

D.1.4.9a-01 AKUSTICKÁ STUDIE

Projekt: Ostravská univerzita v Ostravě
Filozofická fakulta, objekt „E“

*Výukové a přednáškové provozy
- akustická studie*

Stavebník: Ostravská univerzita v Ostravě
Dvořákova 7
701 03 Ostrava

Projektant: MARPO s.r.o.
28. října 201
709 00 Ostrava - Mariánské Hory

Zpracovatel: Ing. Libor Holub
Chlumčanského 5, 180 00 Praha 8
mobil: 602 650 938
tel/ fax: 577 635 145

1. Úvod

Předmětem studie a související výpočtů a dokumentace je návrh akustických úprav místností 302 – tlumočnická laboratoř, 303 – přednáškový sál a 305 – multimediální výuková místnost umístěných v objektu OU Ostravě.

Návrh řešení prostorové akustiky obsahuje stanovení optimální doby dozvuku T_0 podle doporučení ČSN 73 0527 a výpočet kmitočtového průběhu předpokládané doby dozvuku T_1 pro navrhovanou skladbu akustických obkladů a konstrukcí v dotčených místnostech.

Posouzení akustických úprav je provedeno podle doporučení platných českých státních norem. V současné době nejsou sice ustanovení státních norem závazná, ale s ohledem na kvalitu provozního standardu užívání kancelářských ploch je vhodné je při realizaci díla dodržovat.

2. Použité výchozí podklady

1. Dokumentace pro stavební povolení, MARPO s. r. o., a.s., 28. října 201, 709 00 Ostrava - Mariánské Hory
2. Konzultace a technické podklady poskytnuté hlavním projektantem stavby
3. Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
4. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
5. ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. ČNI, březen 2005,
6. ČSN ISO 11654 Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti, prosinec 1998
7. Technická dokumentace výrobce stropních podhledů Knauf AMF s.r.o..

3. Definice a výpočet doby dozvuku T

V každém uzavřeném prostoru dochází vlivem zvukové pohltivosti stěn a vnitřního vybavení k pohlcování akustické energie vyzařované zdrojem zvuku.

Po zapnutí zdroje zvuku hustota zvukové energie s časem roste a asymptoticky se blíží hodnotě v ustáleném stavu, ve kterém je zvuková energie pohlcovaná stěnami neustále doplňována zdrojem zvuku. Součet energie v prostoru a energie pohlcované stěnami a vybavením se tedy musí rovnat zvukové energii vysílané zdrojem. Po vypnutí zdroje zvuku bude hustota zvukové energie v prostoru postupně klesat, až zcela zanikne.

Zvuk, který se šíří prostorem po vypnutí zdroje zvuku, se nazývá dozvuk a doba, po kterou existuje, je dobou dozvuku T .

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah
$$T = 0,163V / A \text{ [s]},$$

kde je	V	$[m^3]$	- objem uzavřeného prostoru,
	$A = \alpha_E S + 4mV$	$[m^2]$	- celková ekvivalentní plocha pohlcování,
	m	$[-]$	- činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,
	$\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_s)$	$[-]$	- Eyringův činitel zvukové pohltivosti.

Jak je z uvedených vztahů zřejmé, lze vhodnou kombinací obkladů a konstrukcí o různé zvukové pohltivosti ovlivňovat velikost doby dozvuku v uzavřeném prostoru.

Pro každý uzavřený prostor existuje tzv. optimální doba dozvuku, jejíž velikost závisí na objemu prostoru, na druhu zvukového signálu šířícího se vzduchem a na účelu, ke kterému má prostor sloužit.

Výpočet doby dozvuku se provádí v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až

4 000 Hz nebo 250 Hz až 2 000 Hz (pro tělocvičny) podle ČSN 73 0525. Kmitočtový průběh doby dozvuku T vypočítaný pro navrhovanou skladbu akustických obkladů musí vyhovovat tolerančnímu pásmu pro převažující typ signálu v prostoru.

Přípustná rozmezí poměru vypočítané doby dozvuku a optimální doby dozvuku T/T_0 jsou uvedeny v příslušných normách.

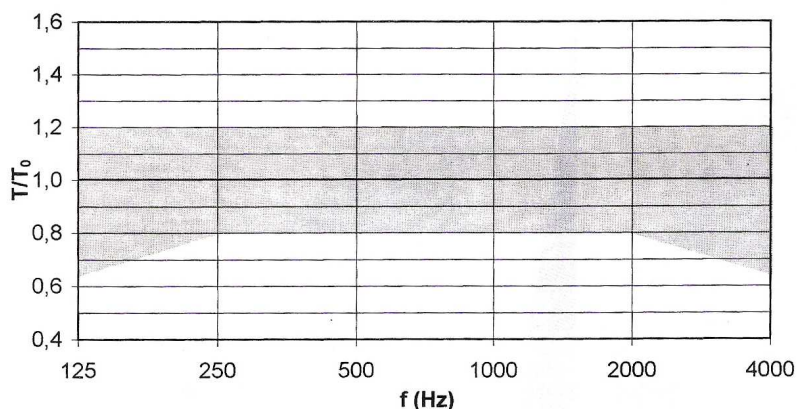
V současné době jsou tyto státní normy platné, ale nejsou závazné. Jejich doporučení se týkají objemu, tvaru, doby dozvuku a hlukových poměrů v akusticky náročných prostorech. Kvůli kvalitě díla je vhodné je při realizaci dodržovat.

4. Požadavky na dobu dozvuku pro prostory pro veřejné účely

Nařízení vlády ČR č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, /lit. 3/, stanoví v § 10 odst. 5, že u staveb pro kulturní, školské a veřejné účely musejí být dodrženy hodnoty optimální doby dozvuku podle příslušné české technické normy.

ČSN 73 0527 Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely (březen 2005), stanoví podmínky v Tabulce 2.

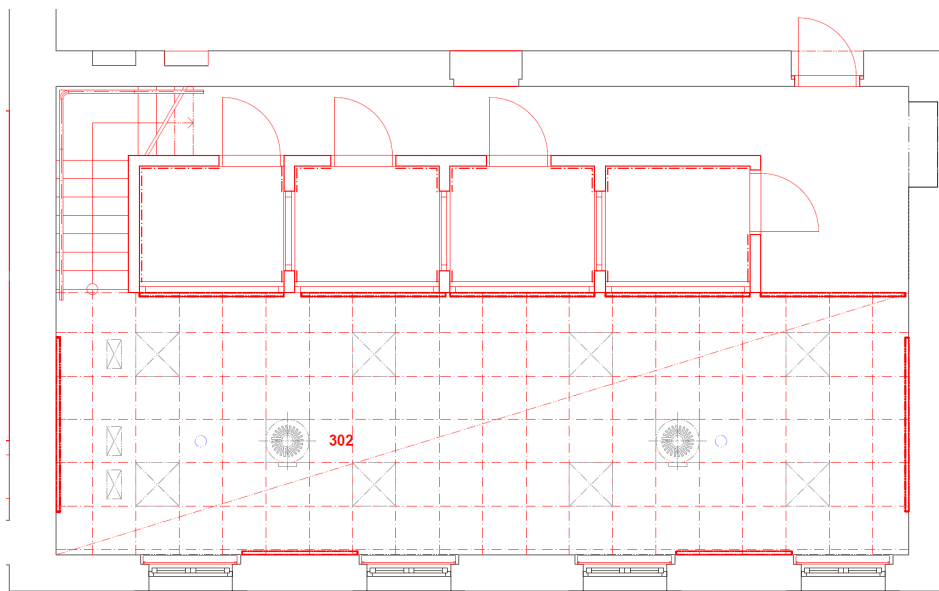
Graf 1: Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma



5. Popis provozu a návrh dispozičního členění akustické podhledů a obkladů

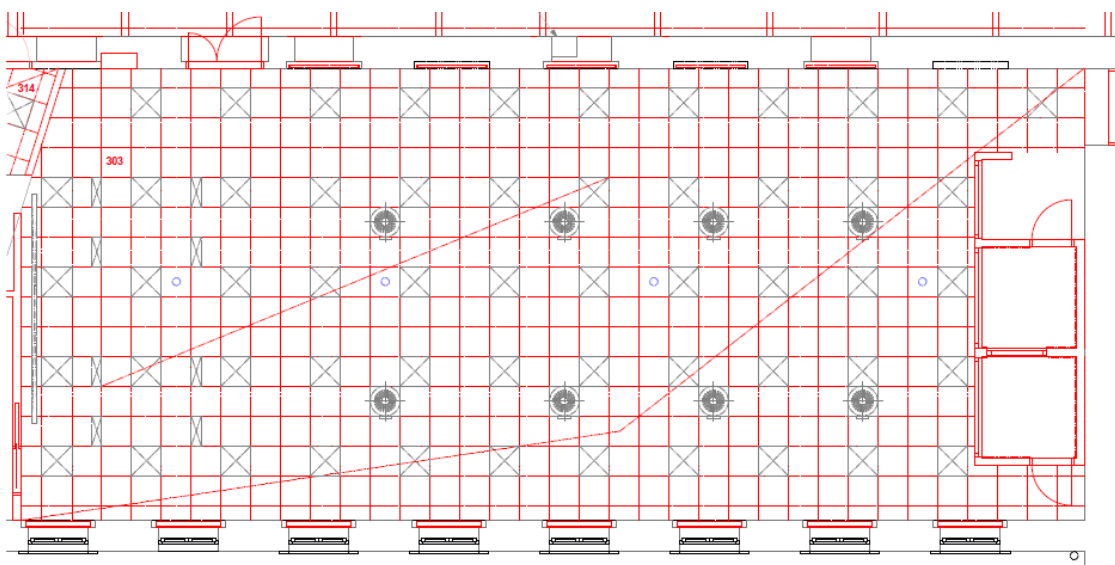
302 – Tlumočnická laboratoř

Výuková místnost tlumočení s kapacitou 19 studentů. Studenti nejprve společně proberou látku u velkého stolu, poté se přesunou do „tlumočnických kabin“, ze kterých tlumočí – buď pouze z poslechu (do sluchátek) nebo je jako doplnění promítán cvičný materiál na plátno/televizi (opět sluchátka). Podlaha – vinyl (PVC).



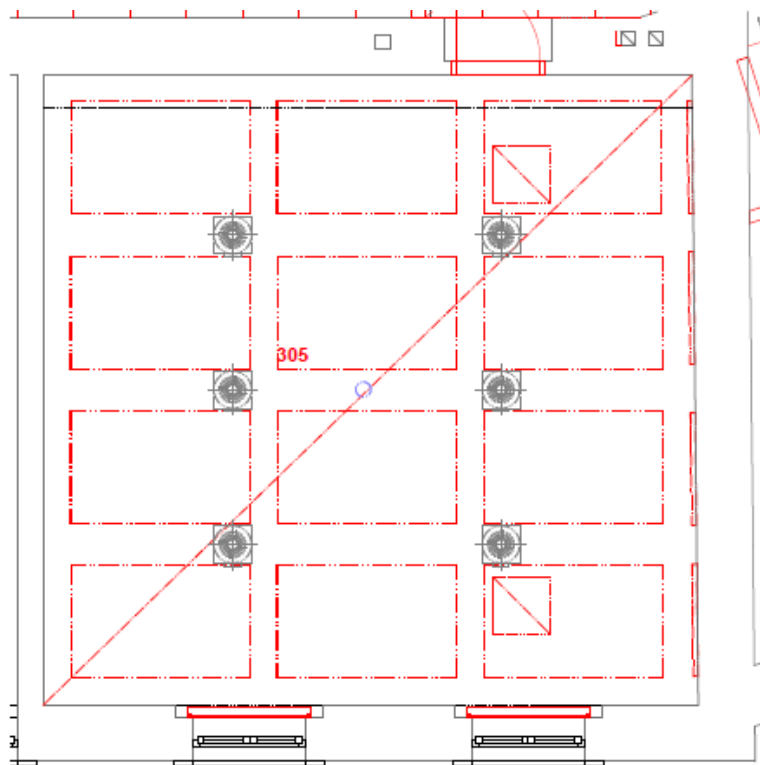
303 – Přednáškový sál

Provoz přednáškové místnosti s kapacitou cca 170 studentů, typu sezení – sklopné sedáky a boční pultíky, které jsou ukotveny na kovovou konstrukci, která je pevně spjata se stupňovitou konstrukcí podlahy. Sedadla budou nečalouněná. V nikách jsou navrženy akustické stěnové panely. Obklad je také navržen na konstrukci vzadu – režijní pult a 2 x tlumočnická kabina (v sále budou cca 1x do měsíce probíhat konference se zahraničními hosty). Podlaha – PVC. Strop – akustický kazetový podhled.



305 – Multimediální výuková místnost

Provozování menších konferencí, jednání, prezentace disertačních prací apod s kapacitou 20 studentů. Na stěnách do výšky parapetu dřevěný obklad, na vstupní stěně umístěný inverzně se závěsnými kovovými lištami. Interaktivní tabule. Podlaha – PVC, strop – akustický kazetový podhled. Čalouněné židle.



6. Výsledky výpočtu doby dozvuku pro navržené akustické podhledy

302 – Tlumočnická laboratoř

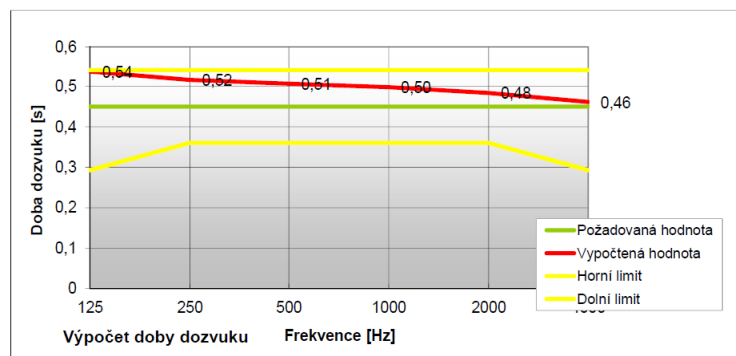
Výpočet akustických parametrů	
Výpočet doby dozvuku	
Místnost	Učebna 302 - FF OU Ostrava
Popis	Třídní učebna
Rozměry místnosti	3,6 x 11,8 x 4,05 m
Objem	172,04 m ³

ČSN 730525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Díl	Rozměry místnosti					Hz					
	Šířka	Délka	Výška	α_w	NRC	125	250	500	1000	2000	4000
Podlaha											
PVC, Linoleum	3,6	11,8	4,05			0,8496	1,062	1,2744	1,4868	1,6992	1,6992
Stěny											
Okna, sklo		19,1	1			5,73	3,82	2,865	1,91	1,146	0,764
Sádkrokarton 9,5 mm,40-60 mm izolace		9,44	1			2,36	1,6048	0,3776	0,7552	0,7552	0,8496
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		5,01	1			0,1503	0,1503	0,1002	0,2004	0,2505	0,4008
Dveře dřevěné		1,82	1			0,2184	0,2002	0,182	0,1456	0,1456	0,2002
PVC, Linoleum		1,53	1			0,0306	0,03825	0,0459	0,05355	0,0612	0,0612
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		7,31	1			0,2193	0,2193	0,1462	0,2924	0,3655	0,5848
Okna, sklo		13,2	1			3,96	2,64	1,98	1,32	0,792	0,528
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		13,24	1			0,3972	0,3972	0,2648	0,5296	0,662	1,0592
Stěnový obklad, desky neperforované		10,74	1			3,222	3,759	3,4368	4,296	6,2292	9,3438
Okna, sklo		1,44	1			0,432	0,288	0,216	0,144	0,0864	0,0576
PVC, Linoleum		2,78	1			0,0556	0,0695	0,0834	0,0973	0,1112	0,1112
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		7,31	1			0,2193	0,2193	0,1462	0,2924	0,3655	0,5848
Osoby a zařízení		3,6	3,933333			-4,248	-32,568	-39,648	-45,312	-42,48	-50,976
Stropy											
Podhledy											
Thermaxx Alpha One a=300 mm	3,6	11,8		0,95		23,364	31,86	36,108	42,48	42,48	42,48
Stěnové obklady											
AMF Line 1800x1200 mm	5	1				2,5	10,5	12,5	12	11	12,5
AMF Line 1800x1200 mm	3	1				1,5	6,3	7,5	7,2	6,6	7,5
AMF Line 1800x1200 mm	4	1				2	8,4	10	9,6	8,8	10
AMF Line 1800x1200 mm	3	1				1,5	6,3	7,5	7,2	6,6	7,5
Obsazenost											
Obsazení osoby 2-2,5/m2	19					7,79	9,12	10,26	10,83	10,64	10,07
$\Sigma \alpha_i S_i$						52,3	54,4	55,3	55,5	56,3	55,3
Pohltivá plocha A [m²]			192,04 m²								
α						0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29

Požadovaná hodnota		0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Horní limit		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Dolní limit		0,2925	0,36	0,36	0,36	0,36	0,2925
Vypočtená hodnota		0,54	0,52	0,51	0,50	0,48	0,46



303 – Přednáškový sál

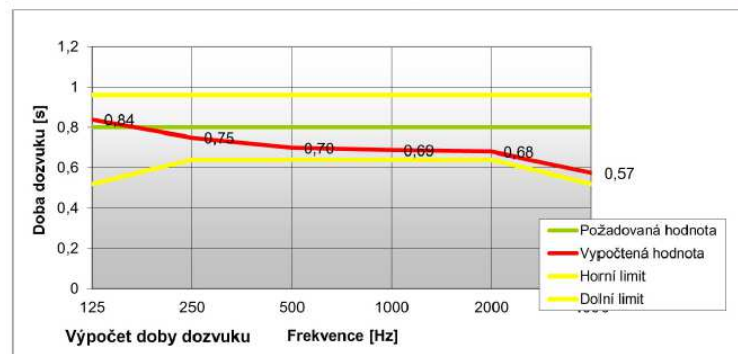
Výpočet akustických parametrů	
Výpočet doby dozvuku	
Místnost	Přednáškový sál 303 - FF OU Ostrava
Popis	
Rozměry místnosti	Přednáškový sál pro 175 osob 9,09 x 21,236 x 3,66 m
Objem	787,5 m ³

ČSN 730525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Díl	Rozměry místnosti				α_w	NRC	Hz					
	Šířka	Délka	Výška	125			250	500	1000	2000	4000	
Podlaha												
PVC, Linoleum	9,09	6,856056	4,2			1,246431	1,558039	1,869647	2,181254	2,492862	2,492862	
PVC, Linoleum	9,09	8,856056	4,1			1,610031	2,012539	2,415047	2,817554	3,220062	3,220062	
PVC, Linoleum	9,09	10,85606	4			1,973631	2,467039	2,960447	3,453854	3,947262	3,947262	
PVC, Linoleum	9,09	12,85606	3,9			2,337231	2,921539	3,505847	4,090154	4,674462	4,674462	
PVC, Linoleum	9,09	14,85606	3,8			2,700831	3,376039	4,051247	4,726454	5,401662	5,401662	
PVC, Linoleum	9,09	15,85606	3,7			2,882631	3,603289	4,323947	5,044604	5,765262	5,765262	
PVC, Linoleum	9,09	16,85606	3,6			3,064431	3,830539	4,596647	5,362754	6,128862	6,128862	
PVC, Linoleum	9,09	17,85606	3,5			3,246231	4,057789	4,869347	5,680904	6,492462	6,492462	
PVC, Linoleum	9,09	18,85606	3,4			3,428031	4,285039	5,142047	5,999054	6,856062	6,856062	
PVC, Linoleum	9,09	21,23606	3,3			3,860715	4,825894	5,791073	6,756251	7,72143	7,72143	
Stěny												
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		50,66	1			1,5198	1,5198	1,0132	2,0264	2,533	4,0528	
Dveře dřevěné		13,69	1			1,6428	1,5059	1,369	1,0952	1,0952	1,5059	
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		5,95	1			0,1785	0,1785	0,119	0,238	0,2975	0,476	
PVC, Linoleum		3,693	1			0,07386	0,092325	0,11079	0,129255	0,14772	0,14772	
Okna, sklo		5,78	1			1,734	1,156	0,867	0,578	0,3468	0,2312	
Dveře dřevěné		3	1			0,36	0,33	0,3	0,24	0,24	0,33	
Dveře dřevěné		0,13	1			0,0156	0,0143	0,013	0,0104	0,0104	0,0143	
Sádrokarton 9,5 mm, 40-60 mm izolace		14,25	1			3,5625	2,4225	0,57	1,14	1,14	1,2825	
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		53,78	1			1,6134	1,6134	1,0756	2,1512	2,689	4,3024	
Okna, sklo		26,04	1			7,812	5,208	3,906	2,604	1,5624	1,0416	
Vápenocementová omítka s hliníkovou barvou		21,31	1			0,6393	0,6393	0,4262	0,8524	1,0655	1,7048	
Koberce a podlahoviny do 6 mm		12,45	1			0,249	0,498	0,747	2,49	3,735	4,3575	
Dveře dřevěné		2,15	1			0,258	0,2365	0,215	0,172	0,172	0,2365	
Skříň		5	1			2,35	2,35	2,45	3,4	4,7	4,9	
Dřevo, dřevotřískka před pevným podkladem		2,29	1			0,0916	0,0916	0,1145	0,1374	0,1374	0,1374	
Stropy												
Podhledy												
Thermatex Alpha a=400 mm + 50 mm MV	9,09	21,23606		0,95		86,86609	144,7768	164,0804	193,0358	193,0358	193,0358	
Thermatex Alpha a=400 mm + 50 mm MV	41,04	-1		0,95		-18,468	-30,78	-34,884	-41,04	-41,04	-41,04	
Thermatex Acoustic RL	41,04	1		0,15(L)		10,26	8,208	6,156	4,104	6,156	8,208	
Stěnové obklady												
AMF Line 1400x760mm	12	1				4,8	15,6	22,8	19,2	18	20,4	
Obsazenost												
Obsazení osoby 2-2,5/m2	175					71,75	84	94,5	99,75	98	92,75	
$\Sigma \alpha_i S_i$						153,0	171,3	183,9	183,1	181,2	198,8	
Pohltivá plocha A [m²]			1747,6 m²									
α						0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	

Požadovaná hodnota		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Horní limit		0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Dolní limit		0,52	0,64	0,64	0,64	0,64
Vypočtená hodnota		0,84	0,75	0,70	0,69	0,57



305 – Multimediální výuková místnost

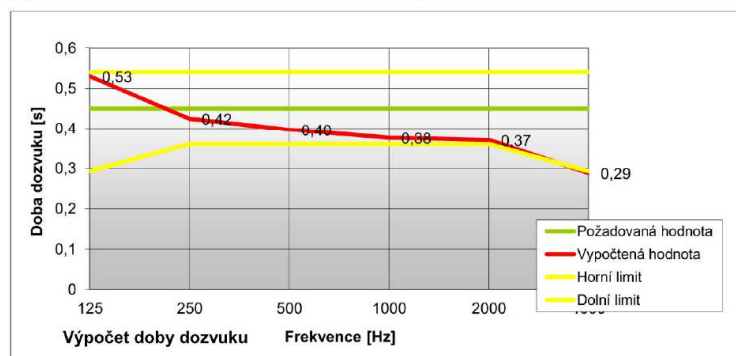
Výpočet akustických parametrů				
Výpočet doby dozvuku				
Místnost	Učebna 305 - FF OU Ostrava			
Popis	Třídní učebna			
Rozměry místnosti	6,72	x	6,9	x 4 m
Objem	185,47	m ³		

ČSN 730525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Díl	Rozměry místnosti					Hz					
	Šířka	Délka	Výška	α_w	NRC	125	250	500	1000	2000	4000
Podlaha											
PVC, Linoleum	6,72	6,9	4			0,92736	1,1592	1,39104	1,62288	1,85472	1,85472
Stěny											
Vápenocementová omítka s hlinovou barvou		18,49	1			0,5547	0,5547	0,3698	0,7396	0,9245	1,4792
Sténový obklad, desky neperforované		9,04	1			2,712	3,164	2,8928	3,616	5,2432	7,8648
Vápenocementová omítka s hlinovou barvou		11,65	1			0,3495	0,3495	0,233	0,466	0,5825	0,932
Sténový obklad, desky neperforované		6,12	1			1,836	2,142	1,9584	2,448	3,5496	5,3244
Vápenocementová omítka s hlinovou barvou		13,59	1			0,4077	0,4077	0,2718	0,5436	0,6795	1,0872
Sténový obklad, desky neperforované		6,35	1			1,905	2,2225	2,032	2,54	3,683	5,5245
Okna, sklo		7,96	1			2,388	1,592	1,194	0,796	0,4776	0,3184
Vápenocementová omítka s hlinovou barvou		17,77	1			0,5331	0,5331	0,3554	0,7108	0,8885	1,4216
Sténový obklad, desky neperforované		6,77	1			2,031	2,3695	2,1664	2,708	3,9266	5,8899
Okna, sklo		2,34	1			0,702	0,468	0,351	0,234	0,1404	0,0936
Stropy											
Sádrokarton 9,5 mm, dutina a=100 mm	6,72	6,9				5,10048	6,02784	2,3184	0,92736	0,92736	1,39104
Podhledy											
AMF-Thermatex Sonic Arc 1910x1180mm	12	1				8,4	24	37,8	39	42,6	43,2
Sténové obklady											
AMF Line 1900x1200 mm	4	1				2	8,4	10	9,6	8,8	10
Obsazenost											
Obsazení osoby 2-2,5/m2	21					8,61	10,08	11,34	11,97	11,76	11,13
$\Sigma \alpha_i S_i$						57,0	71,2	76,2	79,5	79,9	99,1
Pohltivá plocha A [m²]			208,27	m²							
α						0,27	0,34	0,37	0,38	0,38	0,48

Požadovaná hodnota		0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Horní limit		0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Dolní limit		0,2925	0,36	0,36	0,36	0,36	0,2925
Vypočtená hodnota		0,53	0,42	0,40	0,38	0,37	0,29



6. Vyhodnocení výpočtu doby dozvuku pro navržené akustické obklady a konstrukce

Výpočet doby dozvuku pro navržené množství a druhy akustických obkladů a konstrukcí je proveden teoreticky podle Eyringovy statistické metody a vychází z teoretických předpokladů pro prostory, ve kterých nelze provést měření počáteční doby dozvuku, např. při projektové přípravě. Toto měření lze provést v následné realizační fázi stavby a teoretický návrh akustických obkladů lze potom podle výsledků měření korigovat.

Výpočet doby dozvuku je proveden dle zadávacích podmínek a podle poskytnutých podkladů orientačních důvodů, a to s odkazem na text dle bodu 4, v oktávních pásmech kmitočtu se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz podle ČSN 73 0525), /lit. 4/.

Základní rozměry prostoru, požadované akustické vlastnosti a podmínky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku v jednotlivých místnostech s navrženou akustickou úpravou jsou uvedeny ve výpočtovém listu v bodě 5.

Výsledné oktávné hodnoty doby dozvuku jsou uvedeny přímo v grafu výpočtu.

Ve výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku je zčásti zahrnut vliv zvukové pohltivosti částečného obsazení osobami a interiérového vybavení místností.

Návrh umístění akustických obkladů a konstrukcí v jednotlivých místnostech jsou uvedeny v projektové dokumentaci stavebně architektonické části.

7. Popis standardů a výměr akustických podhledů a obkladů

Akustické materiály, konstrukce a prvky musí splňovat všechny požadavky na akustickou funkci, bezpečnost a zdravotní nezávadnost stanovené platnými předpisy.

K akustické úpravě prostoru bude použita prezentovaná kombinace akustického minerálního kazetového podhledu a stěnových obkladů firmy *Knauf AMF GmbH Grafenau*, uvedených položkově, typově a v odpovídající výměře ve výpočtovém listu a přiložených tabulkách materiálu.

302 – Tlumočnická laboratoř

MÍSTNOST		OZN.	SPECIFIKACE DODÁVKY	VÝMĚRA
Učebna, strop		Pka1	Stropní podhled - pohltivá část	28,17 m²
Učebna, stěna sever	5 ks	AO4 AO5	Stěnový obklad - pohltivá část	10,7 m²
Učebna, stěna východ	3 ks	AO2 AO3	Stěnový obklad - pohltivá část	7,6 m²
Učebna, stěna jih	4 ks	AO6	Stěnový obklad - pohltivá část	6,4 m²
Učebna, stěna západ	3 ks	AO2 AO3	Stěnový obklad - pohltivá část	7,6 m²

303 – Přednáškový sál

MÍSTNOST		OZN.	SPECIFIKACE DODÁVKY	VÝMĚRA
Přednáškový sál, strop		Pka1	Stropní podhled - pohltivá část	151,9 m ²
Přednáškový sál, strop		Pka2	Stropní podhled - odrazivá část	41,0 m ²
Multifunkční sál, stěna sever	12 ks	AO8 AO9	Stěnový obklad - pohltivá část	12,8 m ²

305 – Multimediální výuková místnost

MÍSTNOST		OZN.	SPECIFIKACE DODÁVKY	VÝMĚRA
Učebna, strop	12 ks	AO11	Akustické plovoucí ostrůvky	27,1 m ²
Učebna, stěna východ	4 ks	AO7	Stěnový obklad - pohltivá část	9,1 m ²

8. Závěr

Z výsledků akustických výpočtů jednotlivých provozů v porovnání s předpokládanou střední hodnotou doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní v místnostech jazykové laboratoře, přednáškového sálu a multimediální výukové místnosti splnit požadavky na akustickou pohodu a zajistit tak výborné poslechové podmínky potřebné pro vyhovující šíření přirozeného zvuku a srozumitelnost řeči v těchto typech provozu, a zároveň sníží případné hlukové pozadí od provozních zařízení objektu.

Výpočet předpokládané doby dozvuku je proveden na základě teoretických předpokladů o výchozí zvukové pohltivosti prostoru. Skutečné rozmístění akustických prvků a jejich konstrukční řešení se od navrhovaného může podle potřeby nebo provedených změn v průběhu výstavby lišit, tyto změny a úpravy návrhu doporučujeme konzultovat během realizace.

Zároveň doporučujeme v případě potřeby doplnit kontrolu a vyhodnocení realizace akustických opatření orientačním měřením doby dozvuku.

Zlín, 15.7.2016

Vypracoval:
Ing.Libor Holub