

# ETALONAREA UNUI MANOMETRU CU ELEMENT ELASTIC, CLASĂ 0,6

## CALIBRATION OF A MANOMETER WITH ELASTIC SENSING ELEMENT, CLASS 0.6

*Ion SANDU\**, *Dragoș BOICIUC\*\**

\*INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE/NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY  
\*\* ROLAB/ROLAB

**Rezumat:** *Articolul prezintă modul de desfășurare și rezultatele comparării interlaboratoare în domeniul presiunii cu titlul “Etalonarea unui manometru cu element elastic, clasă de exactitate 0,6”. La această comparația, organizată de ROLAB, au participat 10 laboratoare aparținând unor unități industriale și laboratorul Presiuni - INM ca laborator pilot și de referință. Mijlocul de măsurare utilizat ca etalon de transfer a fost un manometru cu element elastic. Scopul lucrării a fost acela de a stabili performanțele și a demonstra capabilitățile de etalonare ale fiecărui laborator participant. În articol sunt prezentate rezultatele obținute de laboratoarele participante și indicii de valoare ai fiecărui participant.*

**Cuvinte cheie:** *comparare interlaboratoare, manometru cu element elastic, etalon de transfer, indice de valoare, incertitudine de măsurare.*

**Abstract:** *The paper presents the outcomes and the way in the interlaboratory comparison, in the field of pressure, named "Calibrating a manometer with elastic sensing element, class 0,6". In this comparison were performed 10 laboratories from industrial companies and the Pressure Laboratory from the National Institute of Metrology, as a pilot and reference laboratory. The instrument, used as a transfer standard, was a manometer with elastic sensing element. The purpose of the comparison was to determine and supervise the individual performance of each participant laboratory performing calibrations. The results reported by each participant laboratory, as well as the value parameters associated to each participant are mentioned in the paper.*

**Keywords:** *interlaboratory comparison, manometer with elastic sensing element, transfer standard, value parameter, measurement uncertainty*

### 1. INTRODUCERE

În scopul unei evaluări obiective a capabilității de măsurare a laboratoarelor industriale acreditate sau în curs de acreditare de către RENAR, ROLAB organizează comparații interlaboratoare în diverse domenii ale metrologiei. ROLAB este coordonator de scheme de competențe. Compararea descrisă în prezenta lucrare s-a desfășurat în conformitate cu Schema Încercării de Competență LSIC-ROL-P-01, elaborată de ROLAB [1]. Compararea interlaboratoare “Etalonarea unui manometru cu element elastic, clasă de exactitate 0,6” s-a desfășurat în perioada august 2010 – iulie 2011. Detaliile complete ale comparației se regăsesc în Raportul final al comparației [2].

### 2. ORGANIZAREA COMPARĂRII

La comparație au participat 10 laboratoare

### 1. INTRODUCTION

In order to evaluate correctly the measurement capabilities of the accredited laboratories or laboratories under accreditation from industrial companies by RENAR, ROLAB organize interlaboratory comparisons in different fields of metrology. ROLAB is the coordinator of competence schemes. The comparison described in this work was performed in conformity with The Test Scheme of the Competence LSIC-ROL-P-01, belonging of ROLAB [1]. Interlaboratory comparison “Calibration of an elastic sensing manometer, class 0.6” was performed between August 2010 and July 2011. The complete details of this comparison are to be found in the Final Report of the Comparison [2].

### 2. COMPARISON ORGANIZATION

The comparison was performed by 10

de etalonare industriale. Laboratorul Presiuni - INM a fost desemnat ca laborator pilot și de referință. Ca etalon de transfer a fost utilizat un manometru cu element elastic, cu următoarele caracteristici:

- intervalul de măsurare : (0 ... 40) bar;
- clasa de exactitate: 0,6
- diametrul carcasei:  $\Phi$  160 mm
- fabricație: MZM – URSS
- fluidul de lucru: ulei

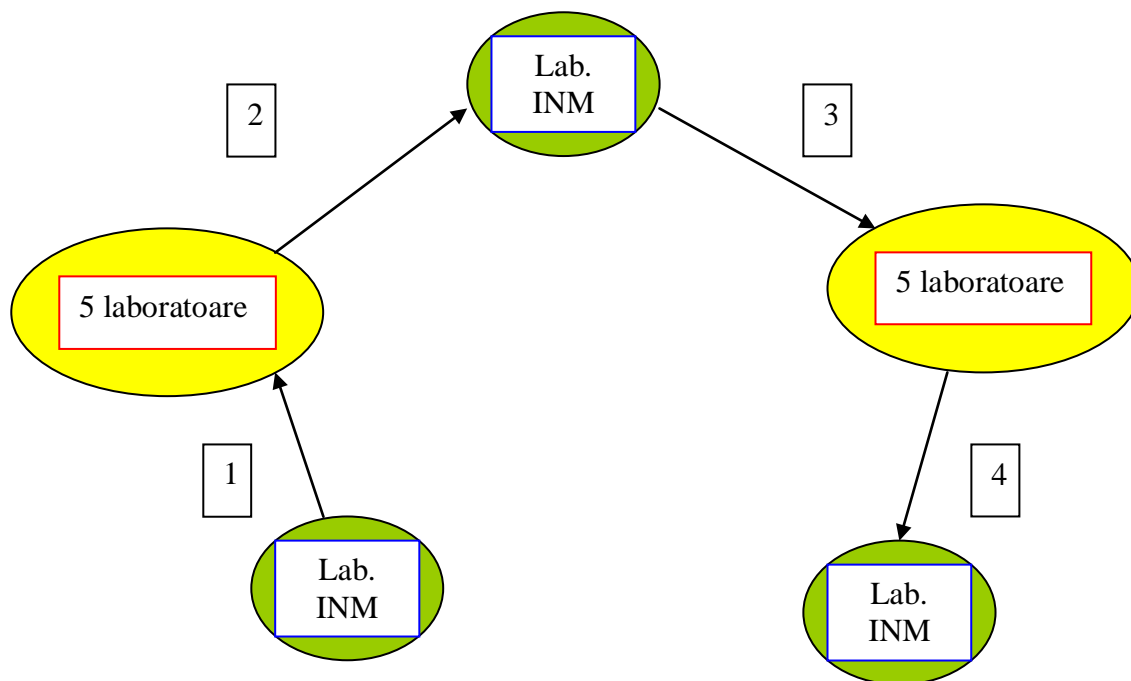
Laboratoarele participante au fost organizate în două grupe, fiecare laborator primind din partea ROLAB un cod care va fi menționat în continuare în acest articol. Laboratorul pilot și de referință a primit codul 0. Măsurările asupra etalonului de transfer au fost efectuate de laboratoarele participante, într-o comparare de tip circular. Schema de circulație a etalonului de transfer este prezentată în figura 1.

industrial calibration laboratories. Pressure Laboratory – INM was designated to be the pilot and the reference laboratory. As a transfer standard an elastic sensing manometer, having the following characteristics was used:

- measurement interval: (0 ... 40) bar
- accuracy class: 0.6
- diameter of the case:  $\Phi$  160 mm
- fabrication: MZM-URSS
- working fluid: oil

The participant laboratories were organized in two loops, each laboratory receiving from ROLAB a code number which will be mentioned in this work. The pilot and reference laboratory received the code number 0.

In each participant laboratory, the measurements, were performed in accordance with a circular scheme. The Circulation Scheme of the transfer standard is shown in Figure 1.



**Fig. 1** Schema de circulație a etalonului de transfer

**Fig. 1** Circulation scheme of the transfer standard

### 3. VALORI DE REFERINȚĂ

Valorile de referință sunt valorile indicației etalonului de transfer, rezultate la compararea etalonului de transfer cu un manometru cu piston și greutate de exactitate ridicată.

Valorile de referință finale, atribuite etalonului de transfer, reprezintă media a trei valori obținute la etalonarea acestuia, în cadrul laboratorului de referință, la începutul, la mijlocul și la finalul comparării. Valorile de referință și incertitudinea de măsurare asociată valorilor de referință ale etalonului de transfer sunt prezentate în tabelul 1.

### 3. REFERENCE VALUES

The reference values are the indicated values of the transfer standard, obtained after its comparison versus a piston gauge with high accuracy.

The final reference values of the transfer standard are the mean of the three values obtained in its calibration by the reference laboratory at the beginning, at the middle and the end of the comparison. The reference values and the measurement uncertainty associated with these values of the transfer standard are presented in Table 1.

**Tabelul 1** Valori de referință, erori de măsurare și incertitudinea asociată valorilor de referință  
**Table 1** Reference values, measurements errors and associated uncertainty of the reference values

Presiune nominală/ Nominal pressure [bar]	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
Valori de referință/ Reference values [bar]	0,00	5,04	10,15	15,17	20,23	25,23	30,22	35,21	40,21
$U(k=2)$ [bar]	0,04								

#### 4. PROCEDURA DE MĂSURARE ȘI MIJLOACE DE MĂSURARE

Conform instrucțiunilor de măsurare elaborate de laboratorul pilot, pentru efectuarea măsurărilor a fost utilizat Ghidul european de etalonare EURAMET/cg-17/v.01 “Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers” [3]. Metoda de măsurare utilizată a fost metoda comparării directe a indicațiilor corespunzătoare etalonului de transfer cu indicațiile etaloanelor proprii ale laboratoarelor participante. Etaloanele utilizate de laboratoarele participante au fost manometre cu element elastic sau manometre cu piston și greutate.

Rezultatele măsurărilor efectuate asupra etalonului de transfer au fost consemnate de laboratoarele participante în fișele de date primare transmise laboratorului pilot împreună cu fișele de calcul a incertitudinii de măsurare și Certificatul de Etalonare al etalonului de transfer.

La predarea și la primirea etalonului de transfer, fiecare laborator participant a întocmit un proces verbal de predare/primire în care a menționat starea etalonului de transfer la primire, respectiv predare.

#### 5. REZULTATELE MĂSURĂRILOR

Fiecare laborator participant a efectuat măsurările în 9 puncte de presiune uniform distribuite pe intervalul de măsurare și anume: 0 bar; 5 bar; 10 bar; 15 bar; 20 bar; 25 bar; 30 bar; 35 bar și 40 bar. S-au efectuat trei cicluri de măsurări, cu presiuni în creștere și cu presiuni în descreștere, cu menținerea aparatului la presiunea maximă timp de 5 minute, pentru a pune în evidență histeresisul. Rezultatele măsurărilor obținute de cele 10 laboratoare participante (valorile medii de presiune), împreună cu incertitudinile asociate acestor rezultate, precum și diferențele între rezultatele măsurărilor obținute de laboratoare și valorile de referință sunt prezentate în tabelele 2, și 3.

#### 4. MEASUREMENT PROCEDURE AND MEASURING INSTRUMENTS

In conformity with measurement instructions elaborate by the pilot laboratory, in the measurements which were performed, EURAMET/cg-17/v.01 “Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers” [3] was used. The measurement method was the direct comparison between indications of the transfer standard and the indications of the own standards of the participant laboratories. Standards used by the participant laboratories were elastic sensing manometers or piston gauges.

The results of the measurements performed on the transfer standard were recorded by the participant laboratories in the primary data files which was sent to the pilot laboratory with the measurement uncertainty data files together with the Calibration Certificate of the transfer standard.

At the delivering/receiving of the transfer standard, every participant laboratory issued a minute on the delivering/receiving, in which the state of the transfer standard was described at receiving and delivery.

#### 5. MEASUREMENT RESULTS

Each participant laboratory performed the measurements in 9 points of pressure even distributed on the measurement interval as follows: 0 bar; 5 bar; 10 bar; 15 bar; 20 bar; 25 bar; 30 bar; 35 bar and 40 bar. Three cycles of measurements with increasing and decreasing pressures from zero to maximum pressure were performed; at the maximum value the pressure was maintained for 5 minutes, for evidencing the hysteresis. The results of the measurements obtained by the 10 laboratories (mean values of pressure) with the associated uncertainties and the differences between the measurement values obtained by the laboratories and reference values are presented in the Table 2 and 3.

**Tabelul 2** Valorile medii de presiune obținute de laboratoare și incertitudinile asociate acestor valori  
**Table 2** Pressure mean values obtained by the laboratories and the associated uncertainties of these values

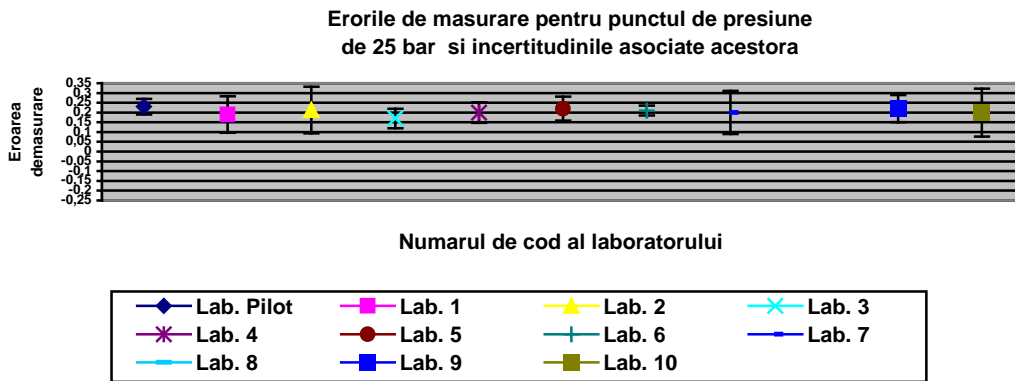
Cod lab./ Lab. code	Presiunea nominală/Nominal pressure values [bar]								
	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
1	0,000 <i>0,093</i>	5,030 <i>0,093</i>	10,117 <i>0,093</i>	15,150 <i>0,093</i>	20,213 <i>0,093</i>	25,190 <i>0,093</i>	30,200 <i>0,093</i>	35,187 <i>0,093</i>	-
2	0,003 <i>0,117</i>	5,033 <i>0,121</i>	10,17 <i>0,125</i>	15,18 <i>0,122</i>	20,23 <i>0,124</i>	25,213 <i>0,119</i>	30,197 <i>0,119</i>	35,203 <i>0,119</i>	40,187 <i>0,121</i>
3	0,00 <i>0,05</i>	5,05 <i>0,05</i>	10,04 <i>0,05</i>	15,15 <i>0,07</i>	20,17 <i>0,06</i>	25,17 <i>0,05</i>	30,17 <i>0,05</i>	35,18 <i>0,05</i>	40,15 <i>0,05</i>
4	0,00 <i>0,048</i>	5,00 <i>0,048</i>	10,11 <i>0,066</i>	15,15 <i>0,058</i>	20,21 <i>0,058</i>	25,20 <i>0,052</i>	30,21 <i>0,052</i>	35,20 <i>0,050</i>	40,16 <i>0,058</i>
5	0,04 <i>0,062</i>	5,037 <i>0,067</i>	10,183 <i>0,062</i>	15,147 <i>0,104</i>	20,237 <i>0,066</i>	25,22 <i>0,062</i>	30,213 <i>0,066</i>	35,208 <i>0,062</i>	40,232 <i>0,062</i>
6	0,000 <i>0,023</i>	5,000 <i>0,037</i>	10,130 <i>0,116</i>	15,170 <i>0,067</i>	20,210 <i>0,046</i>	25,210 <i>0,025</i>	30,200 <i>0,032</i>	35,200 <i>0,023</i>	40,200 <i>0,023</i>
7	0,000 <i>0,11</i>	5,007 <i>0,11</i>	10,117 <i>0,11</i>	15,157 <i>0,11</i>	20,197 <i>0,11</i>	25,200 <i>0,11</i>	30,200 <i>0,11</i>	35,207 <i>0,11</i>	40,200 <i>0,11</i>
8	0,00 <i>0,19</i>	5,02 <i>0,12</i>	10,11 <i>0,17</i>	15,15 <i>0,19</i>	-	-	-	-	-
9	0,00 <i>0,06</i>	5,01 <i>0,06</i>	10,14 <i>0,07</i>	15,17 <i>0,07</i>	20,23 <i>0,08</i>	25,22 <i>0,07</i>	30,21 <i>0,06</i>	35,22 <i>0,07</i>	40,21 <i>0,07</i>
10	0,00 <i>0,116</i>	5,00 <i>0,132</i>	10,10 <i>0,133</i>	15,10 <i>0,129</i>	20,20 <i>0,123</i>	25,20 <i>0,123</i>	30,20 <i>0,133</i>	35,20 <i>0,139</i>	40,20 <i>0,133</i>

**Tabelul 3** Diferențele dintre valorile obținute de laboratoarele participante și valorile de referință  
**Table 3** Differences between values obtained by the laboratories and the reference values

Cod lab. Lab. code	Presiunea nominală/Nominal pressure values [bar]								
	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
1	0,00	-0,010	-0,033	-0,020	-0,017	-0,040	-0,020	-0,023	-
2	0,003	-0,007	0,02	0,01	0,00	-0,017	-0,023	-0,007	-0,023
3	0,00	0,01	-0,11	-0,02	-0,06	-0,06	-0,05	-0,03	-0,06
4	0,00	-0,04	-0,04	-0,02	-0,02	-0,03	-0,01	-0,01	-0,05
5	0,04	-0,003	0,033	-0,023	0,007	-0,01	-0,007	-0,002	0,022
6	0,000	-0,040	-0,020	0,000	-0,020	-0,020	-0,020	-0,010	-0,010
7	0,000	-0,037	-0,033	-0,013	-0,033	-0,030	-0,020	-0,003	-0,010
8	0,00	-0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-
9	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,00
10	0,00	-0,04	-0,05	-0,07	-0,03	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01

Prezentarea grafică a rezultatelor obținute de laboratoarele participante se regăsește în Raportul final al încercării de competență. Pentru exemplificare, în figura 2, se prezintă erorile de măsurare și incertitudinile asociate, pentru punctul de presiune de 20 bar.

The graphic presentation of the results obtained by the laboratories are included in the Final Report of the Test of the Competence. For exemplify in Figure 2 are presented the measurement errors and the associated uncertainties, for the point of pressure of 20 bar.



**Fig. 2** Erorile de măsurare și incertitudinile asociate obținute de laboratoarele participante  
**Fig. 2** Measurement errors and associated uncertainties for participant laboratories

## 6. INDICIILE DE VALOARE $E_i$

Pentru fiecare laborator participant, laboratorul de referință a determinat, **indicele de valoare  $E_i$** ,  $i = 1 \dots 10$ , exprimat prin relația:

$$E_i \equiv \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

unde

$E_i$  – indicele de valoare al laboratorului „ $i$ ”  
 $x_i$  – valoarea mărimii corespunzătoare etalonului de transfer la un punct de etalonare specificat, raportată de laboratorul „ $i$ ”  
 $x_{ref}$  - valoarea etalonului de transfer la un punct de presiune, obținută de laboratorul de referință  
 $U_i, U_{ref}$  - incertitudinile extinse evaluate și raportate de laboratorul „ $i$ ” și de laboratorul de referință  
 $i$  - codul atribuit laboratorului participant.

Indicii de valoare ai celor 10 laboratoare participante sunt prezentați în Tabelul 4.

Reprezentarea grafică a indicilor de valoare  $E_i$  este prezentată în figurile 3 și 4.

Celulele închise la culoare marchează indicii de valoare care depășesc limitele de -1,0 și +1,0.

## 6. $E_i$ NUMBERS

For each participant laboratory, the reference laboratory determined  **$E_i$  number**,  $i = 1 \dots 10$ , calculated using formula:

$$E_i \equiv \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

where

$E_i$  – value of parameter for the „ $i$ ” laboratory  
 $x_i$  – value of the transfer standard at one pressure point, obtained by the „ $i$ ” laboratory  
 $x_{ref}$  - value of the transfer standard at one pressure point, obtained by the reference laboratory  
 $U_i, U_{ref}$  - expanded uncertainties obtained by the „ $i$ ” laboratory and the reference laboratory  
 $i$  - code number assigned to the participant laboratories

The values of the parameter for all participant laboratories are shown in the Table 4.

The graphic representatio of the parameters  $E_i$  are presented in Figures 3 and 4.

The grey cells evidenciate the parameter values exceeded the limits -1.0 and +1.0.

**Tabelul 4** Indicii de valoare  $E_i$  obținuți de laboratoarele participante  
**Table 4**  $E_i$  parameters obtained by the participant laboratories

Cod lab.	Presiunea nominală/Nominal pressure values [bar]								
	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
1	0	-0,1	-0,33	-0,20	-0,17	-0,40	-0,20	-0,23	-
2	0,05	-0,06	0,15	0,08	0	-0,13	-0,18	-0,06	-0,18
3	0	0,16	-1,72	-0,31	-0,93	-0,94	-0,78	-0,47	-0,93
4	0	-0,65	-0,52	-0,28	-0,28	-0,45	-0,15	-0,16	-0,71
5	0,54	-0,04	0,45	-0,21	0,09	-0,13	-0,09	-0,03	0,30
6	0	-0,74	-0,16	0	-0,33	-0,42	-0,39	-0,22	-0,22
7	0	-0,32	-0,28	-0,11	-0,28	-0,25	-0,17	-0,03	-0,09
8	0	-0,16	0,11	0,10	-	-	-	-	-
9	0	-0,42	-0,12	0	0	0	-0,14	0,12	0
10	0	-0,29	-0,36	-0,52	-0,23	-0,23	-0,14	-0,07	-0,07

Fig. 14 Curbele indicilor de valoare pentru laboratoarele 1, 2, 3, 4 și 5

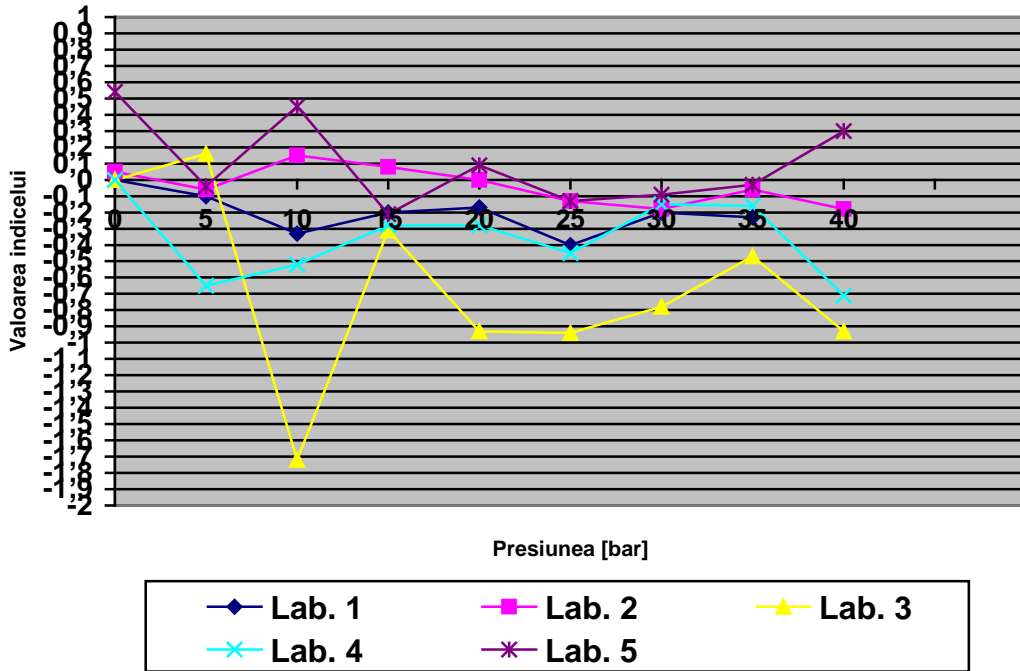


Fig. 3 Indicii de valoare  $E_i$  pentru laboratoarele 1...5  
 Fig. 3  $E_i$  parameters for laboratories No 1 to 5

Fig. 15 Curbele indicilor de valoare pentru laboratoarele 6, 7, 8, 9 și 10

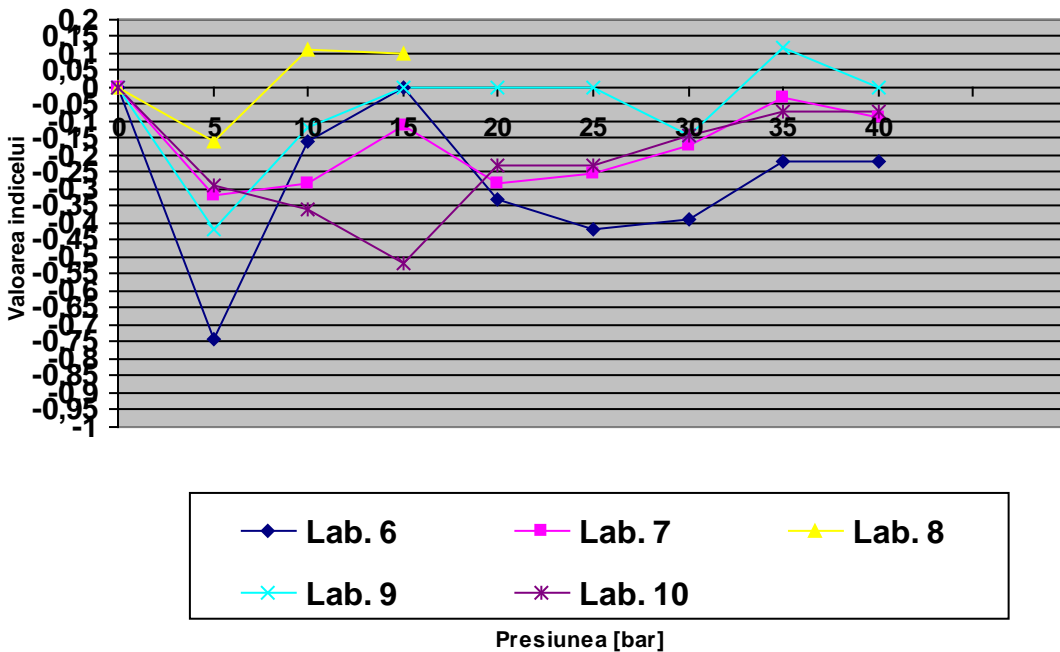


Fig. 4 Indicii de valoare  $E_i$  pentru laboratoarele 6...10  
 Fig. 4  $E_i$  parameters for laboratories No 6 to 10

## 7. CONCLUZII

Din analiza rezultatelor măsurărilor și a incertitudinilor asociate raportate de laboratoarele participante precum și a indicilor de valoare rezultați s-a concluzionat că:

- toate laboratoarele, cu excepția laboratorului L3, la punctul de 10 bar, au rezultate compatibile cu cele ale laboratorului de referință;

- laboratorul L8 nu a ales corect etalonul (limita maximă de măsurare a etalonului utilizat a fost mai mică decât limita maximă de măsurare a etalonului de transfer);

- laboratorul L1 nu a raportat rezultatul pentru punctul de presiune de 40 bar.

Analizând rezultatele obținute se poate spune că, în urma evaluării competenței laboratoarelor participante la comparație, acestea au dovedit capabilități corespunzătoare în etalonarea manometrelor cu element elastic.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] PLIC- ET- PRS-01-01 - PLANUL SCHEMEI DE COMPETENȚĂ - Evaluarea performanței laboratorului de etalonări mijloace de măsurare manometre cu element elastic
- [2] Raportul încercării de competență LSIC-ROL-P-01
- [3] EURAMET/cg-17/v.01 "Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers"

### *Revizia științifică:*

*Ion M. POPESCU*, doctor, profesor universitar, Universitatea Politehnica din București.

### *Despre autor:*

*Ion SANDU*, doctor inginer, cercetător științific principal II, Șef al Laboratorului Mărimi Mecanice al Institutului Național de Metrologie, e-mail: [ion.sandu@inm.ro](mailto:ion.sandu@inm.ro).

*Dragoș BOICIUC*, doctor, cercetător științific gradul I, director științific la ROLAB, e-mail: [dragos.boiciuc@inm.ro](mailto:dragos.boiciuc@inm.ro)

## 7. CONCLUSIONS

Analyzing measurement results and the associated uncertainties reported by the participant laboratories and the  $E_i$  numbers we can say that:

- all the laboratories, except the laboratory L3, at 10 bar point pressure, have compatible results versus results of the reference laboratory;

- the laboratory L8 doesn't choose the correct standard (the upper limit of the won standard was less than the upper limit of the transfer standard);

- the laboratory L1 doesn't report the result for the 40 bar point pressure.

After processing the results reported by the laboratories and evaluate the competence of the laboratories we can conclude that all laboratories proved their good capabilities in calibration of the manometers with elastic sensing elements.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] PLIC- ET- PRS-01-01 - PLANUL SCHEMEI DE COMPETENȚĂ - Evaluarea performanței laboratorului de etalonări mijloace de măsurare manometre cu element elastic
- [2] Raportul încercării de competență LSIC-ROL-P-01
- [3] EURAMET/cg-17/v.01 "Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers"

### *Scientific revue:*

*Ion M. POPESCU*, doctor, professor, Politehnica University Bucharest.

### *About the author:*

*Ion SANDU*, doctor engineer, main scientific researcher 2<sup>nd</sup> degree, Head of Mechanical Quantities Laboratory at the National Institute of Metrology, e-mail: [ion.sandu@inm.ro](mailto:ion.sandu@inm.ro).

*Dragoș BOICIUC*, doctor, scientific researcher I<sup>st</sup> degree, scientific director at ROLAB, e-mail: [dragos.boiciuc@inm.ro](mailto:dragos.boiciuc@inm.ro)