

МЕЋУЛАБОРАТОРИЈСКО ПОРЕЂЕЊЕ (ПТ шема) У ОБЛАСТИ

МЕРИЛА НИВОА ЗВУКА

(ОДЗИВ НА АКУСТИЧКИ СИГНАЛ-
проширење опсега са 94 dB на 104 dB и 114 dB)

Гордана Стефановић, Александар Јевремовић, Слободан Зеленика,

Небојша Станковић

Кључне речи: Међулабораторијско поређење (ПТ шема), мерило нивоа звука, E_n број.

КРАТАК САДРЖАЈ

Резиме: У раду је приказана реализација међулабораторијског поређења (*енг. Proficiency testing - PT шеме*) акредитоване лабораторије ТОЦ Војске Србије из области еталонирања мерила нивоа звука-акустичко испитивање покренуто у националној метролошкој институцији Србије, Дирекцији за мере и драгоцене метале. Циљ спроведене активности, популарно названо ПТ шема, је био обезбеђење услова за потврђивање мерних могућности еталонирања акредитоване лабораторије учеснице и проверу техничке компетентности свих ресурса лабораторије према стандарду SRPS/ISO 17025:2017. Дирекција за мере и драгоцене метале, односно њена лабораторија за акустику као ПТ провајдер, на основу дугогодишњег искуства у учествовању у кључним, допунским и другим међулабораторијским поређењима у оквиру EURAMET регионалне организације је имала значајну улогу у дизајнирању ПТ шема, обезбеђивању узорка поређења и у дефинисању договорене референтне вредности у извештајима ПТ шема. Добијени резултати су приказани у табелама и графички, а анализа резултата је спроведена методом поређења вредности E_n броја. Све лабораторије учеснице су задовољиле критеријум међулабораторијског поређења.

INTERLABORATORY COMPARISON (PT SCHEME) IN THE
FIELD OF SOUND LEVEL METER
(RESPONSE ON ACOUSTIC SIGNAL-
range expansion from 94 dB to 104 dB and 114 dB)

Keywords: Interlaboratory comparison (PT scheme), sound level meter, E_n value.

ABSTRACT

Summary: The paper shows the implementation of the interlaboratory comparison (Proficiency testing - PT scheme) of the accredited laboratory TOC of the Serbian Army in the field of calibration of sound level meters - acoustic testing initiated in NMI of Serbia, the Directorate of Measurements and Precious Metals. The aim of the conducted the calibration measurement capabilities of the accredited participating laboratory and checking the technical competence of all laboratory resources according to the SRPS/ISO 17025:2017 standard. The Directorate of Measures and Precious Metals, i.e. acoustics laboratory as a PT provider, based on many years of experience in participating in key, supplementary and other interlaboratory comparisons within the EURAMET regional organization played a significant role in designing PT schemes, providing comparison item and defining an reference value in PT scheme reports. The obtained results are presented in the tables and graphically, and the analysis of the results was carried out using the method of comparing the E_n values. All participating laboratories satisfied the criteria of interlaboratory comparison.

УВОД

Више деценија лабораторије у свету користе шеме међулабораторијских упоредних испитивања (енг. *Profficiency testing schemes* - ПТ шеме) као екстерну контролу квалитета свог рада. Током последњих година ПТ шеме су добиле на значају, имајући у виду да је у неким земљама учешће у ПТ шемама обавезно у поступку акредитације, док у другим земљама акредитациона тела препоручују учешће у ПТ шемама као алат за унапређење квалитета рада лабораторија[1]. Примарни циљ међулабораторијских упоредних испитивања је да лабораторијама пружи подршку у поступку унапређења квалитета њихових резултата. Већина ПТ шема је усмерена ка побољшању квалитета лабораторијских података. Неке шеме додатно пружају практичну помоћ и савет у случајевима када су лабораторије показале лошу перформансу приликом учешћа у некој ПТ шеми. Потребно је истаћи да учешће у ПТ шемама треба користити као допуну интерних процедура за контролу квалитета рада лабораторије, јер пружа додатну екстерну проверу капацитета рада и поуздане индикаторе за даље унапређење перформанси рада лабораторије [2, 3]. У циљу подршке акредитованим метролошким лабораторијама у земљи (иностранству) и успостављања њихове техничке компетентности, у националном метролошком институту Србије, Дирекцији за мере и драгоцене метале (ДМДМ), је одлучено крајем 2023. године да се организује међулабораторијско поређење у области еталонирања мерила нивоа звука (акустичко испитивање). Циљ овог рада је да прикаже резултате еталонирања међулабораторијског упоредног испитивања - ПТ шеме, у области еталонирања мерила нивоа звука (акустичко испитивање), између лабораторија „Техничко опитни центар“ и „ДМДМ-а“ као пилот лабораторијом.

Дирекција за мере и драгоцене метале, ДМДМ, представља националну метролошку институцију са дугом традицијом у метрологији која има значајну улогу у подизању инфраструктуре система квалитета. Поред основног задатка на успостављању и реализацији примарних еталона Србије, као и на обезбеђењу система следивости до крајних корисника, ДМДМ се опробала у улози ПТ провајдера на обезбеђивању ПТ шема за акредитоване лабораторије.

Ослањајући се на досадашња искуства у кључним и допунских поређењима и осталим међулабораторијским поређењима са другим националним метролошким институцијама, НМИ у оквиру EURAMET, као и на основу чињенице о доказаним и/или објављеним мерним могућностима еталонирања из области акустике покренуто је више ПТ шема. [4]

Поменуте мерне могућности еталонирања лабораторијских еталон микрофона као самог врха ланца следивости у области акустике у оквиру ДМДМ могу се наћи на сајту Међународне ораганизације за тегове и мере, BIPM, <http://kcdb.bipm.org/AppendixC/default.asp>. [5].

Комплетна техничка компетентност лабораторије за акустику ДМДМ доказана је кроз самодекларисан систем квалитета према SRPS/ ISO 17025, који је почев од 2005. па до данас евалуиран и чије се стање сваке године презентује на TC-Q у оквиру регионалне метролошке организације EURAMET.

ПОСТУПАК МЕРЕЊА

Ово међулабораторијско поређење је интерно заведено под називом „ПТ-А-МНЗ-6-2023“ и спроведено је ради утврђивања компетентности акредитованих лабораторија учесница у еталонирању мерила нивоа звука (акустичко испитивање) и идентификације неусаглашености које се могу појавити у лабораторијама током еталонирања. Дирекција за мере и драгоцене метале као организатор ове шеме за испитивање оспособљености (ПТ шеме) је спровела поређења према стандардима SRPS ISO/IEC 17043: 2011 и ILAC-G13: 2007.[6, 7]

ПТ шема две лабораторије за еталонирање мерила нивоа звука (акустичко испитивање), организована је као билатерално поређење (слика 1), па је због тога пилот лабораторија, у овом случају ДМДМ, спровела мерења на почетку и на крају ПТ шеме.



Слика 1. ПТ шема-билатерално поређење

Добра организација међулабораторијског поређења подразумевала је израду протокола у којем су били дефинисани природа и сврха ПТ шеме, распоред извршења поређења, избор узорка поређења, информације о транспорту и руковању узорка, планирано/лимитирано време извођења мерења за сваку лабораторију понаособ, информације о методи мерења и процедурама, одговорност за спровођење мерења у договореним/дефинисаним мерним тачкама, назнака спровођења статистичке анализе резултата мерења која је унапред предочена како

треба да буде спроведена, начин евалуације резултата мерења, критеријум за позитивну оцену у складу са SRPS ISO/IEC 17043: 2011, као и израда нацрта финалног извештаја о међулабораторијском поређењу.

ОПИС ЕТАЛОНА

За ово међулабораторијско поређење изабрано је мерило нивоа звука произвођача Brüel&Kjær, тип 2270. Мерило задовољава захтеве за класу 1 уређаја, према међународним стандардима IEC 61672-3:2013. За акустичко испитивање је коришћен микрофон, произвођач Brüel & Kjær, Данска, тип 4189, који је достављен уз мерило нивоа звука.

ИНСТРУКЦИЈЕ ЗА МЕРЕЊЕ

Лабораторија учесница је користила методу за еталонирање мерила нивоа звука, која се налази у њеном обиму акредитације, и коју користи за свакодневно пружање услуга кориснику.

Свака лабораторија учесница треба да одреди следеће карактеристике мерила нивоа звука: фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, у сагласности са међународним стандардом према коме је произвођач декларисао мерило, а у складу са својим обимом акредитације. Поступак еталонирања је следећи:

1) фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу одређује се за фреквенцијске пондерације А, С и Z, у опсегу од 31,5 Hz до 16 kHz са октавним корацима. За улазни сигнал користи се синусни сигнал фреквенције 1000 Hz. Референтни ниво је 94 dB, а за 104 dB, 114 dB SPL се ради за фреквенцијске пондерације А, С и Z у тачкама 1000 Hz, 31,5 Hz и 16 kHz. Мерило нивоа звука се подешава на опсег 140 dB, временске пондерације Fast и одговарајуће фреквенцијске пондерације. Очитавања се врше на дисплеју мерила нивоа звука за параметар SPL. Лабораторија је дужна да изврши сва мерења која претходе и утичу на мерења карактеристика предвиђених процедуром еталонирања, али их не приказује у извештајима који се шаљу пилот лабораторији.

Мерења треба спроводити при следећим амбијенталним условима: температура ваздуха од 20 °C до 26 °C, ваздушни притисак од 97 kPa до 105 kPa и релативна влажност ваздуха од 30 % до 75 % RH.

АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Евалуација резултата поређења је спроведена на основу E_n броја:

$$E_n = (x_{lab} - x_{ref}) / \sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}$$

Где је: x_{lab} резултат лабораторије учеснице, x_{ref} назначена референтна вредност међулабораторијског поређења, U_{lab} проширена мерна несигурност лабораторије учеснице, U_{ref} проширена мерна несигурност референтне вредности.

Назначену референтну вредност и мерну несигурност назначене вредности овог међулабораторијског поређења даје пилот лабораторија (ДМДМ),

Критеријум за позитивну евалуацију је статистичко одређивање E_n броја и то ако је $|E_n| > 1$ лабораторија не задовољава-мора да преузме неопходне кораке, и $|E_n| \leq 1$ лабораторија задовољава.

Анализа резултата (En - број) и резултати ПТ - шеме

Табела 1. Фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, фреквенцијска карактеристика А – референтни ниво 94 dB

Firma			Firma					
TOC			DMDM					
94 dB - A ponderacija								
фреквенција	измерена вредност [dB]	мерна несигурност (k=2)	Мерење 1	Мерење 2	Sr. Vrednost	Mernja nesigurnost (k=2)	En	Check
1000 Hz реф. ср. вр.	93,9	0,236	94,0	94,0	94,0	0,2	-0,323260848	
31.623 Hz	54,7	0,398	54,8	54,8	54,8	0,2	-0,224504364	
63.096 Hz	67,8	0,398	68,0	67,9	68,0	0,2	-0,336756547	
125.89 Hz	77,9	0,398	78,0	78,0	78,0	0,2	-0,224504364	
251.19 Hz	85,3	0,355	85,4	85,4	85,4	0,2	-0,245421867	
501.19 Hz	90,7	0,355	90,8	90,8	90,8	0,2	-0,245421867	
1995.3 Hz	94,9	0,398	95,0	95,1	95,1	0,2	-0,336756547	
3981.1 Hz	94,6	0,398	94,5	94,7	94,6	0,3	0	
7943.3 Hz	90,6	0,489	90,2	90,8	90,5	0,4	0,158287897	
12589 Hz	85,1	0,725	84,3	85,3	84,8	0,5	0,340639773	
16000 Hz	81,2	0,725	80,6	81,6	81,1	0,5	0,113546591	
Референтни услови								
температура ваздуха	23.4 °C							
ваздушни притисак	996.2 mbar							
релативна влажност	42,50%							

Табела 2. Фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, фреквенцијска карактеристика С- референтни ниво 94 dB

Firma			Firma					
TOC			DMDM					
94 dB - C ponderacija								
фреквенција	измерена вредност [dB]	мерна несигурност (k=2)	Мерење 1	Мерење 2	Sr. Vrednost	Mernja nesigurnost (k=2)	En	Check
1000 Hz реф. ср. вр.	93,9	0,236	94,0	94,0	94,0	0,2	-0,323260848	
31.623 Hz	91,1	0,398	91,2	91,2	91,2	0,2	-0,224504364	
63.096 Hz	93,2	0,398	93,3	93,3	93,3	0,2	-0,224504364	
125.89 Hz	93,8	0,398	93,9	93,9	93,9	0,2	-0,224504364	
251.19 Hz	93,9	0,355	94,1	94,1	94,1	0,2	-0,490843734	
501.19 Hz	93,9	0,355	94,1	94,1	94,1	0,2	-0,490843734	
1995.3 Hz	93,6	0,398	93,7	93,7	93,7	0,2	-0,224504364	
3981.1 Hz	92,7	0,398	92,8	92,9	92,9	0,3	-0,30096221	
7943.3 Hz	88,6	0,489	88,3	88,9	88,6	0,4	0	
12589 Hz	83,1	0,725	82,4	83,4	82,9	0,5	0,227093182	
16000 Hz	79,2	0,725	78,7	79,7	79,2	0,5	0	
Референтни услови								
температура ваздуха	23.4 °C							
ваздушни притисак	996.2 mbar							
релативна влажност	42,50%							

Табела 3. Фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, фреквенцијска карактеристика Lin (Z) – референтни ниво 94 dB

Firma				Firma					
TOC	94 dB - Z ponderacija			DMDM					
				Merenje 1	Merenje 2	Sr. Vrednost	Mernja nesigurnost (k=2)	En	Check
Фреквенција	измерена вредност [dB]	мерна несигурност (k=2)							
1000 Hz реф. ср. вр.	94,0	0,236		94,0	94,0	94,0	0,2	0,000	
31.623 Hz	94,1	0,398		94,2	94,2	94,2	0,2	-0,224504364	
63.096 Hz	94,0	0,398		94,1	94,1	94,1	0,2	-0,224504364	
125.89 Hz	94,0	0,398		94,1	94,1	94,1	0,2	-0,224504364	
251.19 Hz	94,0	0,355		94,1	94,1	94,1	0,2	-0,245421867	
501.19 Hz	94,0	0,355		94	94,1	94,1	0,2	-0,122710933	
1995.3 Hz	93,9	0,398		93,8	93,9	93,9	0,2	0,112252182	
3981.1 Hz	93,7	0,398		93,6	93,7	93,7	0,3	0,100320737	
7943.3 Hz	92,1	0,489		91,3	91,9	91,6	0,4	0,79143949	
12589 Hz	89,2	0,725		88,6	89,6	89,1	0,5	0,113546591	
16000 Hz	87,9	0,725		87,2	88,2	87,7	0,5	0,227093182	
Референтни услови									
температура ваздуха	23.4 °C								
ваздушни притисак	996.2 mbar								
релативна влажност	42,50%								

Табела 4. Фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, фреквенцијска карактеристика А,С, и Lin (Z)– референтни ниво 104 dB

Firma					
ТОС	104 dB				
фреквенција	измерена вредност [dB] A - пондерација	измерена вредност [dB] C - пондерација	измерена вредност [dB] Z - пондерација	мерна несигурност (к=2)	
1000 Hz	103,9	103,9	103,9	0,355	
31.623 Hz	64,5	101,0	104,0	0,489	
16000 Hz	84,6	82,9	91,3	0,920	
Референтни услови					
температура ваздуха	23.4 °C				
ваздушни притисак	996.2 mbar				
релативна влажност	42,50%				
		A - ponderacija	C - ponderacija	Z - ponderacija	
1000 Hz		104	104	104	Мерење 1
		104,1	104	104	Мерење 2
31,623 Hz		64,8	101,2	104,2	Мерење 1
		64,7	101,2	104,2	Мерење 2
16000 Hz		85,9	84	92,5	Мерење 1
		84,2	82,4	90,9	Мерење 2
Firma					
DMDM	104 dB				
фреквенција	измерена вредност [dB] A - пондерација	измерена вредност [dB] C - пондерација	измерена вредност [dB] Z - пондерација	мерна несигурност (к=2)	
1000 Hz	104,1	104,0	104,0	0,200	
31.623 Hz	64,8	101,2	104,2	0,200	
16000 Hz	85,1	83,2	91,7	0,500	
Референтни услови					
температура ваздуха					
ваздушни притисак					
релативна влажност					
фреквенција	En (A)	En (C)	En (Z)		
1000 Hz	-0,3681328	-0,245421867	-0,245421867		
31.623 Hz	-0,473198928	-0,378559143	-0,378559143		
16000 Hz	-0,429761988	-0,286507992	-0,382010656		

Табела 5. Фреквенцијски одзив за акустички сигнал на улазу, фреквенцијска карактеристика A,C, и Lin (Z) – референтни ниво 114 dB

Firma					
ТОС	114 dB				
фреквенција	измерена вредност [dB] A - пондерација	измерена вредност [dB] C - пондерација	измерена вредност [dB] Z - пондерација	мерна несигурност (κ=2)	
1000 Hz	113,9	113,9	113,9	0,355	
31.623 Hz	74,5	111,0	114,0	0,489	
16000 Hz	85,0	83,0	91,6	0,920	
Референтни услови					
температура ваздуха	23.4 °C				
ваздушни притисак	996.2 mbar				
релативна влажност	42,50%				
		A - ponderacija	C - ponderacija	Z - ponderacija	
1000 Hz	114	114	114	114	Merenje 1
	114,1	114	114	114	Merenje 2
31,5 Hz	74,6	111,2	114,2	114,2	Merenje 1
	74,6	111,2	114,2	114,2	Merenje 2
16000 Hz	86	84,1	92,6	92,6	Merenje 1
	84,4	82,5	91	91	Merenje 2
Firma					
DMDM	114 dB				
фреквенција	измерена вредност [dB] A - пондерација	измерена вредност [dB] C - пондерација	измерена вредност [dB] Z - пондерација	мерна несигурност (κ=2)	
1000 Hz	114,1	114,0	114,0	0,200	
31.5 Hz	74,6	111,2	114,2	0,200	
16000 Hz	85,2	83,3	91,8	0,500	
Референтни услови					
температура ваздуха					
ваздушни притисак					
релативна влажност					
фреквенција	En (A)	En (C)	En (Z)		
1000 Hz	-0,3681328	-0,245421867	-0,245421867		
31.5 Hz	-0,189279571	-0,378559143	-0,378559143		
16000 Hz	-0,191005328	-0,286507992	-0,191005328		

ЗАКЉУЧАК

На основу анализе резултата овог међулабораторијског поређења према унапред утврђеном критеријуму, $|En| \leq 1$ лабораторија задовољава, закључено је следеће:

Међулабораторијско поређење у области акустике успешно је спроведено у две лабораторије, од којих су за време трајања поређења једна лабораторија акредитована и једна је национални метролошки институт (пилот лабораторија).

Резултати ове акредитоване лабораторије су показали слагање са обимом акредитације и добијени резултати за све величине су у оквиру мерних могућности лабораторија приказаних у њиховом обиму акредитације. Референтна лабораторија није вршила анализу буцета мерне несигурности лабораторије учеснице, већ је само користила крајњи резултат, тј. вредност проширене мерне несигурности. Еквивалентност је потврђена за област еталонирања мерила нивоа звука (акустичко испитивање) за акредитовану лабораторију учесницу.

Имајући у виду да је ово међулабораторијско поређење које је организовано за област акустике у коме су лабораторије учествовале, као и свеукупне резултате који су добијени, може се закључити да је цео пројекат успешно завршен.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Пејовић Г., Значај међулабораторијских упоредних испитивања за унапређење перформанси рада лабораторија за контролу квалитета лекова; Arh.farm. 2014; 64; 285-293;
- [2] Берманец Грегц Л. и остали, Међулабораторијска успоредба резултата умјеравања мјерила апсолутног тлака у подручју од 500 hPa до 1100 hPa.; 16th International Conference Proceedings - CroLab; Brijuni, Croatia; 2021; 18-25;
- [3] Visser R., Interpretation of interlaboratory comparison results to evaluate laboratory proficiency; Accred. Qual. Assur.; 2006; 10 ; 521-526;
- [4] S.Simić, G.Stefanović, J.Pantelić- Babić, J.Marendić-Miljković, Lj.Mićić, D.Kovačević, B.Laštro, ORGANIZACIJA MEĐULABORATORIJSKIH POREĐENJA AKREDITOVANIH LABORATORIJA U SRBIJI; International Journal "Total Quality Management & Excellence", Vol. 37, No. 1-2, 2011.
- [5] BIPM <http://kcdb.bipm.org/AppendixC/default.asp>.
- [6] SRPS ISO/IEC 17043:2023 Оцењивање усглашености - Општи захтеви за испитивање оспособљености;
- [7] ILAC-G13:2007 ILAC Guidelines for the requirements for the competence of providers of proficiency testing schemes;