

ETALONAREA INSTALAȚIILOR DE VERIFICARE A CONTOARELOR DE APĂ RECE/CALDĂ

*Narcis UDREA**
*Cheti DOROBANȚU***
*Florin SCURTU***

Rezumat: *Articolul prezintă rezultatele obținute la compararea interlaboratoare în domeniul măsurării debitului și al volumului de apă, propusă de Institutul Național de Metrologie (INM), la care au participat șapte laboratoare din structura Biroului Român de Metrologie Legală – BRML. Laboratorul pilot și de referință a fost laboratorul DEBITE din Institutul Național de Metrologie, (INM – Laborator DEBITE). Etaloanele itinerante au constatat dintr-un set de șase contoare de apă rece, pentru care s-au determinat erorile de măsurare a volumului de apă pentru șapte debite aflate în intervalul de măsurare al contoarelor. Tema a avut ca scop demonstrarea capacității de măsurare a laboratoarelor participante, rezultatele obținute putând fi utilizate pentru validarea sistemului de calitate aplicat de acestea.*

Abstract: *This paper describes the interlaboratory comparison in the flow and water volume field, proposed by National Institute of Metrology were participated seven laboratories from Romanian Bureau of Legal Metrology (BRML) structure. The pilot and reference laboratory was designed Flow laboratory of National Institute of Metrology (NMI-Flow Laboratory).*

Travelling standards consists of six cold water meters, for which there were determined volume measurement error of seven flowrates inside measurement range.

This theme has the goal to prove the measurement capability of participants laboratories, the obtained results shall be used to validate the quality system applied by them.

Cuvinte cheie: *comparație interlaboratoare, contoare de apă, eroare de măsurare a volumului, buget de incertitudine*

Key words: *interlaboratory comparison, water meters, volume measurement error, uncertainty budget.*

1 Introducere

Compararea interlaboratoare cu tema “Etalonarea instalațiilor de verificare a contoarelor de apă rece/caldă ” a fost propusă de Institutul Național de Metrologie (INM) și face parte din Programul de comparații interlaboratoare 2005-2006, aprobat de directorul general al Biroului Român de Metrologie Legală (BRML) și coordonat de Direcția de Evaluare Organisme și Autorizări (DEOA) din cadrul BRML. Ca laborator pilot (LP) și de referință (LR) a fost desemnat colectivul Debite din cadrul laboratorului Debite din INM. Tema are ca scop demonstrarea capacității de măsurare a laboratoarelor participante, verificarea modului de raportare a rezultatelor măsurărilor și incertitudinilor asociate acestora și stabilirea gradului de compatibilitate între rezultatele obținute de laboratorul de referință și rezultatele obținute de laboratoarele participante.

Detaliile complete ale comparației se găsesc în versiunea integrală a Raportului final [1].

Diametrul interior al calibrului etalon împreună cu incertitudinea extinsă asociată pentru un factor de extindere $k = 2$, este: $d_s = 40,0007 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ } \mu\text{m}$; $u_c = 0,1 \text{ } \mu\text{m}$;

2 Organizarea comparației interlaboratoare

În cadrul acestei comparații interlaboratoare au participat 7 laboratoare și anume: INM-Debite (laborator pilot), SJML Argeș, SJML Bihor, DRML Craiova, SJML Brăila, DRML Ploiești, SJML Satu Mare.

*Institutul Național de Metrologie, Șos. Vitan Bârzești nr. 11, cod 042122, sector 4, București, tel.(4021) 334.50.60, fax: (4021) 334 53 45

**Biroul Român de Metrologie Legală, Șos. Vitan Bârzești nr. 11, cod 042122, sector 4, București, tel.(+40.21) 332 09 54, fax (+40.21) 332 06 15

La prezentarea rezultatelor măsurărilor au fost utilizate codurile atribuite laboratoarelor participante de către DEOA (de la 3 la 9). Laboratorului pilot i-a fost atribuit codul 1.

Programul de desfășurare al comparării interlaboratoare a fost stabilit de către laboratorul pilot, de comun acord cu laboratoarele participante, și a fost respectat de acestea, conform tabelului 1.

Tabelul 1

Programul de circulație a etaloanelor itinerante

Laboratorul	Perioada măsurărilor
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	19.09.2005-26.09.2005
SJML Argeș	27.09.2005-03.10.2005
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	04.10.2005-10.10.2005
SJML Bihor	11.11.2005-18.11.2005
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	01.02.2006-08.02.2006
DRML Craiova	09.02.2006-16.02.2006
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	17.02.2006-24.02.2006
SJML Brăila	27.02.2006-06.03.2006
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	07.03.2006-14.03.2006
DRML Ploiești	15.03.2006-22.03.2006
Laboratorul de referință: INM- LABORATOR DEBITE	23.03.2006-30.03.2006
SJML Satu Mare	31.03.2006-07.04.2006

3 Proceduri și mijloace de măsurare

În conformitate cu procedurile DEOA [2], LP a elaborat și a transmis laboratoarelor participante etaloanele itinerante însoțite de *Ghidul comparării*, instrucțiunile privind utilizarea etaloanelor itinerante, instrucțiunile de transport și programul de circulație a etaloanelor itinerante. Etaloanele itinerante au constat dintr-un set de șase contoare de apă rece, trei contoare cu $Q_n=1,5$ m³/h, DN 15, clasa C și trei contoare de apă rece cu $Q_n=6$ m³/h, DN 32, clasa C. Erorile de măsurare a volumului de apă, pentru etaloanele itinerante, au fost determinate prin metoda statică sau dinamică, laboratoarele participante utilizând instalații de tip volumetric sau gravimetric. Instrucțiunile de măsurare au fost elaborate de LP în conformitate cu NML 3-03/1-94.

4 Valori de referință

Valorile de referință sunt reprezentate de erorile de măsurare a volumului de apă pentru fiecare debit în parte și au fost stabilite de către laboratorul de referință. Aceste erori de măsurare au fost determinate înainte și după efectuarea măsurărilor de către fiecare laborator participant. În tabelul 2 sunt prezentate, ca exemplu, rezultatele obținute, precum și valoarea incertitudinii de măsurare extinsă, pentru unul dintre contoarele de apă utilizate ca etaloane itinerante.

Valorile de referință medii reprezintă media aritmetică a valorilor obținute de laboratorul de referință înainte și după efectuarea măsurărilor de către fiecare laborator participant.

Tabelul 2

Contor $Q_n=1,5$ m³/h, DN 15, seria 98TA900024

Valori de referință medii pentru:	Valori de referință, în [%] obținute de laboratorul pilot pentru următoarele debite						
	0,015 [m ³ /h]	0,0225 [m ³ /h]	0,300 [m ³ /h]	0,75 [m ³ /h]	1,5 [m ³ /h]	2,25 [m ³ /h]	3 [m ³ /h]
Laboratorul 3	0,85	1,80	0,56	0,33	-0,06	0,03	0,09
Laboratorul 4	0,61	1,60	0,81	0,30	-0,08	0,13	0,21
Laboratorul 5	0,61	1,67	0,40	0,24	-0,06	0,19	0,19

Laboratorul 6	0,59	1,45	0,46	0,23	0,01	0,18	0,37
Laboratorul 7	0,77	1,84	0,74	0,34	-0,05	-0,05	0,09
Laboratorul 9	0,52	1,63	0,75	0,47	0,15	0,31	0,30
Incertitudinea de măsurare extinsă U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36

În tabelul 3 este prezentat spre exemplificare bilanțul incertitudinii de măsurare la etalonare la debitul $Q=0.015 \text{ m}^3/\text{h}$ al contorului DN 15, seria 98TA900024.

Tabelul 3

Bilanțul incertitudinii de etalonare

Sursele de incertitudine	Simbol	Incertitudinea standard	Distribuția de probabilitate	Numărul gradelor de libertate ν_i	Coefficientul de sensibilitate C_i	Contribuția la incertitudinea standard compusă $U_i(\mathbf{y})=C_i \cdot u(\mathbf{x}_i)$
Volumul măsurat de etalon	$u(V_e)$	0,15 %	normală	∞	1	0,15 %
Volumul măsurat de contor	$u(V_c)$	0,25 %	normală	∞	1	0,25 %
Perturbațiile curgerii	$u(V_p)$	0,1 %	normală	∞	1	0,1 %
<i>Incertitudinea standard compusă $u_c=0,31 \%$</i>						
<i>Factor de extindere $k=2$</i>						
<i>Incertitudinea extinsă $U=0,62 \%$</i>						

Incertitudinea standard compusă se determină presupunând necorelate sursele de incertitudine. Incertitudinea datorată perturbării curgerii $u(V_p)$ a fost estimată luând în considerare efectele elementelor perturbatoare din circuitul hidraulic (vane, coturi, pompe etc.), prezenței aerului în fluid, regimului tranzitoriu de curgere la start/stopul măsurării și prezenței particulelor de aer în fluid

5 Rezultatul comparării interlaboratoare

În urma analizei rezultatelor obținute de către laboratoarele participante s-a constatat că toate laboratoarele participante la comparare au utilizat metoda de măsurare, conform NML 3-03/1-94 și au utilizat etaloane trasabile la etaloanele naționale ale României.

Rezultatele măsurărilor efectuate de laboratoarele participante la comparare, pentru fiecare contor de apă au fost comparate cu valorile de referință obținute de laboratorul pilot.

În tabelul 4 sunt prezentate sintetic pentru unul dintre contoarele de apă utilizate ca etaloane itinerante, erorile de măsurare și incertitudinile asociate acestor valori, raportate de laboratorul de referință și de cele 6 laboratoare, precum și diferențele dintre valorile raportate de fiecare laborator participant și valorile de referință obținute de laboratorul pilot.

Notațiile utilizate în tabel reprezintă:

e_R - eroarea de măsurare calculată de laboratorul de referință, pentru fiecare contor prin medierea erorilor obținute înainte și după efectuarea măsurărilor de laboratoarele participante;

e_i - eroarea de măsurare calculată de fiecare laborator participant

U_R - incertitudinea extinsă estimată de laboratorul de referință;

U_i - incertitudinea extinsă estimată de fiecare laborator participant

Prezentarea sintetică a rezultatelor

Tabelul 4

Contor $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 15, seria 98TA900024

Laboratoare participante		Erori de măsurare, în [%], obținute pentru următoarele debite:						
		0,015 [m ³ /h]	0,0225 [m ³ /h]	0,300 [m ³ /h]	0,75 [m ³ /h]	1,5 [m ³ /h]	2,25 [m ³ /h]	3 [m ³ /h]
INM-DEBITE	e_R	0,85	1,80	0,56	0,33	-0,06	0,03	0,09
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 3	e_i	-3,94	1,31	0,23	-0,06	-0,27	-0,41	-0,37
	U_i	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31
	$e_R - e_i$	4,79	0,49	0,33	0,39	0,21	0,44	0,46
INM-DEBITE	e_R	0,61	1,60	0,81	0,30	-0,08	0,13	0,21
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 4	e_i	-0,30	1,80	1,11	-0,28	-0,33	-0,32	0,40
	U_i	0,70	0,59	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48
	$e_R - e_i$	0,91	-0,20	-0,30	0,58	0,25	0,45	-0,19
INM-DEBITE	e_R	0,61	1,67	0,40	0,24	-0,06	0,19	0,19
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 5	e_i	1,57	2,18	0,90	-0,63	0,42	0,53	0,51
	U_i	0,35	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32
	$e_R - e_i$	-0,96	-0,52	-0,50	0,87	-0,48	-0,35	-0,33
INM-DEBITE	e_R	0,59	1,45	0,46	0,23	0,01	0,18	0,37
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 6	e_i	-0,26	0,75	0,11	0,34	-0,28	-0,06	0,83
	U_i	0,59	0,59	0,59	0,59	0,32	0,32	0,30
	$e_R - e_i$	0,85	0,70	0,35	-0,12	0,29	0,24	-0,46
INM-DEBITE	e_R	0,77	1,84	0,74	0,34	-0,05	-0,05	0,09
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 7	e_i	1,62	1,51	0,35	-0,13	-0,55	-0,54	-0,16
	U_i	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
	$e_R - e_i$	-0,85	0,33	0,39	0,47	0,51	0,50	0,25
INM-DEBITE	e_R	0,52	1,63	0,75	0,47	0,15	0,31	0,30
	U_R	0,62	0,44	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36
Laborator 9	e_i	-0,88	13,54	1,23	1,42	0,28	1,20	0,55
	U_i	0,37	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33
	$e_R - e_i$	1,40	-11,92	-0,49	-0,95	-0,14	-0,90	-0,25

Cu ocazia prelucrării rezultatelor primite de la laboratoarele participante, laboratorul pilot a calculat pentru fiecare laborator participant, indicele de valoare, E_i , cu relația:

$$E_i = \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}},$$

unde:

- x_i – eroarea de măsurare a volumului obținută de laboratorul “i”;
- x_{ref} – valoarea de referință medie stabilită de LR pentru fiecare laborator în parte;
- U_{ref} - incertitudinea extinsă estimată de laboratorul de referință;
- U_i - incertitudinea extinsă estimată de laboratoarele participante.

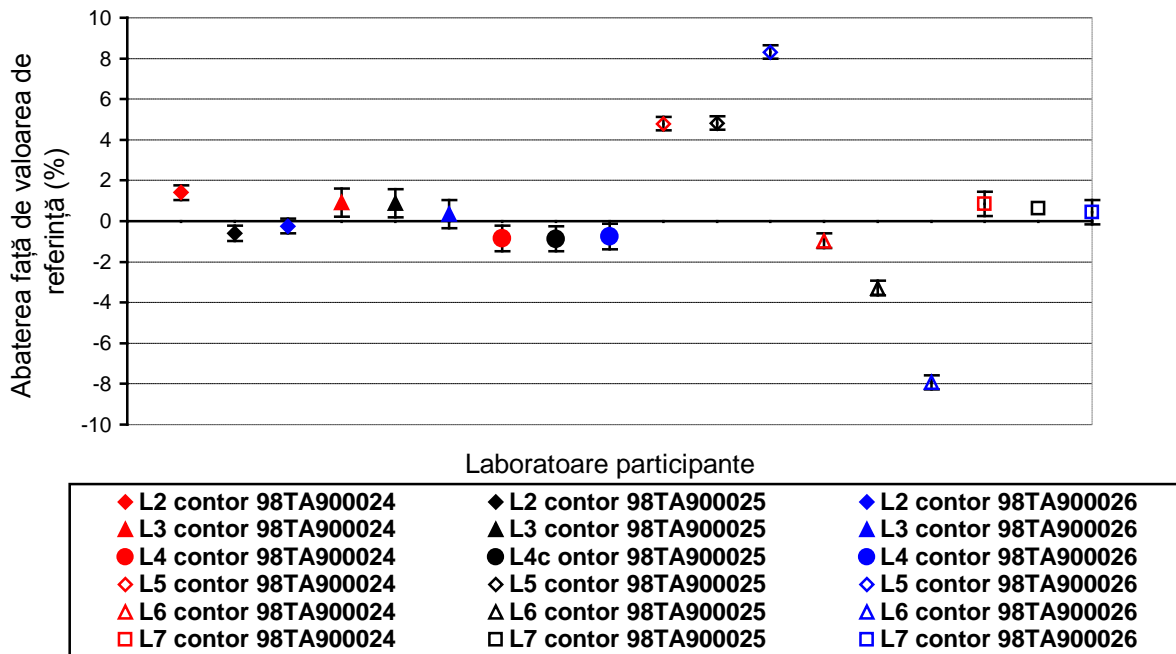
Pentru valori ale indicelui de valoare cuprinse în intervalul [-1; +1], laboratoarele participante la comparare sunt compatibile cu laboratorul de referință și sunt capabile să etaloneze contoare de apă, cu incertitudinea de măsurare declarată. În tabelul 5 sunt prezentate, ca exemplu, pentru unul dintre laboratoarele participante valorile indicilor de valoare, E_i ,

Indicii de valoare E_i obținuți de laboratoarele participante la comparare

Laborator 3							
Debit [m ³ /h]	Contoare cu $Q_n=1,5$ m ³ /h, DN 15, seriile			Debit [m ³ /h]	Contoare cu $Q_n=6$ m ³ /h, DN 32 seriile		
	98TA900024	98TA900025	98TA900026		03TD092189	03TD092190	03TD092191
0,015	6,81	6,86	11,83	0,06	8,43	6,71	6,35
0,0225	0,89	-0,91	5,55	0,09	9,18	4,33	4,83
0,3	0,66	-0,62	0,87	1,2	0,10	-0,11	0,98
0,75	0,79	-0,94	0,17	3,0	-0,71	-0,14	0,00
1,5	0,43	-0,78	0,75	6,0	0,97	-0,57	0,06
2,25	0,92	-0,74	0,58	9,0	-0,49	-0,80	0,29
3,0	0,96	-0,99	1,00	12,0	-1,01	-0,73	-0,60

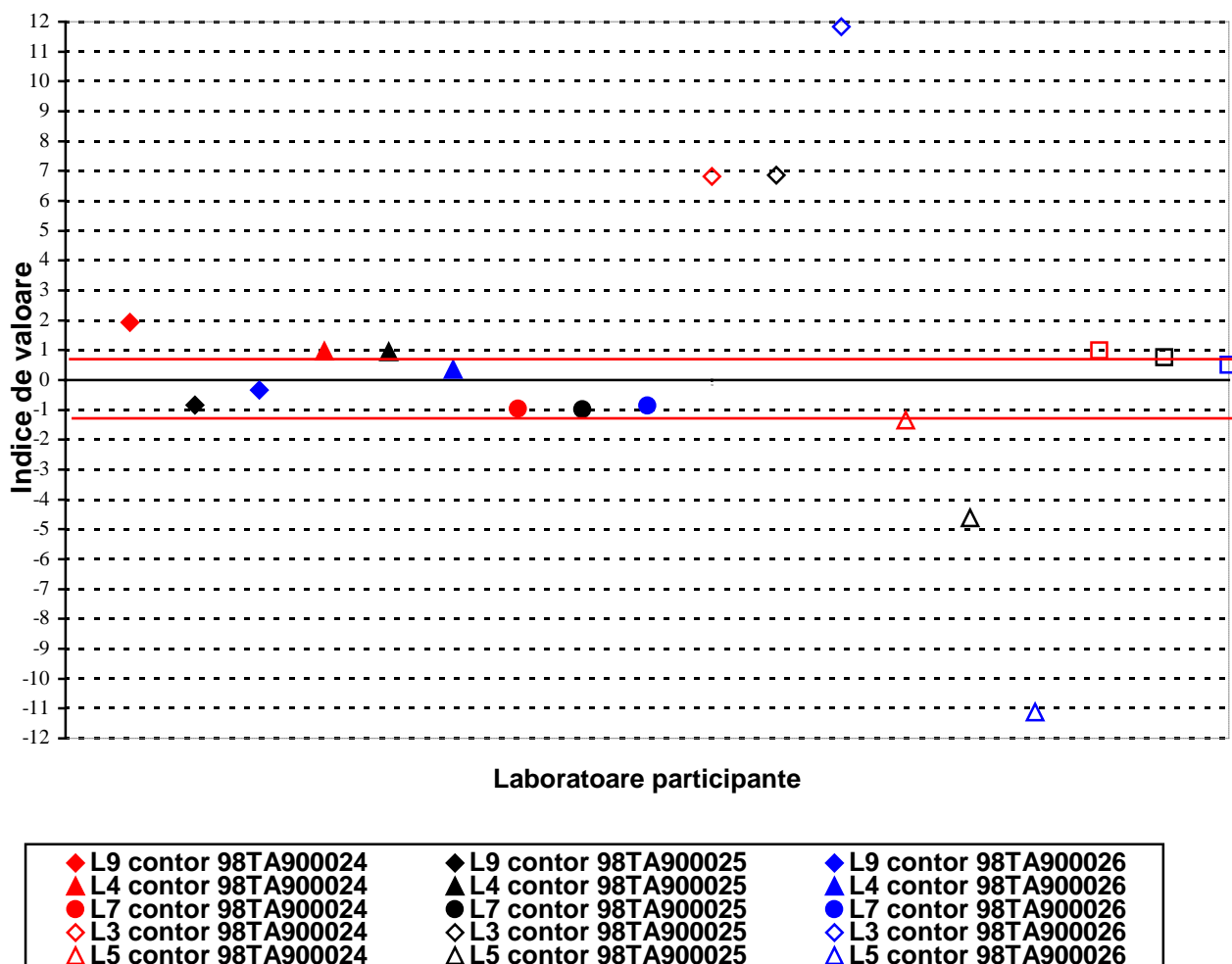
Rezultatele obținute de laboratoarele participante au fost prezentate și sub formă grafică. În figura 1 sunt prezentate abaterile rezultatelor laboratoarelor participante față de valorile de referință, obținute de laboratorul pilot, la un anumit debit, pentru unul dintre contoarele de apă utilizate ca etaloane itinerante. Liniile verticale reprezintă incertitudinile extinse U (pentru $k=2$), asociate rezultatelor obținute de laboratoarele participante.

Fig. 1 Abateri față de valoarea de referință și incertitudinile extinse estimate de laboratoarele participante pentru contoarele cu $Q_n=1,5$ m³/h, DN 15, la debitul $Q=0,0015$ m³/h



În figura 2 sunt prezentați, ca exemplu, sub formă grafică, indicii de valoare obținuți de laboratoarele participante pentru un anumit debit, pentru unul dintre contoarele de apă utilizate ca etaloane itinerante. Intervalul $[-1; 1]$, pentru care se poate considera că laboratoarele participante au obținut rezultate compatibile cu cele ale laboratorului de referință, este reprezentat cu linie roșie.

Fig. 15 Indici de valoare obținuți de laboratoarele participante pentru contoarele cu $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, DN 15, la debitul $Q=0,015 \text{ m}^3/\text{h}$



6 Analiza rezultatelor

Analiza rezultatelor obținute în cadrul comparării interlaboratoare a fost făcută în conformitate cu procedura de metrologie legală PML-5-03 "Comparări interlaboratoare".

Din datele prezentate se observă următoarele:

- 3 laboratoare participante, și anume laboratoarele cu codurile 4, 6 și 7, au obținut rezultate compatibile cu rezultatele obținute de laboratorul de referință pentru toate contoarele de apă;
- laboratoarele cu codurile 3, 5 și 9 nu au obținut rezultate compatibile cu rezultatele obținute de laboratorul de referință pentru toate contoarele de apă;
- toate laboratoarele participante la comparare au estimat incertitudinile de măsurare în conformitate cu prevederile SR 13005:2003 "Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare.

În urma analizării rezultatelor obținute, în scopul eliminării deficiențelor constatate la etalonarea contoarelor de apă, se propun următoarele măsuri, în general valabile pentru toate laboratoarele participante:

- reetalonarea instalațiilor utilizate la verificarea contoarelor de apă;
- instruirea personalului;
- elaborarea de instrucțiuni pentru determinarea incertitudinii de etalonare;
- instruirea personalului.

7 Concluzii

Compararea interlaboratoare cu tema "Etalonarea instalațiilor de verificare a contoarelor de apă rece/calda" s-a desfășurat conform planificării. La comparare au participat 6 laboratoare regionale din structura BRML care, după efectuarea măsurărilor, au transmis laboratorului pilot rezultatele și incertitudinile asociate, pentru cele șase etaloane itinerante.

Compararea, care a avut un caracter experimental, a fost utilă fiecărui laborator participant, care a putut să-și examineze și îmbunătățească metoda aplicată la etalonare, procesul de măsurare și modul de evaluare al incertitudinii de măsurare.

Rezultatele obținute în cadrul comparării pot fi utilizate de participanți pentru a-și demonstra capabilitatea de etalonare a contoarelor de apă și pentru validarea sistemului de calitate aplicat de acestea în cadrul fiecărui laborator.

BIBLIOGRAFIE

- [1] N. Udrea, Raport final al comparării interlaboratoare, „Etalonarea instalațiilor de verificare a contoarelor de apă rece/calda”, BRML-DEOA, 2006
[2] BRML-DEOA, Procedură de Metrologie Legală PML-5-03, Comparări interlaboratoare, rev. 0, 2002
[3] SR ENV 13005:2003, Ghid pentru evaluarea incertitudinii de măsurare, 2007

-
- Primit în data de 25 august 2006; acceptat în data de 16 septembrie 2006
 - Revizia științifică: *cp.I. Gheorghe ISPĂȘOIU*



Narcis UDREA

- Absolvent al Universității din București, Facultatea de Fizică
- Cercetător științific III la Institutul Național de Metrologie
- Doctor în domeniul fundamental "Științe Inginerești"



Cheti DOBOBANȚU

- Absolventă a Institutului Politehnic București, Facultatea de Electrotehnică, 1990
- Cercetător științific la Institutul Național de Metrologie, 1995
- Expert la Biroul Roman de Metrologie Legală, 2002



Florin SCURTU

- Absolvent al Institutului Politehnic București, Facultatea de Electrotehnică, 1990
- Șef Serviciu Evaluare Organisme și Supraveghere, BRML, 2002