

Međulaboratorijsko poređenje mjerenja temperature između 7 laboratorija

Srđan Damjanović, Predrag Katanić
Fakultet poslovne ekonomije Bijeljina
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Bijeljina, Republika Srpska, BiH
vsst@teol.net

Biljana Petrić
Orao a.d.
Metrološka laboratorija
Bijeljina, Republika Srpska, BiH
biljana.petric@orao.aero

Sadržaj — U radu je opisano međulaboratorijsko poređenje mjerenja temperature sa digitalnim multimetrom *Agilent 34401A* sa dva 100 Ω platinska otporna termometra u 7 mjernih tačaka. Poređenje je rađeno između LMK laboratorije iz Slovenije, kao pilot laboratorije i laboratorija iz Albanije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Makedonije i Srbije.

Metrološka laboratorija koja se nalazi u Orao a.d. Bijeljina je bila jedna od dvije laboratorije iz Bosne i Hercegovine, koja je učestvovala u ovom međulaboratorijskom poređenju. Orao laboratorija je kao etalon za mjerenje temperature koristila platinski otporni termometar *Rosemount 162CE (Pt-25)*, a kao indikator otpora/temperature digitalni multimetar *HP3458A*. Kao izvor temperature korišćeno je temperaturno kalibraciono kupatilo *Rosemount 910*. Za temperature od -20 °C do 0 °C kao medijum za stabilizaciju temperature korišćen je alkohol, a za temperature od 50 °C do 200 °C silikonsko ulje. Cilj ovog poređenja je bilo potvrđivanje mjerne metode za etaloniranje nerastavljivih termometara u Orao a.d., kao i proračuna mjerne nesigurnosti za ovu mjernu metodu. (Abstract)

Ključne riječi - *poređenje; etaloniranje; mjerna nesigurnost; proračun; (key words)*

I. UVOD

Metrološka laboratorija Orao a.d. iz Bijeljine vrši etaloniranje mjerne opreme u Republici Srpskoj, Federaciji BiH, Srbiji i Crnoj Gori. Posjeduje etalone za 25 fizičkih veličina. Akreditovana je laboratorija od strane BATA-e (Institut za akreditovanje BiH) prema standardu BAS EN ISO/IEC 17025/2006 u pogledu osposobljenosti za obavljanje etaloniranja u području: električnih veličina, vremena i frekvencije, dimenzionih veličina, mehaničkih veličina, fluidnih veličina, temperature, vlažnosti i termofizičkih osobina. Metrološka laboratorija ima procedure kontrole kvaliteta za monitoring preduzetih etaloniranja (tačka 5.9. standarda BAS EN ISO/IEC 17025/2006). Jedna od planiranih aktivnosti u ovim procedurama je učešće u programima međulaboratorijskog poređenja. Svaka laboratorija tek kroz međulaboratorijska poređenja može potvrditi rezultate mjerenja, koja su izvršena u laboratoriji, kao i mjerne nesigurnosti koje se pridružuju rezultatima mjerenja. Mjerne nesigurnosti mogu se najbolje potvrditi interkomparacijom između laboratorija, koje nemaju iste etalone i pomoćnu opremu, koju koriste u procesu etaloniranja. Takođe je

poželjno da etaloni, koji se koriste u procesu interkomparacije, nisu etalonirani u istim laboratorijama. Učestvovanjem u interkomparacijama metrolozi uvijek stižu nova saznanja o mjernim metodama i proračunima mjerne nesigurnosti, koja poslije mogu da primjene i na druge mjerne metode.

Predmet ovog rada je međulaboratorijsko poređenje u oblasti mjerenja temperature. Ova interkomparacija je održana u okviru *CARDS 2006 PT* projekta, koji je organizovala LMK laboratorija sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Ljubljani. LMK laboratorija je akreditovana kao provajder za testiranje/interkomparaciju u saradnji sa *Dutch Accreditation Council (RvA)*. Glavni tehnički supervizor u ovom međulaboratorijskom poređenju je bio dr Jovan Bojkovski.

Primjenjivao se kružni model kretanja putujućeg etalona. Svaka laboratorija je imala na raspolaganju dvije sedmice da izvrši traženo mjerenje temperature. Kao putujući etalon se koristio digitalni multimetar sa 6 ½ digita *Agilent 34401A*, sa dva platinska otporna termometra Pt100. Etalonirani otporni termometri imaju četiri izvoda, pa se vršilo četverožično mjerenje otpora. Rezolucija digitalnog multimetra prilikom mjerenja otpora je iznosila 1 m Ω , što odgovara temperaturi od 2,5 mK.

Interkomparacija je rađena u sedam mjernih tačaka u temperaturnom opsegu od -40 °C do 200 °C (-40 °C, -20 °C, 0 °C, 50 °C, 100 °C, 150 °C i 200 °C). Prilikom iskazivanja rezulta etaloniranja laboratorije nisu bile dužne da postignu baš ove vrijednosti temperatura, već da za temperature bliske ovim mjernim tačkama odrede odstupanja etaloniranog mjerila od etalona u laboratoriji.

U ovoj interkomparaciji je pored LMK laboratorijae iz Slovenije učestvovalo još šest laboratorija:

- Orao (BA2), Bijeljina, BiH.
- Univerzitet u Zenici, Metalurški institut Kemal Kapetanović (BA1), Zenica, BiH.
- Direkcija za mere i dragocene metale (RS), Beograd, Srbija.
- *Meteorological laboratory* (HR), Zagreb, Hrvatska.
- *Bureau of Metrology* (MK), Skoplje, Makedonija.
- *GDMC-General Directorate of Metrology and Calibration* (AL), Tirana, Albanija.

II. METODA MJERENJA I KORIŠĆENA OPREMA

Prilikom izvođenja etaloniranja putujućeg etalona u laboratoriji Orao a.d. u Bijeljini referentni uslovi su bili:

- temperatura: $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$,
- relativna vlažnost vazduha: $(60 \pm 15) \%$.

Putujući etalon i referentni etalon su držani u referentnim uslovima 24 h prije početka mjerenja.

Korišćena je metoda direktnog poređenja mjerenja temperature putujućeg etalona i mjerenja temperature sa etalonskim otpornim termometrom u Orao laboratoriji. Ova metoda je dokumentovana pod nazivom "Uputstvo za etaloniranje nerastavljivih termometara, broj 052/90-E-016". Orao laboratorija je kao etalon koristila platinski otporni termometar *Rosemount 162CE (Pt-25)* i digitalni multimetar *HP3458A*. Kao izvor temperature korišćeno je temperaturno kalibraciono kupatilo *Rosemount 910 AC*. Za temperature od $-20 ^\circ\text{C}$ do $0 ^\circ\text{C}$ kao medijum za stabilizaciju temperature korišćen je alkohol, a za temperature od $50 ^\circ\text{C}$ do $200 ^\circ\text{C}$ silikonsko ulje.

Vrh davača temperature koji se etaloniraju, kao i naš etalonski davač temperature uranjaju se 15 cm u radni fluid temperaturno kalibracionog kupatila. Vrhovi sva tri davača temperature se spajaju u istu tačku, kako bi eliminisali uticaj prostorne neuniformnosti temperaturnog kalibracionog kupatila na tačnost poređena temperatura i proračun mjerne nesigurnosti. Kada se u temperaturnom kalibracionom kupatilu dostigne željena temperaturna tačka, a prije svakog očitavanja izmjerene vrijednosti temperature (otpora na digitalnom multimetru), otporne termometre je potrebno držati najmanje 20 minuta na svakoj mjernoj taci. Ovo je potrebno uraditi, kako bi se davači što bolje stabilizovali na postignutu vrijednost temperature. Time se povećava tačnost mjerenja temperature i smanjuje mjerna nesigurnost. Prema našoj mjernoj metodi predviđeno je da se za svaku mjernu tačku radi po 10 mjerenja. Za rezultat etaloniranja se uzima srednja vrijednost 10 mjerenja. Da bi dodatno smanjili mjernu nesigurnost prilikom etaloniranja putujućeg etalona, mi smo za svaku mjernu tačku uradili pet serija od po 10 mjerenja. Pri čemu smo te serije ponavljali 5 dana. Za svaku seriju od po 10 mjerenja smo prvo izračunali srednju vrijednost. Zatim smo izračunali srednju vrijednost od 5 serija mjerenja i tu vrijednost smo uzeli za konačan rezultat mjerenja.

Nakon izvršenih mjerenja, urađena je procjena mjerne nesigurnosti za svaku mjernu tačku u skladu sa dokumentom "Procjena mjerne nesigurnosti etaloniranja nerastavljivih termometara od $-50 ^\circ\text{C}$ do $600 ^\circ\text{C}$, broj 052/72-E-029". Jednačina modela za procjenu mjerne nesigurnosti prikazana je sljedećim izrazom

$$Ex = Tx - Ts - Cs * \Delta Rs - \Delta Th + \Delta Txd \quad (1)$$

gje je:

Ex - Greška indikacije etaloniranog nerastavljivog termometra.

Tx - Temperatura koju pokazuje etalonirani nerastavljivi termometar (digitalni multimetar *Agilent 34401A*).

Ts - Temperatura koju pokazuje etalonski otporni termometar *Rosemount 162CE (Pt-25)*,

Cs - Osjetljivost etalonskog otpornog termometra (promjena temperature pri promjeni otpora).

\Delta Rs - Korekcija mjerenja otpora sa digitalnim multimetrom *HP3458A*.

\Delta Th - Korekcija temperature zbog neravnomjerne raspodjele temperature u temperaturnom izvoru.

\Delta Txd - Korekcija greške prikaza rezultata zbog ograničene rezolucije nerastavljivog termometra (digitalni multimetar *Agilent 34401A*).

Za svaku mjernu tačku u kojoj je rađeno etaloniranje nerastavljivog termometra, kvantifikovane su sve komponente mjerne nesigurnosti iz predhodne jednačine modela (1). Zatim je napravljen je budžet svih komponenti mjernih nesigurnost. Na kraju je izračunata proširena mjerna nesigurnost, koja je data sa koeficijentom proširenja $k = 2$. Za koeficijent proširenja $k = 2$ očekujemo da će se 95% svih iskazanih rezultata mjerenja nalaziti u granicama

izmjerena vrijednost \pm proširena mjerna nesigurnost. (2)

III. REZULTATI MEĐULABORATORIJSKIH POREĐENJA

U pilot laboratoriji (LMK Slovenija) su prvo izvršena mjerenja temperature sa putujućim etalomom, prije cirkularnog slanja u laboratorije učesnice interkomparacije. Kada su izvršena mjerenja sa putujućim etalomom u svim laboratorijama učesnicama interkomparacije, ponovo je izvršeno mjerenje u pilot laboratoriji. Kao referentna vrijednost temperature izmjerena na putujućem etalonu uzeta je srednja vrijednost ova dva mjerenja u pilot laboratoriji. Sa digitalnim multimetrom *Agilent 34401A* četverožično je mjerena otpornost prvog putujućeg davača temperature sa prednje strane, a sa drugog davača sa zadnje strane u svim laboratorijama. Korekcije temperature putujućeg etalona izmjerene u pilot laboratoriji prikazane su u tabeli 1. U ovoj tabeli je data i mjerna nesigurnost mjerenja temperature u pilot laboratoriji.

Sve laboratorije učesnice interkomparacije dobile su zadatak, da u sedam temperaturnih tačaka pomoću istog digitalnog multimetra izmjere otpor na dva otporna davača temperature. Pilot laboratorija je za svaki otporni davač temperature dala odgovarajuće koeficijente za pretvaranje otpora u temperaturu. Zadatak svih laboratorija učesnica interkomparacije je bio da za svih sedam mjernih tačaka izračunaju odstupanje pokazivanja putujućeg etalona, od pokazivanja etalona svake laboratorije. Laboratorije učesnice u interkomparaciji nisu znale rezultate pilot laboratorije, kao ni rezultate ostalih laboratorija sve dok kompletan kružni ciklus interkomparacije nije završen. Korekcije vrijednosti etalona izmjerene u laboratorijama učesnicama interkomparacije prikazane su u tabeli 2. Pojedine laboratorije nisu dale rezultate za sve mjerne tačke. Orlova laboratorija (BA2) nije dala rezultate za mjernu tačku $-40 ^\circ\text{C}$. Razlog za to leži u činjenici

da naše temperaturno kupatilo, kada koristi gas freon kao rashladni medijum, može da postigne minimalnu temperaturu od -30 °C. Sa drugim rashladnim gasom naše temperaturno kupatilo bi moglo da postigne traženu temperaturnu tačku, ali u trenutku kada smo učestvovali u procesu interkomparacije

nismo imali taj rashladni gas. Laboratorije iz Srbije i Hrvatske takođe nisu mogle da generišu temperaturu od -40 °C, već samo -34 °C. Zato su njihovi rezultati za ovu mjernu tačku u tabeli 2 označeni sa *.

TABELA I. KOREKCIJA REFERENTNIH VRIJEDNOSTI ETALONA IZMJERENE U PILOT (LMK) LABORATORIJI

Postavljena temperatura	Korekcija putujućeg etalona na početku [°C]		Korekcija putujućeg etalona na kraju [°C]		Srednja vrijednost korekcije etalona [°C]		Proširena mjerna nesigurnost etalona [°C]	
	Davač 1	Davač 2	Davač 1	Davač 2	Davač 1	Davač 2	Davač 1	Davač 2
-40 °C	-0,016	0,001	-0,014	0,004	-0,015	0,002	0,015	0,015
-20 °C	-0,014	0,000	-0,018	0,001	-0,016	0,001	0,015	0,015
0 °C	-0,013	0,000	-0,022	0,000	-0,018	0,000	0,016	0,015
50 °C	-0,016	0,001	-0,025	0,001	-0,021	0,001	0,016	0,015
100 °C	-0,024	0,001	-0,026	0,005	-0,025	0,003	0,015	0,015
150 °C	-0,028	0,000	-0,028	0,006	-0,028	0,003	0,015	0,015
200 °C	-0,021	0,001	-0,037	0,001	-0,029	0,001	0,018	0,015

TABELA II. KOREKCIJE VRIJEDNOSTI ETALONA IZMJERENE U LABORATORIJAMA UČESNICAMA INTERKOMPARACIJE

Lab.	Temperature													
	-40 °C		-20 °C		0 °C		50 °C		100 °C		150 °C		200 °C	
	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2
BA2			-0,040	-0,020	-0,038	-0,018	-0,048	-0,025	-0,058	-0,036	-0,040	-0,016	-0,020	-0,007
BA1					0,000	0,021	0,010	0,031	0,001	0,020	0,003	0,025	0,005	0,025
RS	-0,022*	-0,003*	-0,021	-0,002	-0,021	-0,002	-0,025	-0,001	-0,028	-0,001	-0,033	-0,003	-0,017	-0,013
HR	-0,028*	0,011	-0,026	-0,007	-0,029	-0,007	-0,034	-0,007	-0,037	-0,007				
MK	-0,021	-0,001	-0,028	-0,007	-0,030	-0,007	-0,027	0,001	-0,027	0,003	-0,043	-0,006	-0,022	-0,010
AL	-0,017	0,000	-0,023	-0,002	-0,030	-0,004	-0,028	-0,005	-0,031	-0,005	-0,035	-0,007	-0,038	-0,007

TABELA III. PROŠIRENE MJERNE NESIGURNOSTI ETALONA LABORATORIJA UČESNICA INTERKOMPARACIJE

Lab.	Temperature						
	-40 °C	-20 °C	0 °C	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C
BA2		0,039	0,039	0,040	0,041	0,042	0,044
BA1			0,035	0,050	0,080	0,080	0,1
RS	0,010	0,010	0,010	0,008	0,012	0,014	0,015
HR	0,013	0,011	0,011	0,011	0,011		
MK	0,014	0,014	0,017	0,012	0,013	0,016	0,020
AL	0,007	0,007	0,003	0,007	0,007	0,007	0,008

Za svaku mjernu tačku laboratorije su bile dužne da izračunaju proširenu mjernu nesigurnost, koje su prikazane u tabeli 3. U Orlovoj laboratoriji (BA2) mi smo uradili procjenu mjerne nesigurnosti na osnovu "Uputstva za izračunavanje mjerne nesigurnosti prilikom etaloniranja nerastavljivih termometara". Poredeći naše mjerne nesigurnosti, sa mjernim nesigurnostima koje su iskazale ostale laboratorije, može se odmah primjetiti da su naše mjerne nesigurnosti najveće. Jedino laboratorija Metalurškog instituta Kemal Kapetanović (BA1) iz Zenice u pojedinim mjernim tačkama ima veću mjernu nesigurnost. Razlog naše veće mjerne nesigurnosti, leži u tome što su laboratorije iz Srbije, Hrvatske, Makedonije i Albanije njihove nacionalne laboratorije za temperaturu i posjeduju novije i tačnije etalone i temperaturne izvore.

Laboratorija iz Albanije je procjenila najmanju mjernu nesigurnost mjerenja temperature za sve mjerne tačke, koje su bile predmet interkomparacije. Jedan od razloga je što su upravo pred samu interkomparaciju dobili kompletno nove etalone i temperaturne izvore. Drugi razlog leži u činjenici da njihovi metrolozi nisu bili dovoljno iskusni pa da prilikom procjene mjerne nesigurnosti uzmu u obzir sve relevantne uticajne parametre.

Pošto je za nas ovo bila prva interkomparacija iz oblasti temperatura, mi smo svejsno uzeli u obzir sve uticajne komponente mjerne nesigurnosti sa najvećim vrijednostima. Zato je naša mjerna nesigurnost i bila puno veća od ostalih laboratorija.

IV. ISKAZIVANJE REZULTATA PREKO EN BROJA

Jedan od najboljih načina za analizu rezultata interkomparacije je E_n broj. Ovaj broj se računa prema formuli

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (3)$$

gdje je:

- x_{lab} pojedinačni rezultat mjerenja u laboratoriji učesnici interkomparacije,
- x_{ref} rezultat mjerenja u pilot laboratoriji,
- U_{lab} proširena mjerna nesigurnost ($k = 2$) mjerenja u laboratoriji učesnici interkomparacije,
- U_{ref} proširena mjerna nesigurnost ($k = 2$) mjerenja u pilot laboratoriji.

Kriterijum za ocjenu kvaliteta interkomparacije zasnovan na E_n broju se iskazuje preko izraza

$$|E_n| \leq 1 \quad \text{rezultati su zadovoljavajući} \quad (4)$$

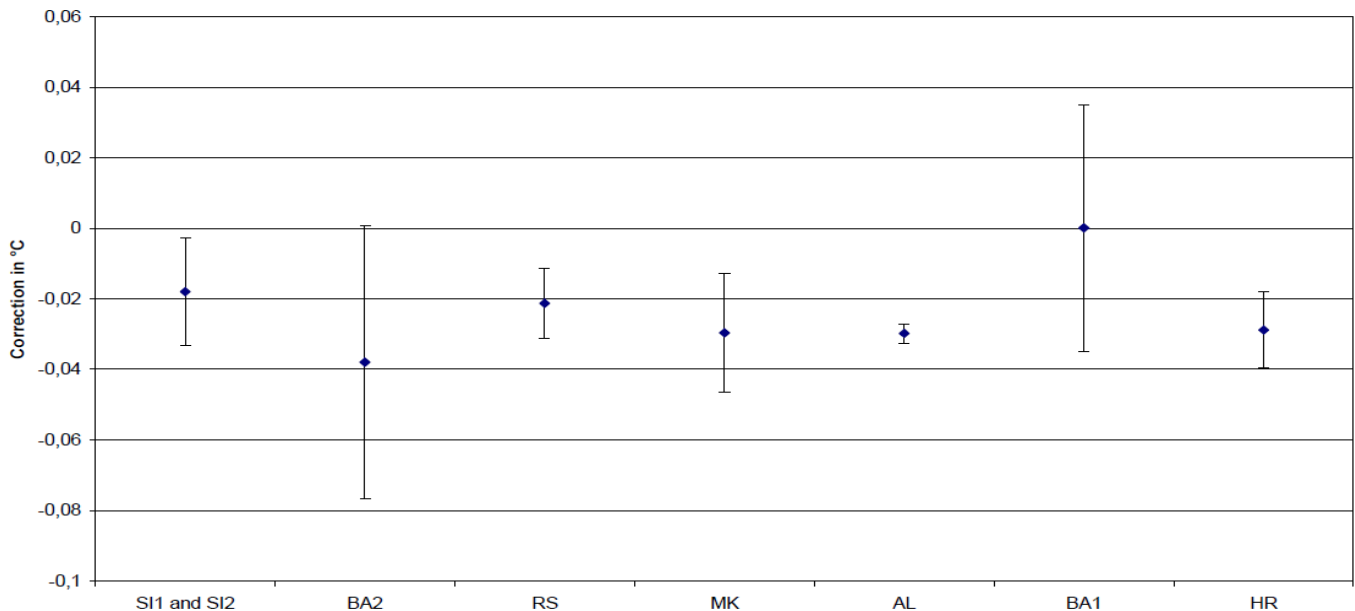
$$|E_n| \geq 1 \quad \text{rezultati nisu zadovoljavajući} \quad (5)$$

Rezultati interkomparacije iskazani preko E_n broja prikazani su u tabeli 4. Na osnovu ovih rezultata može se uočiti da kod svih laboratorija, koje su učestvovala u interkomparaciji nijedan rezultat mjerenja nije imao E_n broj veći od 1 ili manji od -1. Mi smo bili zadovoljni sa ovim rezultatima osim za mjerenje izvršeno u mjernoj tački 100 °C. Za mjerenje izvršeno sa prvim davačem dobili smo E_n broj 0,8, a sa drugim davačem 0,9. Nismo očekivali ovako veliki E_n broj za mjerenje ove temperature. Prije interkomparacije smo smatrali da upravo na ovoj temperaturi možemo postići najbolju tačnost mjerenja temperature. Zbog toga nismo dovoljan broj puta ponovili mjerenje na ovoj temperaturi, kao što smo to radili na ostalim mjernim tačkama. Ovo je za nas bilo veliko iskustvo, koje nam je pokazalo da u mjerenju nikada nesmiije biti opuštanja i da je jedino sigurno mjerenje ono koje se ponavlja više puta.

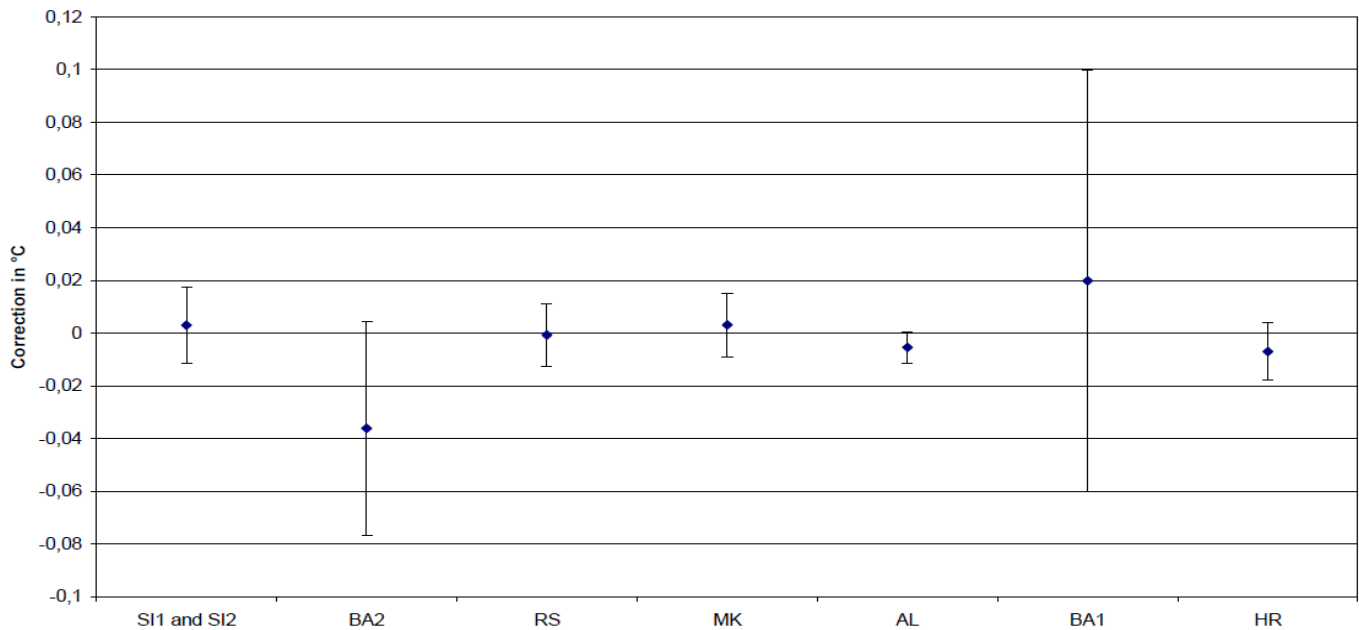
Na slici 1 prikazani su uporedni rezultati korekcije mjerenja temperature i odgovarajuće mjerne nesigurnosti na 0 °C, a na slici 2 za 100 °C.

TABELA IV. REZULTATI INTERKOMPARACIJE ISKAZANI PREKO E_n BROJA

Lab.	Temperature													
	-40 °C		-20 °C		0 °C		50 °C		100 °C		150 °C		200 °C	
	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2	Dav. 1	Dav. 2
BA2			0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8	0,9	0,3	0,4	-0,2	0,2
BA1					-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,3	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2
RS	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	-0,5	0,7
HR	0,7	-0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6				
MK	0,3	0,1	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0	0,1	0	0,7	0,4	-0,3	0,5
AL	0,1	0,1	0,4	0,2	0,8	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5



Slika 1. Uporedni prikaz korekcije mjerenja temperature 0 °C i odgovarajuće mjerne nesigurnosti



Slika 2. Usporedni prikaz korekcije mjerenja temperature 100 °C i odgovarajuće mjerne nesigurnosti

V. ZAKLJUČAK

Međulaboratorijskim poređenjem koje je vršeno između sedam laboratorija iz različitih balkanskih zemalja u potpunosti je potvrđena mjerna metoda za etaloniranje nerastavljivih termometara, koja se koristi u laboratoriji Orao a.d. Takođe se potvrdila i naša procjena mjerne nesigurnosti za izvršeno etaloniranje. Interkomparacije rezultata mjerenja su jedna od osnovnih načina dokazivanja realnih procjena mjernih nesigurnosti. Dok se rade mjerenja samo u jednoj laboratoriji, uvijek je moguća neusklađenost između iskazanih i stvarnih mjernih nesigurnosti. Navedeno međulaboratorijsko poređenje je značajno proširilo i naša znanja vezana za mjerenja temperature pomoću otpornih termometara. Time smo potvrdili našu usaglašenost prema međunarodnim standardima i obezbjeđenje pouzdanosti rezultata etaloniranja.

Učestvovanjem u interkomparacijama metrolozi uvijek stižu nova saznanja o mjernim metodama i proračunima mjerne nesigurnosti. Upoznaju se metrolozi, oprema i mjerne metode u drugim laboratorijama, tako da dolazi do korisnih razmjena informacija. Sva nova znanja koja se stižu za jednu mjernu metodu, mogu da se poslije primjene i na druge mjerne metode, kao i postupke procjene mjerne nesigurnosti.

LITERATURA

- [1] REPORT R-014, On interlaboratory comparison with digital thermometer – CARDS PT 1 - T, Slovenia, 2008.
- [2] Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement, ISO, 1993.
- [3] EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, EA, 1999.
- [4] Biljana Petrić, Srđan Damjanović, "Uputstvo za etaloniranje nerastavljivih termometara, broj 052/90-E-016," Orao a.d., 2006.
- [5] Srđan Damjanović, Biljana Petrić, "Procjena mjerne nesigurnosti etaloniranja nerastavljivih termometara od -50 °C do 600 °C, broj 052/72-E-029," Orao a.d., 2006.

ABSTRACT

The work describes inter-laboratory comparisons of temperature measurements obtained with the digital multimeter Agilent 34401A with two 100 Ω platinum resistance thermometers applied at 7 measurement points. Comparisons were made between the LMK laboratory in Slovenia acting as a pilot laboratory, and laboratories from Albania, Bosnia & Herzegovina, Croatia, Macedonia, and Serbia.

The meteorological laboratory located within ORAO in Bijeljina was one of two laboratories from Bosnia & Herzegovina which participated in this inter-laboratory comparison process. ORAO laboratory employed for calibration aims the platinum resistance thermometer Rosemount© 162CE and as display resistance/temperaturem the digital multimeter HP3458A. For the temperature source, a temperature calibrated Rosemount© 910 bath was utilized. For temperatures from -20 °C to 0 °C the medium for stabilizing temperatures was alcohol and for temperatures from 50 °C to 200 °C was silicon oil. The aim of the comparison was the validation of measurement techniques for the calibration of resistance thermometers at ORAO as well as the attainment of measurement uncertainty embedded in this measuring approach.

INTER-LABORATORY COMPARISONS OF TEMPERATURE MEASUREMENTS AMONGST 7 LABORATORIES

Srđjan Damjanovic, Biljana Petric, Predrag Katanic