

TRENTNE METROLOŠKE MOGUĆNOSTI LABORATORIJA U BOSNI I HERCEGOVINI

THE PRESENT METROLOGICAL POSSIBILITIES OF THE LABORATORIES IN BOSNIA AND HERCEGOVINA

**Mr.sc. Zejnil Trešnjo, asistent,
Univerzitet "Džemal Bijedić", Nastavnički fakultet u Mostaru
Maršala Tita bb, 88000 Mostar**

**Dr.sc. Edhem Seferović, profesor,
Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Sarajevu
Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo**

Ključne riječi: metrologija, osnovna jedinica, mjerni etalon, mjerna nesigurnost

REZIME

Metrologija je izuzetno značajna oblast za razvoj svih naučnih disciplina. Shvatajući značaj koji metrologija igra u privredi jedne države, u radu je prezentirano trenutno stanje i mogućnosti metrološke infrastrukture u Bosni i Hercegovini. Poseban akcenat je stavljen na laboratorijske kapacitete, oblasti i podoblasti fizikalnih veličina, etalone i mjernu opremu kao i njihove mjerne nesigurnosti. Kroz uporedbu ovih mjernih nesigurnosti sa onim datim za primarne etalone u Međunarodnom uredu za tegove i mjere (BIPM) u Parizu, moguće je utvrditi trenutne metrološke mogućnosti u BiH u odnosu na međunarodne.

Key words: metrology, base quantity, base unit, measurement standards, measurement uncertainty

SUMMARY

The Metrology is exceptionally significant field for the development of all scientific disciplines. Considering the significance that the Metrology in the economy of a country, in this work has been presented the situation and the possibilities of the metrological infrastructure in Bosnia and Hercegovina. The special emphasis has been placed on the laboratory capacities, regions and sub-regions of the physical dimensions, standards and measuring equipment, as well as their measuring securities. Comparing these measuring securities with those given for primary standards in the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) in Paris, is possible to establish the present metrological possibilities in B&H in regard to the international.

1. UVOD

Pod «metrologijom» podrazumjevamo onaj specijalizirani dio pojedinih prirodnih i tehničkih nauka koji se bavi metodama mjerenja fizikalnih veličina, razvojem i izradom mjernih uređaja, reprodukcijom i pohranjivanjem (utjelovljenjem) mjernih jedinica, te svim ostalim poslovima koji omogućuju preciznije mjerenje i usavršavanje mjernih postupaka [1].

Metrologija je izuzetno značajna oblast za razvoj svih naučnih disciplina, kao i općenito za razvoj tehnike, tehnologije i privrede u cijelini. Do današnjeg stupnja razvoja metrologije došlo se dugotrajnim i mukotrpnim radom kroz dugi period evolucije ljudskog društva. Osnovni moderator i inicijator razvoja su ljudske potrebe i tržište. Prema tome današnji nivo razvoja mnogih naučnih disciplina pa i metrologije rezultat potreba i razvoja tržišta.

Sve zemlje su prisutne na međunarodnom tržištu i vrlo često njihova pozicija ovisi o nivou razvoja metrologije. U te zemlje spada i Bosna i Hercegovina, te je vrlo značajno istražiti stanje i trenutne metrološke mogućnosti laboratorija u Bosni i Hercegovini. Bosna i Hercegovina se, nakon svega što se dešavalo u posljednjih deset godina, nalazi u vrlo teškom ekonomskom stanju i skoro bez ikakvih privrednih tokova. Ovo stanje ima direktnog uticaja na razvoj mjernog sistema u Bosni i Hercegovini.

Tokom rata mnoga velika preduzeća su totalno uništena ili opljačkana, zemlju je napustio veliki broj stručnog kadra, tako da se može pretpostaviti da se trenutno stanje metrologije nalazi daleko ispod nivoa predratnog stanja. S druge strane naučna dostignuća u međunarodnoj metrologiji iz dana u dan poprimaju nove dimenzije. Posljedica toga je povećanje proizvodne tačnosti, kao i smanjenje mjerne nesigurnosti, odnosno poboljšanje pouzdanosti mjernih procesa. Kao primjer navedimo dužinu: u posljednjih trideset godina tačnost je povećana 10 puta. Slično je i sa ostalim mjernim veličinama.

Ovaj rad ima za cilj da se kroz istraživanje metroloških mogućnosti u BiH, tj. kroz spoznaju o laboratorijskim kapacitetima, oblastima i podoblastima fizikalnih veličina, etalonima i mjernom opremom, mjernom nesigurnošću, te kadrovskim mogućnostima, da presjek trenutnog stanja metrologije u Bosni i Hercegovini.

2. TRENUTNO STANJE METROLOGIJE U BIH

U predratnom periodu, pored "Kontrolne stanice Saveznog zavoda za mjere i dragocjene metale Jugoslavije" (smještene u Sarajevu), značajan doprinos metrologiji u Bosni i Hercegovini davale su pojedine privredne organizacije koje su imale svoje interne metrološke kontrolne službe i neka preduzeća sa svojim centrima za kvalitet: "Energoinvest", "Famos", "Zrak", "UNIS" u Sarajevu; "TAS" i "Pretis" u Vogošći, "RMK Zenica", "SOKO" Mostar, Holding "Rudi Čajavec" u Banja Luci, "BNT"-Novi Travnik, "Slavko Rodić"-Bugojno, "Pobjeda"-Goražde, "UNIS TADIV"-Konjic, "Birač"-Zvornik, "Rafinerija ulja" u Modriči, "Fabrika alata" u Trebinju, "Trudbenik" u Doboju i drugi. Pored njih treba spomenuti metrološke laboratorije ML-12 ("Kosmos"-Banja Luka), ML-15 ("Rudi Čajavec"-B. Luka), ML-16 ("Orao"-Rajlovac) i ML-62 ("Laboratorija za proizvodnu mjernu tehniku"-Mašinski fakultet u Sarajevu) i Metalurški institut "Kemal Kapetanović" u Zenici .

Neka od tih navedenih preduzeća su totalno uništena u posljednjem ratu, neka su dislocirana, a većina ih je opljčkana i osiromašena. I ona preduzeća koja u toku rata nisu razorena, a oprema sačuvana imaju problema sa nedostatkom stručnih i kvalifikovanih kadrova. Istraživanje je provedeno na čitavom području BiH. Ispitano je ukupno 14 privrednih subjekata.

Zbog validnosti rezultata u ovom radu su prezentirane samo one laboratorije koje su po svojoj trenutnoj djelatnosti, opremi, kadru i prostoru važne pri utvrđivanju trenutnog stanja metrologije i BiH, kao i proiciranju budućeg pravca razvoja metrološkog sistema u BiH.

Direktnim posjetama ovim laboratorijama došlo se do potrebnih podataka kao što su:

- organizaciona struktura,
- sistem upravljana kvalitetom,
- prostorni smještaj,
- podaci vezani za mjernu opremu,
- rezultati umjeravanja,

Kroz tabele koje slijede dat je kratak presjek rezultata koji su dobiveni ovim istraživanjem.

TABELA 1. PREGLED METROLOŠKIH MOGUĆNOSTI LABORATORIJA U BiH.

Oblast	Veličina	Laboratorija
Dužina	Dužina	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
	Ugao	- Laborat.za proizv. mjernu tehniku- <i>Maš. fakultet Sarajevo</i>
	Oblik	- BNT- <i>Novi Travnik</i>
	Hrapavost	
Masa i izvedene veličine	Masa	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
	Sila	- Institut "Kemal Kapetanović" <i>Zenica</i>
	Moment sile	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
	Tvrdoća	- BNT- <i>Novi Travnik</i>
Pritisak		
	Gustina	- Zavod za kontrolu lijek. F BiH
Viskozitet		
Vrijeme i frekvencija	Vrijeme	- ML12 - VZ "Kosmos"
	Frkvencija	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
Temperatura	Termodinam. temperatura	- Institut "Kemal Kapetanović" <i>Zenica</i>
	Relativna vlažnost	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
Protok	Protok tečnosti	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
Akustika i vibracije	Zvučni pritisak	- ML15 – "Rudi Čajavec"
	Prigušenje (slabljenje)	- ML12 - VZ "Kosmos"
Elektricitet i magnetizam	Električna struja	
	Električni napon	
	Otpornost	- ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
	Kapacitivnost	- ML12 - VZ "Kosmos"
	Induktivnost	- ML15 – "Rudi Čajavec"
	Impedanca	
Električna snaga		
Hemija	Hemijska analiza gasova	- Zavod za kontrolu lijek. F BiH - BNT- <i>Novi Travnik</i> - ML16 – VZ "Orao" <i>Bijeljina</i>
	Mjerenje pH	- Zavod za kontrolu lijek. F BiH

TABELA 2. PREGLED MJERNIH OBLASTI-PODOBLASTI I MJERNIH ETALONA U BiH.

Oblast	Podoblast	Etalon / Opseg	Nesigurnost	Laboratorija	
Dužina	Talasna dužina i interferometri	Interferometar TSUGAMI	$\pm 0,01\mu\text{m}$ do $\pm 0,04\mu\text{m}$	ML 16 - VZ "Orao"	
		Laserski interferometar	$(\pm 1,7 \times 10^{-6}L)\mu\text{m}$		
	Dimenzionalna metrologija	Garn.planparal. gran. mjerila	$0,03\mu\text{m} + 0,5 \cdot 10^{-6}L$	BNT- <i>Novi Travnik</i>	
		Univerzalana mjerna masina	$\pm 0,63\mu\text{m}$		
	Mjerenje ugla	Garnit.uglovnih gran. mjerki	$\pm 2''$	BNT- <i>Novi Travnik</i>	
		Uglomjeri – MOORE 1440	$\pm 0,1''$ do $\pm 0,5''$	ML16 – VZ "Orao"	
Oblici	Uređaj za ispit. ravn. površ.	$\pm (0,3+L/2000)\mu\text{m}$	Maš. fakultet Sarajevo		
Hrapavost	Etalon hrapavosti Tip C3	-	Maš. fakultet Sarajevo		
	Uređaj za ispit. hrapavosti	-			
Masa i relevantne veličine	Mjerenje mase	Garnitura tegova klase E2	od $\pm 0,02\text{mg}$ do $\pm 500\text{mg}$	ML16 – VZ "Orao"	
		Automatska vaga	$0,031\text{mg} + 7,1 \times 10^{-6}$	ZKL FBiH	
	Sila	Pretvarači sile	od 0,02% do 0,57%	Institut "Kemal Kapetanović" <i>Zenica</i>	
		Mašina za ispitivanje sile/ <i>Elektronska kidalica</i>	0,1N	ML16 – VZ "Orao" BNT- <i>Novi Travnik</i>	
	Moment sile	Uređaj za ispitiv. mom. sile	$\pm 0,1\%$	ML16 – VZ "Orao"	
	Tvrdoća	Referentne pločice-Brinell	od $\pm 1,0$ do $\pm 10,0$ HB	Institut "Kemal Kapetanović" <i>Zenica</i>	
		Referentne pločice-Vickers	od $\pm 6,0$ do $\pm 30,0$ HV		
		Refer. pločice-HRC i HRB	$\pm 0,5$ HRB / $\pm 0,3$ HRC		
Pritisak	Manometarska vaga	$(\pm 0,01\%$ do $\pm 0,1$ MPa	ML16 – VZ "Orao"		
Gustina	Denzotometar	$\pm 10^{-5}\text{g/cm}^3$	ZKL FBiH		
Viskozitet	Automatski mikro viskoz	$< 0,7\%$	ZKL FBiH		
Vrijeme i frekvencija	Mjerenje vremena i frekvencije	Elektron. brojač-HP 5065A	$\pm 1 \cdot 10^{-11}$ /mjeseć	ML12 – VZ "Kosmos"	
Temperatura	Mjerenje temper.	Uređaj za kalibrac. termom.	od $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ do $\pm 1^{\circ}\text{C}$	ML16 – VZ "Orao"	
	Bezkont. mjerenje temper.	Termovizija	-	"	
	Vlažnost	Higrom. KGKT-ROTRONIC	$(\pm 1\%)$	"	
Protok	Protok tečnosti	Mjerač protoka VITION	$\pm 0,05\%$ do $\pm 0,071\%$	ML16 – VZ "Orao"	
Akustika i vibracije	Zvučni pritisak	24dB–153dB		ML15 – "Rudi Čajavec"	
	Slabljenje	0 dB–139dB	$\pm 0,01$ do $\pm 0,012\text{dB}$	ML12 – VZ "Kosmos"	
	Brzina obrtanja	10min^{-1} – 7200min^{-1}	$\pm 1\text{min}^{-1}$	ML16 – VZ "Orao"	
	Vibracije (pomjeraj, brzina i ubrzanje)	-	-	ML16 – VZ "Orao" ML15 – "Rudi Čajavec"	
Elektricitet i magnetizam	Istosmj. struje	<i>DC-struja</i>	50fA–30A	-	ML15 – "Rudi Čajavec"
		<i>DC-napon</i>	μV –40 kV		
	Naizmj. struje	<i>AC-struja</i>	/ $1\mu\text{A}$ –90A	od $\pm 0,035\%$ do $\pm 0,2\%$	ML16 – VZ "Orao"
		<i>AC-napon</i>	1mV–5000V	$\pm (0,02 + 0,001\% \text{MO})$	"
		<i>Otpornost</i>	0,1m Ω –1T Ω	od $\pm 0,01\%$ do 0,6%	"
		<i>Kapacitiv.</i>	6,4pF–110mF	od $\pm 0,05\%$ do 0,5%	"
		<i>Induktiv.</i>	10 μH –1100 H	$\pm 0,1\%$ do 0,25%	ML15 – "Rudi Čajavec"
<i>Snaga</i>	1W–37500 W	$\pm 0,05\%$ / $\pm 0,065\%$ / $\pm 0,12\%$	ML16 – VZ "Orao"		
Hemija	Spektrometrija			ZKL FBiH	
	Biohemija			"	
	Mjerenje pH			"	

Ako bi istraživanje ograničili na sedam osnovnih fizikalnih veličina, situacija bi bila takva kao što je dato u tabeli 3.

TABELA 3. MJERNI ETALONI I NJIHOVE MJERNE NESIGURNOSTI

MJERNA OBLAST	MJERNI ETALONI	MJERNA NESIGURNOST
Dužina	Interferometar TSUGAMI Laserski interferometar Garn. planparal. gran. mjerila Univerzalana mjerna mašina	$\pm 0,01\mu\text{m}$ do $\pm 0,04\mu\text{m}$ ($\pm 1,7 \times 10^{-6}L$) μm $0,03\mu\text{m} + 0,5 \cdot 10^{-6}L$ $\pm 0,63\mu\text{m}$
Vrijeme	Elektronski brojač-HP 3325 A +Symmetricom 58503 B Elektronski brojač-HP 5065A	$\pm (1 \times 10^{-12}/24\text{sata})$ $\pm 1 \cdot 10^{-11}/\text{mjesec}$
Masa	Garnitura tegova klase E2 Automatska vaga	od $\pm 0,02\text{mg}$ do $\pm 500\text{mg}$ $0,031\text{ mg} + 7,1 \times 10^{-6}$
Elektricitet AC/DC napon i struja	Digitalni multimetar - HP 3458 A, Digitalni multimetar - JF 5520	$\pm (3,5\text{ppm}$ do $4,5\text{ppm} + 0,3\text{ppmop})$ $\pm (0,025\% + 1000\mu\text{V})$
Temperatura	Uređaj za kalibrac. termometara	od $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ do $\pm 1^{\circ}\text{C}$
Hemija	UV/VIS Spektrometar IR Spektrofotometar Referentni materijali	-

Ako bi htjeli izvršiti poređenje ovih mjernih nesigurnosti sa onim u Međunarodnom uredu za tegove i mjere (BIPM) u Parizu, gdje se inače čuvaju najviši nivoi mjernih etalona sa kojom se danas odgovarajuća jedinica opšte može realizovati, potrebno je izvršiti istraživanje mjerne nesigurnosti međunarodnih etalona–primarnih etalona.

3. NIVOI BITNIH MJERNIH ETALONA U BIPM-u

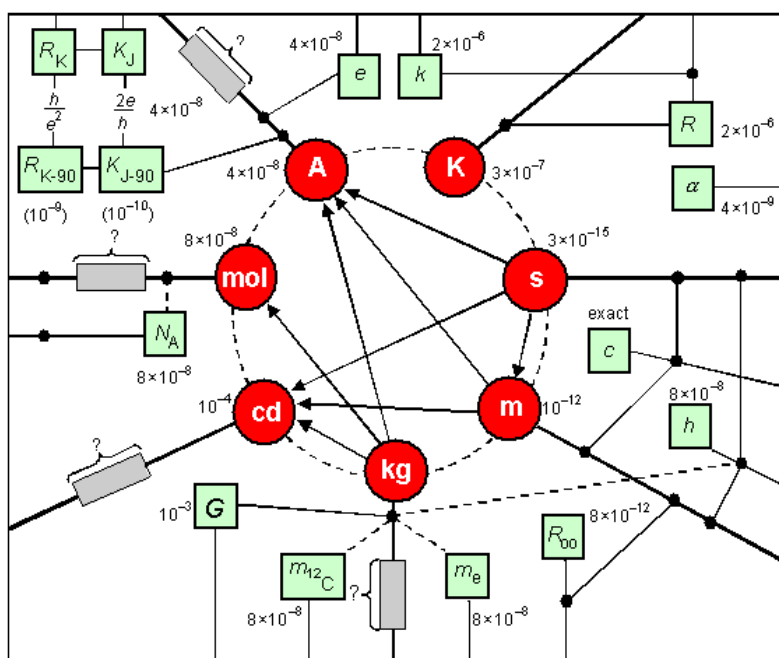
Međunarodni ured za tegove i mjere-BIPM je u suštini međunarodni centar metrologije čije su Laboratorije i uredi smješteni u Sevres-u kod Pariza. Njegov zadatak je da obezbjedi jedinstven, jasan sistem mjerenja po čitavom svijetu oslanjajući se na Međunarodni sistem jedinica (SI). Ovaj zadatak se obavlja u mnogo oblika, od direktnog širenja jedinica (kao što je slučaj mase i vremena) do koordinacije putem međunarodnih komparacija nacionalnih mjernih etalona (kao što je dužina, elektricitet, radiometrija i jonizujuće zračenje) [2].

Istražujući trenutne aktivnosti pojedinih laboratorija u BIPM-u, može se ukratko reći da je naučni rad u Međunarodnom uredu za tegove i mjere skoncentrisan na sedam osnovnih veličina, plus oblast jonizujućeg zračenje [3]. Rezultati ovih istraživanja najbolje ilustruje tabela 4 i slika 1. Kao što se vidi iz tabele 4 najdalje se otišlo u pogledu mjerenja vremena, gdje najmanja mjerna nesigurnost atomskog cezijumskog sata danas iznosi oko 3×10^{-15} .

TABELA 4. PRIMARNI ETALONI U BIPM

Mjerna oblast	Mjerni etaloni	Nesigurnost
Dužina	Stabilizovani laseri, Interferometri, Laserski interferometarski mjerni sistemi,	10^{-12}
Vrijeme	Cezijumski atomski sat,	3×10^{-15}
Masa	Etaloni mase, Etalonske vage	8×10^{-8}
Elektricitet	Kriogeni komparatori struje, <i>Kvantni Hal efekt po Josepsonu i Klitcingu</i> , Zener reference, Potencimetrijske metode, Komparator mostovi	4×10^{-8} 10^{-10} (napon) 10^{-9} (otpor)
Temperatura	Gasni termometri, <i>ITS 90-fiksne tačke</i> , Otporni termometri, Termoelementi	3×10^{-7}
Fotometrija i radiometrija	Detektori vidljivog spektra- <i>fotometri</i> , Si-fotodiode, <i>Kriogeni radiometri</i> , Detektori, Stabilizovani referentni laserski izvori,	10^{-4}
Hemija	Čisti materijali, <i>Certificirani referentni materijali</i>	8×10^{-8}
Jonizujuće zračenje i radioaktivnost	Jonizacione komore, <i>Referentni izvori zračenja</i> , Jonizacione komore tipa Well, Certific. radioaktivni izvori, Kalorimetri,	-

Sa slike 1 se može vidjeti da osnovne jedinice SI stoje u višestranom uzajamnom odnosu. Na primjer, u definiciji jačine struje uključeni su: dužina, vrijeme i također masa (preko definicije sile). Pored ovog, slika jasno pokazuje povezanost definicije jedinice i određene fundamentalne konstante, kao i trenutnu mjernu nesigurnost kojom je realizovana svaka ova jedinica, pa prema tome i fundamentalna konstanta.



SLIKA 1: VEZA IZMEĐU OSNOVNIH JEDINICA I FUNDAMENTALNIH KONSTANTI

Ova slika jasno pokazuje i projekte koji su trenutno aktuelni u BIPM-u. Ti projekti su ustvari pokušaji da se i ostale osnovne jedinice definišu i realizuju preko fundamentalnih konsanti. Ovdje se prije svega misli na jedinice za masu, količinu materije i jačinu električne struje. Razlog ovome je činjenica da fundamentalne konstante ne podliježu starenju i iste su bez obzira kada i gdje se vrši mjerenje [2,3].

4. ZAKLJUČAK

Stanje metrologije u Bosni i Hercegovini je dosta složeno, kao posljedica trenutne situacije. Zbog smanjene privredne aktivnosti smanjena je i aktivnost metroloških laboratorija. Oprema kojom se raspolaže je djelimično oštećena i zastarjela, a nabavka nove opreme je otežana upravo zbog smanjenja usluga metroloških laboratorija.

Analiziranjem tabela datih u ovom radu može se, između ostalog, utvrditi slijedeće:

- U Bosni i Hercegovini postoji šest ozbiljnih metroloških laboratorija,
- Ove laboratorije svojim mogućnostima pokrivaju 9 oblasti i 29 podoblasti fizikalnih veličina,
- Za većinu fizikalnih veličina moguće je utvrditi mjernu nesigurnost,
- u BiH ne postoji niti jedna metrološka laboratorija koja se bavi mjerenjem jačine svjetlosti i svjetlosnog fluksa
- oblast jonizujuće zračenje i radioaktivnost, također nije zastupljena niti u jednoj metrološkoj laboratoriji
- Metrologija na međunarodnom planu još uvijek ima izražen trend razvoja

Ozbiljan problem za uspješan razvoj metrologije u Bosni i Hercegovini predstavljaju:

- nedostatak kvalitetnog stručnog i istraživačkog kadra,
- nedovršen proces izgradnje i organizovanja vrhunskih metroloških institucija i
- nedostatak etalonske baze na nivou BiH

Postignute spoznaje i rezultati istraživanja prezentirani u ovom radu mogu korisno poslužiti u donošenju konkretnih rješenja u pogledu poboljšanja razvoja metrologije u Bosni i Hercegovini.

5. REFERENCE

- [1] EUROMET: „*Metrology-in short*“; Project 595- October 2000
- [2] BIPM: “*SI brochure*”; 7th edition, 1998
- [3] www.bipm.fr - *The scientific work of the BIPM*

