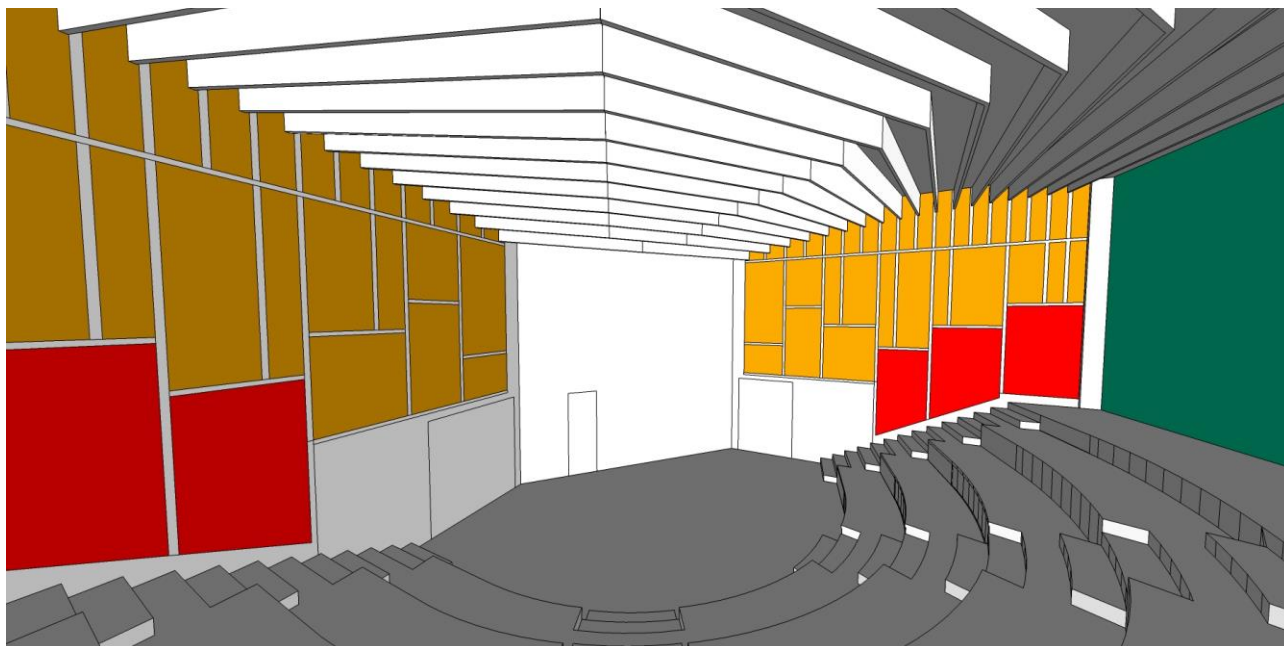
Posluchárna 1.01 a 1.04

Akustický pohled: Na stropě jsou uvažovány akustické závěsné prvky **AZP** a **AZP-O** se sníženou pohltivostí, poměr cca 1:1 (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků). V čelní části posluchárny jsou nad těmito prvky umístěny nízkofrekvenční rezonátory **AP-NFR** pro absorpci nízkých kmitočtů.

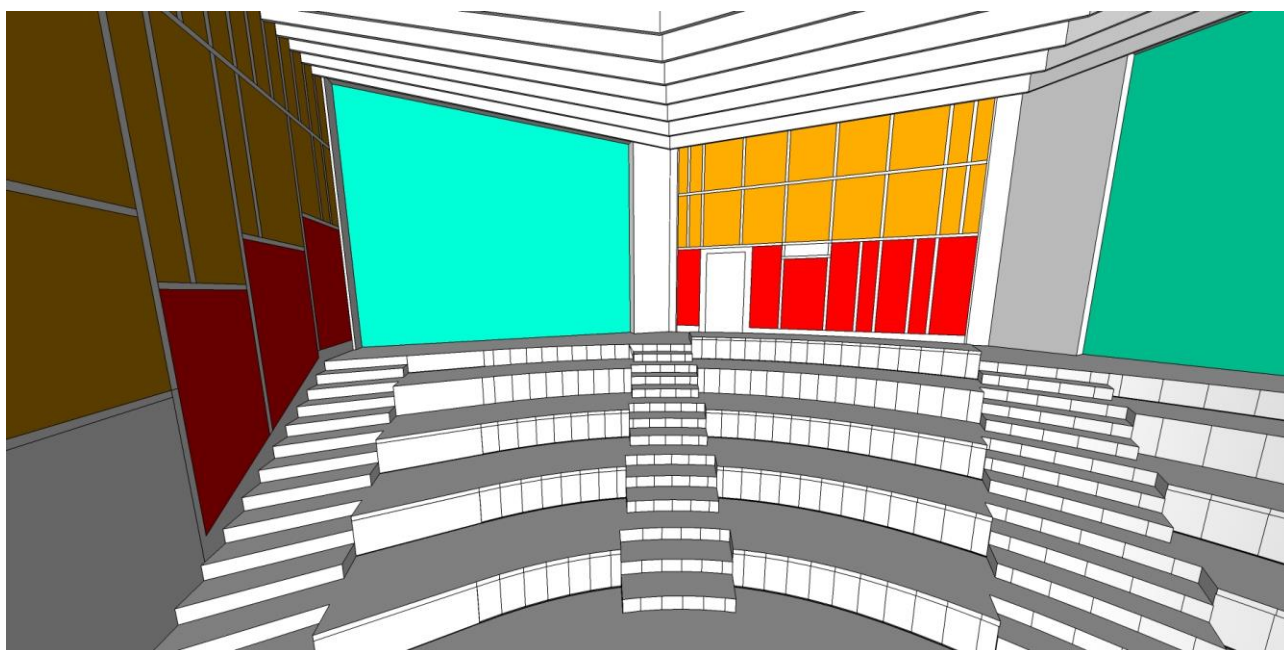
Akustické obklady stěn: Na stěnách učebny je instalován stěnový akustický obklad na bázi skla **ASO**, který je také kombinován s panely se sníženou akustickou pohltivostí **ASO-Z** a zvýšenou mechanickou odolností (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků). Okna budou zakryta závěsem typu blackout **AZB** (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků).



Obr. 6 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)



Obr. 7 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)

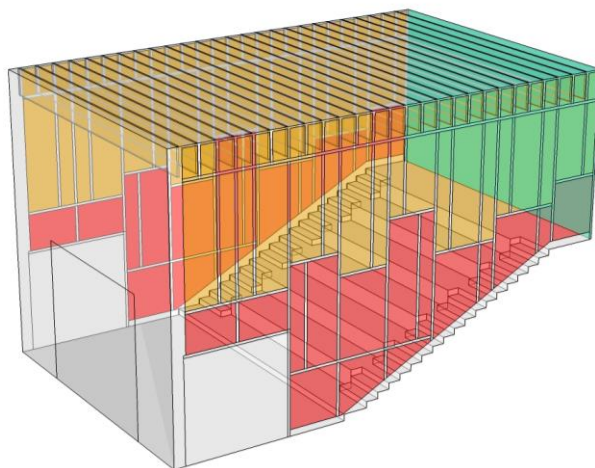


Obr. 8 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, černě **AP-NFR**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)

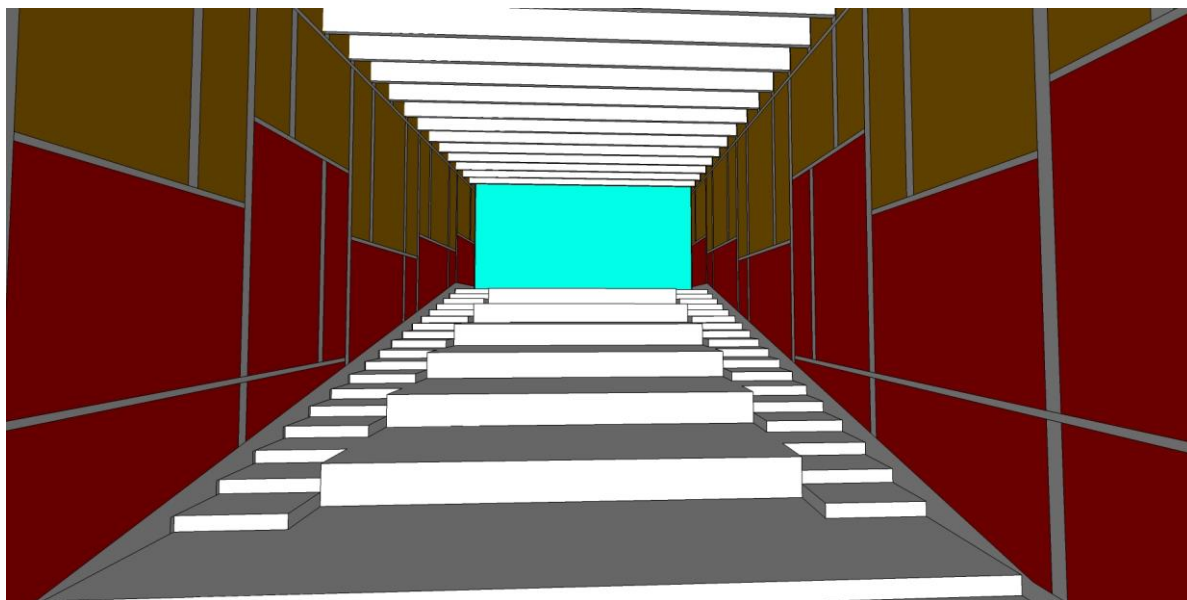
Posluchárna 1.12 a 1.15

Akustický pohled: Na stropě jsou uvažovány akustické závěsné prvky **AZP** a **AZP-O** se sníženou pohltivostí, poměr cca 1:1 (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků).

Akustické obklady stěn: Na stěnách učebny je instalován stěnový akustický obklad na bázi skla **ASO**, který je také kombinován s panely se sníženou akustickou pohltivostí **ASO-Z** (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků). Okno na zadní stěně bude zakryto závěsem typu blackout **AZB** (více viz Tab. 1 Specifikace akustických prvků).



Obr. 9 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)



Obr. 10 – Zjednodušená 3D skica prostoru. Žlutě – **ASO**, červeně **ASO-Z**, modře **AZB**, bíle na stropě závěsná tělesa **AZP** a **AZP-O** (poměr cca 1:1)

Výsledný poměr a rozmístění desek **ASO** a **ASO-Z** pro všechny posluchárny bude řešen v rámci dílenské dokumentace a na základě etapovým měření.

3. ZÁVĚR

Řešení prostorové akustiky pro rekonstruované posluchárny v ZČU v budově U22 stanovuje optimální hodnotu doby dozvuku pro typové prostory. Ty byly stanoveny s ohledem na ČSN 73 0527 a vychází rovněž ze zkušeností s řešením tohoto typu prostoru. Proto je optimální doba dozvuku pro jednotlivé učebny lehce snížena oproti normě (multimediální využití apod.), což není na škodu a má to pozitivní vliv na srozumitelnost mluveného slova a vede to ke snížení hladiny hluku v prostoru. Řešení spočívá v akustické úpravě stropu a dále pak v aplikaci stěnových akustických obkladů.

Předepsané akustické úpravy zajistí dobrou srozumitelnost mluveného slova, akustické podmínky pro požadované účely a splnění stanoveného tolerančního pásma doby dozvuku.

V rámci realizace je nezbytné provést měření akustické pohltivosti pro požadované prvky (závěs typu blackout a kombinaci pohltivých a odrazivých závěsných prvků na strop), na jejichž základě bude možné revidovat akustické řešení a výměry jednotlivých prvků. Rovněž je nutné provést etapová měření doby dozvuku pro ověření a případnou korekci teoretického výpočtu. Výsledný poměr a rozmístění desek **ASO** a **ASO-Z** pro všechny posluchárny bude řešen v rámci dílenské dokumentace a na základě etapovým měření.

Dále je nutné po dokončení realizace provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu.

V případě jakýchkoliv změn v koncepci, umístění nebo typu akustických prvků, dispozičních změn či změn skladeb konstrukcí a povrchových úprav je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem.