

INCERTITUDINEA DE MĂSURARE ÎN METROLOGIA LEGALĂ

MEASUREMENT UNCERTAINTY IN LEGAL METROLOGY

Dumitru DINU*, Cosmin DINU**

*BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ/ROMANIAN BUREAU OF LEGAL METROLOGY

**INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE/NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY

Rezumat: *Lucrarea prezintă modul în care poate fi utilizat un rezultat al măsurării, inclusiv incertitudinea de măsurare „inclusă” în acesta, la luarea deciziilor de conformitate în metrologia legală.*

Cuvinte cheie: *Decizie de conformare/neconformare, limite extreme specificate, risc de decizie greșită*

Abstract: *The paper shows how can be used a measurement result, including measurement uncertainty "contained" in it, in taking conformity assessment decisions in legal metrology.*

Keywords: *Decision of conformance/non-conformance, specified extreme limits, risk of wrong decision*

1. INTRODUCERE

În metrologia legală se iau multe decizii bazate pe rezultatul măsurării unui măsurand. Un element important al încrederii în deciziile luate îl constituie probabilitatea cu care se crede că valoarea adevărată a măsurandului se află într-un interval de valori, cerut de reglementări, ale unei mărimi de aceeași natură cu măsurandul. Aceasta este și probabilitatea ca valorile din componența rezultatului măsurării măsurandului dat, să se situeze în intervalul respectiv.

Incetitudinea de măsurare, ca parte „componentă” a rezultatului măsurării, devine astfel, un parametru important în stabilirea încrederii în deciziile luate.

2. CAZUL ÎNCERCĂRILOR DE CONFORMITATE, ATUNCI CÂND SE COMPARĂ UN MIJLOC DE MĂSURARE CU UN ETALON

2.1 Rezultatul măsurării

Se arată în [1], că atunci când se compară un mijloc de măsurare supus etalonării sau încercării de conformitate cu un etalon, măsurandul ([2] - VIM3, 2.3) supus măsurării este eroarea de indicație E_1 . O reprezentare grafică simplificată a rezultatului măsurării (VIM3, 2.9) este cea din figura 1 în care $E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$ este rezultatul măsurării, atunci când mărimea de ieșire din modelul matematic al măsurării este variabila aleatorie E_{IND} , în care e_{INDm} este valoarea măsurată, $u(e_{INDm})$ este incertitudinea standard

1. INTRODUCTION

In legal metrology many decisions are taken based on the measurement result of a measurand. An important element of confidence in decisions is the probability that it is believed that the true value of the measurand lies within an interval of values, required by the regulations, of a quantity of the same kind as the measurand. This is the probability that the values in the composition of the measurement result lies within that interval.

The measurement uncertainty, as "part" of the measurement result is thus an important parameter in establishing confidence in such decisions.

2 THE CASE OF CONFORMITY TESTS, WHEN COMPARING A MEASURING INSTRUMENT TO A MEASUREMENT STANDARD

2.1 Measurement result

It is shown in [1] that when comparing a measuring instrument that is subject to calibration/ conformity testing to a measurement standard, the measurand ([2] - VIM3, 2.3) is the error of indication E_1 . A simplified graphical representation of the measurement result (VIM3, 2.9) is shown in Figure 1, where $E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$ is the measurement result when the output quantity in the measurement mathematical model is the random variable E_{IND} , where e_{INDm} is the measured value, $u(e_{INDm})$ is the standard

asociată valorii măsurate, iar FDP_{EI} semnifică funcția densitate de probabilitate; se consideră o distribuție normală. e_{IAV} este valoarea adevărată, „în esență unică” (VIM3, 2.11, nota 3), a măsurandului E_1 , care nu se cunoaște, U este incertitudinea extinsă, $k = 2$ iar e_{IND} reprezintă valorile posibile care ar putea fi atribuite aceluiași măsurand E_1 .

uncertainty associated to the measured value and FDP_{EI} is the density probability function; it will be considered a normal distribution. e_{IAV} is the true value, "essentially unique" (VIM3, 2.11, note 3), of the measurand E_1 , that is not known, and U is the expanded uncertainty, $k = 2$, and e_{IND} represent the possible values that could be attributed to the same measurand E_1 .

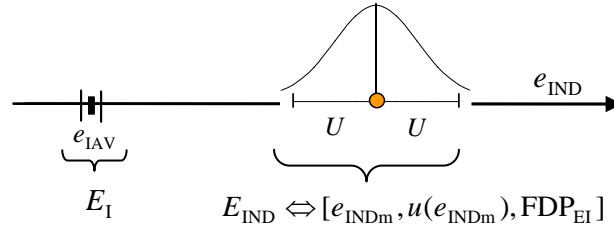


Fig. 1: Reprezentarea grafică a rezultatului măsurării erorii de indicație

Fig. 1: Graphical representation of the measurement result when the measurand is error of indication

2.2 Probabilități și riscuri

Relațiile (1) și (2) permit utilizarea rezultatului măsurării $E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$ la determinarea probabilităților și riscurilor privind deciziile de conformitate relativ la limitele specificate date de valorile extreme EMT_- și EMT_+ ale erorii de măsurare, denumite erori maxime tolerate și ilustrate în figura 2. Semnificația probabilităților și riscurilor este legată de valoarea adevărată a măsurandului E_1 .

2.2 Probabilities and Risks

Relations (1) and (2) allow the use of the measurement result $E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$ in determining probabilities and risks on conformity decisions relative to the specified limits given by the extreme values EMT_- and EMT_+ of the measurement error, called maximum permissible errors and illustrated in Figure 2. The significance of probabilities is related to the true value of the measurand E_1 .

$$\begin{aligned}
 p_{\pm EMT}(e_{INDm}) &= \Pr(EMT_- < E_{IND} < EMT_+) = G_{E_{IND}}(EMT_+) - G_{E_{IND}}(EMT_-) \\
 &= \Pr(E_{IND} < EMT_+) - \Pr(E_{IND} < EMT_-) \\
 &= \int_{-\infty}^{EMT_+} g_{E_{IND}}(e_{IND}) de_{IND} - \int_{-\infty}^{EMT_-} g_{E_{IND}}(e_{IND}) de_{IND} \\
 &= \int_{EMT_-}^{EMT_+} \frac{1}{u(e_{INDm}) \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{e_{IND} - e_{INDm}}{u(e_{INDm})} \right]^2} de_{IND}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$r_{\pm EMT}(e_{INDm}) = 1 - p_{\pm EMT}(e_{INDm}) \tag{2}$$

în care: $G_{E_{IND}}$, $g_{E_{IND}}$ sunt funcțiile de distribuție, respectiv densitate de probabilitate ([3,4] - GUM, C.2.4, C.2.5 și C.2.14);

$p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ este probabilitatea ca valorile variabilei aleatoare E_{IND} să se situeze în intervalul $\pm EMT$ (adică între limitele specificate EMT_- și EMT_+). Deoarece, la determinarea celei mai bune estimări a valorii

where: $G_{E_{IND}}$, $g_{E_{IND}}$ are distribution function and the probability density function ([3,4] - GUM, C.2.4, C.2.5 and C.2.14);

$p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ is the probability that the values of the random variable E_{IND} to be within the interval $\pm EMT$ (i.e. between specified limits EMT_- and EMT_+). Because in determining

adevărate, se presupune că mai rămâne o eroare sistematică necunoscută care se aproximează cu zero, atunci se poate spune că valoarea adevărată a măsurandului E_I se crede că se situează, cu probabilitatea $p_{\pm EMT}(e_{INDm})$, în intervalul $\pm EMT$.

$r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ este **probabilitatea ca valorile variabilei aleatoare** E_{IND} să se situeze în afara intervalului $\pm EMT$.

În relația (3), $p_{\pm z \cdot u}$ este **probabilitatea ca valorile variabilei aleatoare** E_{IND} să se situeze în intervalul $\pm z \cdot u(e_{INDm})$, dar se poate interpreta și în sensul că valoarea adevărată a măsurandului E_I se crede că se situează, cu probabilitatea $p_{\pm z \cdot u}$, în intervalul $\pm z \cdot u(e_{INDm})$ din jurul valorii măsurate e_{INDm} .

Pentru $U = k \cdot u(e_{INDm})$ și $z = k$, $p_{\pm z \cdot u}$ devine $p_{\pm U}$. Pentru o distribuție normală și $k=2$, avem $p_{\pm U} = 0,95450$ iar $p_{\pm u} = 0,68269$ independent de poziția valorii măsurate e_{INDm} pe abscisă.

$$\begin{aligned}
p_{\pm k \cdot u} &= \Pr(e_{INDm} - k \cdot u(e_{INDm}) < E_{IND} < e_{INDm} + k \cdot u(e_{INDm})) \\
&= G_{E_{IND}}(e_{INDm} + k \cdot u(e_{INDm})) - G_{E_{IND}}(e_{INDm} - k \cdot u(e_{INDm})) \\
&= \Pr(E_{IND} < e_{INDm} + k \cdot u(e_{INDm})) - \Pr(E_{IND} < e_{INDm} - k \cdot u(e_{INDm})) \quad (3) \\
&= \int_{-\infty}^{e_{INDm} + k \cdot u(e_{INDm})} g_{E_{IND}}(e_{IND}) de_{IND} - \int_{-\infty}^{e_{INDm} - k \cdot u(e_{INDm})} g_{E_{IND}}(e_{IND}) de_{IND} \\
&= \int_{e_{INDm} - k \cdot u(e_{INDm})}^{e_{INDm} + k \cdot u(e_{INDm})} \frac{1}{u(e_{INDm}) \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{e_{IND} - e_{INDm}}{u(e_{INDm})} \right]^2} de_{IND}
\end{aligned}$$

În figura 2, de la (a) la (i) sunt ilustrate 9 rezultate posibile ale măsurării ca cel din figura 1, care se deosebesc numai prin valoarea măsurată. Valorile măsurate se situează între limitele specificate EMT și EMT_+ (abscisele de la (d) la (g)), în afara acestor limite (abscisele (a), (b), (h) și (i)) sau pe o valoare limită (abscisa (c)), iar rezultatele măsurărilor se intersectează cu limitele specificate EMT și EMT_+ în 5 cazuri (abscisele (b), (c), (d), (g) și (h)) și nu se intersectează în celelalte 4 cazuri.

Mobilitatea valorii măsurate e_{INDm} din aceste 9 abscise este reprezentată unitar pe abscisa (l) unde graficele semnifică probabilități și riscuri așa cum vor fi prezentate în continuare.

the best estimates of the true value it is assumed that there remains an unknown systematic error that is approximated with zero, then one can say that the true value of the measurand E_I is thought to lie, with the probability $p_{\pm EMT}(e_{INDm})$, within the interval $\pm EMT$.

$r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ is the **probability that the random variable values** E_{IND} lie outside the range $\pm EMT$.

In (3), $p_{\pm z \cdot u}$ is the **probability that the random variable values** E_{IND} to be in the range $\pm z \cdot u(e_{INDm})$ but it can be interpreted in the sense that the true value of the measurand E_I is thought to lie, with the probability $p_{\pm z \cdot u}$, within the interval $\pm z \cdot u(e_{INDm})$ around the measured value e_{INDm} .

For $U = k \cdot u(e_{INDm})$ and $z = k$, $p_{\pm z \cdot u}$ becomes $p_{\pm U}$. For a normal distribution and $k=2$, we have $p_{\pm U} = 0,95450$ and $p_{\pm u} = 0,68269$ independent from the measured value e_{INDm} position on the abscissa.

In Figure 2, from (a) to (i), 9 measurement results as in Figure 1 are illustrated that differ only by the measured value. The measured values are between the specified limits EMT and EMT_+ (abscissa from (d) to (g)), outside these limits (abscissa (a), (b), (h) (i)) or on a limit value (abscissa (c)) and the measurement results intersect themselves with the specified limits EMT and EMT_+ in 5 cases (abscissa (b), (c) (d), (g) (h)) and does not intersect in the other four cases.

The mobility of the measured value e_{INDm} in these 9 abscissa is represented unitarily on the abscissa (l) where the graphics mean probabilities and risks as described below.

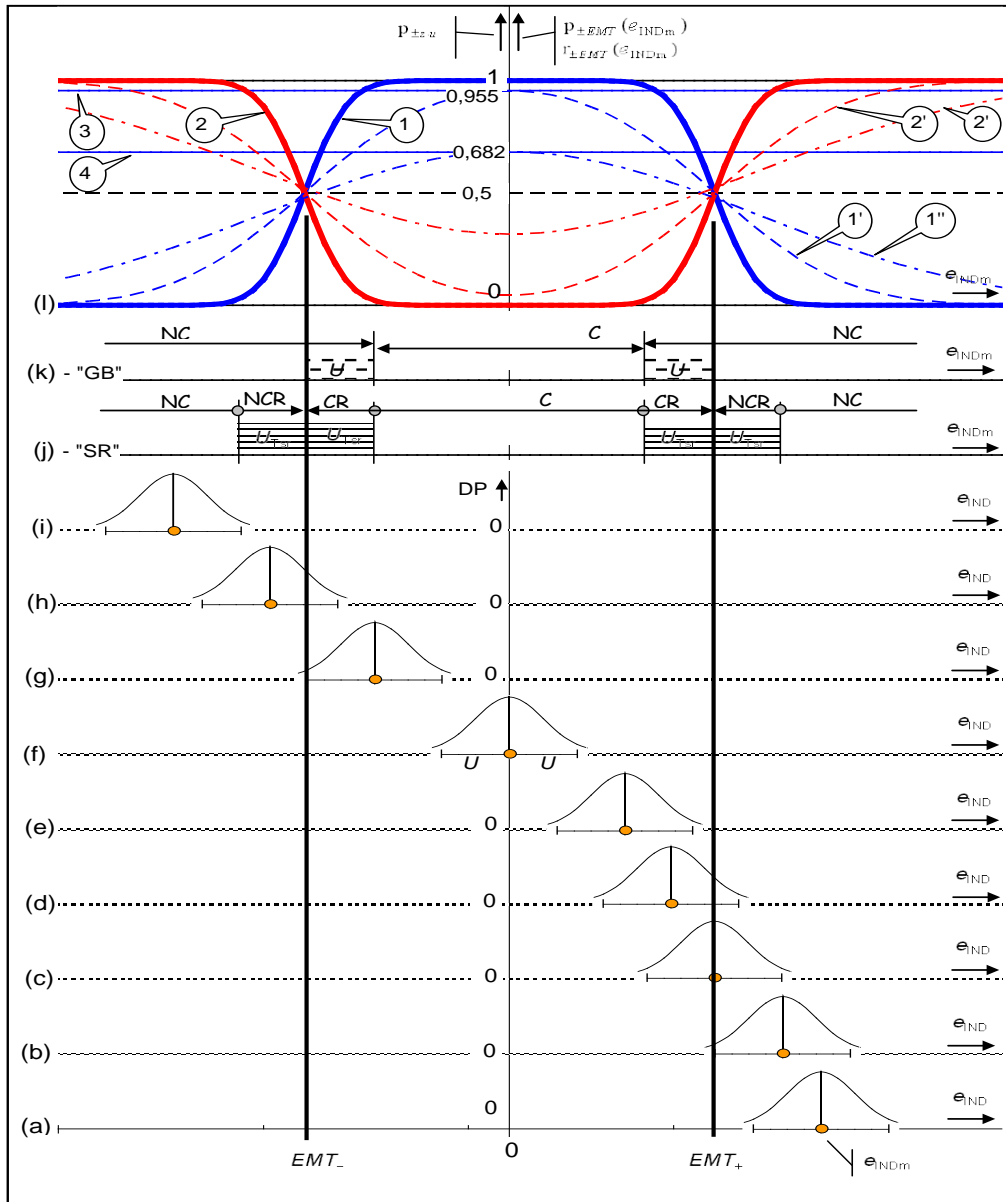


Fig. 2: Reprezentarea grafică a mai multor rezultate ale măsurării măsurandului eroare de indicație E_I care se deosebesc prin amplasarea pe abscisă a valorii măsurate relativ la limitele specificate EMT_- și EMT_+ : de la (a) la (i); probabilități și riscuri privind deciziile de conformitate relativ la limitele specificate: (l); principiile „SR” (risc distribuit) și „GB” (bandă de siguranță) de luare a deciziei de conformitate: (j), respectiv (k)

Fig. 2: Graphical representation of multiple measurement results of the measurand error of indication E_I that they differ in the location on the abscissa of the measured value relative to the specified limits EMT_- and EMT_+ : from (a) to (i); probabilities and risks on conformity decisions relative to the limits: (l); principles "SR" (shared risk) and "GB" (guard band) of decision making under (j,) respectively (k)

Figura 2 prezintă avantajul că, într-o reprezentare unitară întâlnim, pe de o parte grafice ale unor funcții care au ca variabilă valoarea, oricare ar fi ea, e_{IND} a mărimii de ieșire E_{IND} (abscisele de la (a) la (i)) și, pe de altă parte grafice ale unor funcții și intervale de conformitate care se analizează în funcție numai de valoarea măsurată e_{INDm} (abscisele de la (j) la (l)), toate având elementele comune date de

Figure 2 shows the advantage in a uniform representation we meet, on the one hand graphs of functions that have the variable the value, whatever it is, e_{IND} of the output quantity E_{IND} (abscissa from (a) to (i)) and on the other hand plots of functions and conformity intervals to be analyzed depending only on the measured value e_{INDm} (abscissa from (j) to (l)), all having common elements given by the specified limits by regulations EMT_- și EMT_+ and the coverage

limitele specificate de reglementări EMT . și EMT_+ și de intervalul de extindere $\pm U$ din jurul valorii măsurate e_{INDm} .

Acest mod de reprezentare este sugestiv, permite identificarea facilă a elementelor care fac deosebirea între noțiuni cum ar fi valoare și valoare măsurată a unei mărimi de ieșire, funcție densitate de probabilitate și probabilitatea ca valorile rezultatului măsurării să se afle între limitele specificate, interval de extindere și interval de conformare/neconformare și ilustrarea principiilor „SR”- „shared risk” și „GB” – „quard band” utilizate la luarea deciziilor de conformitate [1].

Curba 1 din figura 2 - (l) ilustrează parametrul $p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ pentru cazul $U = (1/3) \cdot EMT$ ilustrat la abscisele de la (a) la (i). Curbele 1' și 1'' ilustrează același parametru dar pentru cazurile $U = EMT$, respectiv $U = 2 \cdot EMT$. Curbele 2, 2' și 2'' ilustrează parametrul $r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ pentru aceleași valori menționate anterior ale incertitudinii extinse U iar curbele 3 și 4 ilustrează probabilitatea $p_{\pm U}$, respectiv $p_{\pm u}$.

Principiul „SR” de luare a deciziei de conformitate este ilustrat în figura 2-(j), unde U_{Tsr} este limita maximă specificată a valorilor determinate ale incertitudinii extinse U ; în acest caz $U_{Tsr} = (1/3) \cdot EMT$ [5,6,7,8] și $U = U_{Tsr}$. Principiul „GB” de luare a deciziei de conformitate este ilustrat în figura 2-(k).

Dacă se iau decizii de conformitate, atunci intervalele de conformitate ilustrate în figura 2, lit. (j) și (k) sunt: C - interval de conformare, NC - interval de neconformare, CR/NCR - interval de conformare/neconformare cu risc distribuit iar parametrii definiți de relațiile (1) și (2) se utilizează astfel:

$p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ este probabilitatea ca decizia de **conformare/conformare cu risc distribuit** să fie corectă, sau riscul ca decizia de **neconformare/neconformare cu risc distribuit** să fie incorectă.

$r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ este probabilitatea ca decizia de **neconformare/neconformare cu risc distribuit** să fie corectă, sau riscul ca decizia de **conformare/conformare cu risc distribuit** să fie incorectă.

Conformarea înseamnă decizia „conform”/”admis” luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a lui E_1 se află între limitele specificate EMT . și EMT_+ , cu probabilități foarte mari (de ex. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$). Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, e_{INDm} se încadrează în

interval $\pm U$ around the measured value e_{INDm} .

This representation is meaningful, makes it easy to identify the elements that make the difference between concepts such as value and measured value of an output quantity, probability density function and the probability that the measurement result values lie between specified limits, coverage interval and the interval of conformance/non-conformance and the illustration of the "SR" - "shared risk" and "GB" - "quard band" principles used in making conformity decisions [1].

Curve 1 in Figure 2 - (l) illustrates the parameter $p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ for the case $U = (1/3) \cdot EMT$ illustrated in abscissa from (a) to (i). Curves 1' and 1'' illustrate the same parameter but for cases $U = EMT$, and $U = 2 \cdot EMT$. Curves 2, 2' and 2'' illustrate the parameter $r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ for the above expanded uncertainty values U and curves 3 and 4 illustrate the probability $p_{\pm U}$, respectively $p_{\pm u}$.

The "SR" principle of making the conformity decision is illustrated in Figure 2 - (j), where U_{Tsr} is the specified maximum limit of the determined values of expanded uncertainty U ; in this case $U_{Tsr} = (1/3) \cdot EMT$ [5,6,7,8] and $U = U_{Tsr}$. The "GR" principle of making the conformity decision is illustrated in Figure 2 - (k).

If conformity decisions are taken, then the conformity intervals illustrated in Figure 2, point. (j) and (k) are: C - conformance interval, NC - non-conformance interval, CR/NCR - conformance/non-conformance with distributed risk interval and the parameters defined by equations (1) and (2) are used as follows:

$p_{\pm EMT}(e_{INDm})$ is the probability that the **conformance/conformance with distributed risk** decision to be correct, or the risk that the **non-conformance/non-conformance with distributed risk** decision to be incorrect.

$r_{\pm EMT}(e_{INDm})$ is the probability that the **non-conformance/non-conformance with distributed risk** decision to be correct, or the risk that the **conformance/conformance with distributed risk** decision to be incorrect.

Conformance means the decision as "conform"/"admitted" taken on the basis that it is believed that the true value of E_1 is within specified limits EMT . and EMT_+ , with very high probabilities (e.g. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$). This implies that the measured value, whatever it is, e_{INDm} is within the conformance interval C and that $U < EMT$. For curves 1' and 1'' in Figure 2

intervalul de conformare C și $U < EMT$. Pentru curbele 1' și 1'' din figura 2 - (l) nu este posibilă o astfel de decizie de conformare, deoarece nu poate exista intervalul C .

Neconformarea înseamnă decizia „neconform”/”respins” luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a lui E_1 se află în afara limitelor specificate EMT_- și EMT_+ , astfel:

- cu probabilități foarte mari (de ex. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$), pentru figura 2 - (j);

- cu probabilități mici în apropierea limitelor (de ex. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$), pentru figura 2 - (k).

Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, se încadrează în intervalul **NC** respectiv.

Conformarea cu risc distribuit înseamnă decizia „conform”/”admis” luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a lui E_1 se află între limitele specificate EMT_- și EMT_+ cu probabilități mai mari decât 0,5. Aceasta presupune ca valoarea măsurată, oricare ar fi ea, se încadreze în intervalul **CR** respectiv.

Neconformarea cu risc distribuit înseamnă decizia „neconform”/”respins” luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a lui E_1 se află în afara limitelor specificate EMT_- și EMT_+ cu probabilități mai mari decât 0,5. Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, să se încadreze în intervalul **NCR** respectiv.

În cazul din figura 2 - (k), principiul „guard band” („GB”) utilizat la luarea deciziei de conformitate prezintă particularitatea că permite riscuri foarte mari pentru unele decizii de neconformare.

În cazul din figura 2 - (j), principiul „shared risk” („SR”) utilizat la luarea deciziei de conformitate prezintă particularitatea că permite riscuri similare pentru deciziile de conformare și neconformare chiar dacă aceste riscuri sunt mari pentru rezultate ale măsurării aflate în apropierea limitelor specificate EMT_- și EMT_+ .

Uneori, la luarea deciziei de conformitate, se aplică combinații ale celor două principii.

Elementele ilustrate în figura 2 sunt prezentate sub formă numerică în tabelul 1.

Nivelul de încredere în deciziile de conformitate luate și riscul ca deciziile de conformitate să fie greșite sunt afectate atât de rezultatul măsurării care „include”, incertitudinea de măsurare cât și de poziția relativă pe abscisa valorilor erorii de indicație dintre valoarea măsurată și limitele specificate (tabelul 1, coloana 1).

- (l) such a conformance decision is not possible because there is no conformance interval C .

Non-conformance means the decision as "not-conform"/"rejected" taken on the basis that it is believed that the true value of E_1 is outside of specified limits EMT_- and EMT_+ , as follows:

- with very high probabilities (e.g. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$), for Figure 2 - (j);

- with low probabilities near the limits (e.g. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$), for Figure 2 - (k). This implies that the measured value, whatever it is, is within the **NC** interval.

Conformance with distributed risk is the decision as "conform"/"admitted" taken on the basis that it is believed that the true value of E_1 is within specified limits EMT_- and EMT_+ , with probabilities greater than 0,5. This implies that the measured value, whatever it is, is within the **CR** interval.

Non-conformance with distributed risk is the decision as "not-conform"/"rejected" taken on the basis that it is believed that the true value of E_1 is outside of specified limits EMT_- and EMT_+ , with probabilities greater than 0,5. This implies that the measured value is within the **NCR** interval.

In the case of Figure 2 - (j), the "shared risk" ("SR") principle used in making the conformity decision has the particular feature that allows similar risks related to conformance and non-conformance decisions even if those risks are great for measurement results in near the specified limits EMT_- and EMT_+ .

In the case of Figure 2 - (j), the "shared risk" ("SR") principle used in making the conformity decision has the particular feature that allows similar risks related to conformance and non-conformance decisions even if those risks are great for measurement results in near the specified limits EMT_- and EMT_+ .

Sometimes, in making the conformity decision, we apply combinations of the two principles.

Elements illustrated in Figure 2 are presented in numerical form in Table 1.

The confidence level in taken conformity decisions and the risk that the conformity decisions to be wrong are to be affected by both the measurement result which “includes” the measurement uncertainty and also by the relative position on the error of indication abscissa between the measured value and the specified limits (Table 1, column 1).

Tabelul 1
Table 1

e_{INDm}	$P_{\pm EMT}$				Riscul ca decizia de conformare/conformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the non-conformance/conformance with distributed risk decision to be incorrect</i> $r_{\pm EMT} = 1 - p_{\pm EMT}$	Riscul ca decizia de neconformare/neconformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the non-conformance / non-conformance with distributed risk decision to be incorrect</i> $P_{\pm EMT}$		
	$\frac{u}{EMT} \leq \frac{1}{6}$	$\frac{u}{EMT} = \frac{1}{3}$	$\frac{u}{EMT} = \frac{1}{2}$	$\frac{u}{EMT} = 1$	$\frac{u}{EMT} \leq \frac{1}{6}$	$\frac{u}{EMT} \leq \frac{1}{6}$		
	“GB”	“SR”	“GB”	“SR”	“GB”	“SR”		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$EMT_- - u \times 2$	0,02275	0,02275	0,02275	0,02272	NA	NA	0,02275	0,02275
$EMT_- - u \times 1$	0,15866	0,15866	0,15865	0,15731	NA	NA	0,15866	0,15866
$EMT_- - u \times 0,5$	0,30854	0,30854	0,30853	0,30233	NA	NA	0,30854	0,30854
EMT_-	0,50000	0,50000	0,49997	0,47725	NA	0,50000	0,50000	0,50000
$EMT_- + u \times 0,5$	0,69146	0,69146	0,69123	0,62466	NA	0,30854	0,69146	NA
$EMT_- + u \times 1$	0,84134	0,84134	0,83999	0,68269	NA	0,15866	0,84134	NA
$EMT_- + u \times 2$	0,97725	0,97722	0,95450		0,02275	0,02275	0,97725	NA
$EMT_- + u \times 3$	0,99865				0,00135	0,00135	NA	NA
0	1,00000	0,99730	0,95450	0,68269	0,00000	0,00000	NA	NA
$EMT_+ - u \times 3$	0,99865				0,00135	0,00135	NA	NA
$EMT_+ - u \times 2$	0,97725	0,97722	0,95450		0,02275	0,02275	0,97725	NA
$EMT_+ - u \times 1$	0,84134	0,84134	0,83999	0,68269	NA	0,15866	0,84134	NA
$EMT_+ - u \times 0,5$	0,69146	0,69146	0,69123	0,62466	NA	0,30854	0,69146	NA
EMT_+	0,50000	0,50000	0,49997	0,47725	NA	0,50000	0,50000	0,50000
$EMT_+ - u \times 0,5$	0,30854	0,30854	0,30853	0,30233	NA	NA	0,30854	0,30854
$EMT_+ + u \times 1$	0,15866	0,15866	0,15865	0,15731	NA	NA	0,15866	0,15866
$EMT_+ + u \times 2$	0,02275	0,02275	0,02275	0,02272	NA	NA	0,02275	0,02275

Notă: $u \equiv u(e_{INDm})$; $r_{\pm EMT} \equiv r_{\pm EMT}(e_{INDm})$; $p_{\pm EMT} \equiv p_{\pm EMT}(e_{INDm})$; „NA” din celulele cu hașuri înclinate arată că decizia la care se referă riscul nu se aplică pentru valoarea măsurată e_{INDm} corespunzătoare din coloana 1

Note: $u \equiv u(e_{INDm})$; $r_{\pm EMT} \equiv r_{\pm EMT}(e_{INDm})$; $p_{\pm EMT} \equiv p_{\pm EMT}(e_{INDm})$; „NA” in the sloping hatch cells shows that the decision referred to the risk does not apply to the corresponding measured value e_{INDm} of column 1.

Prevederile de la pct 2.1 și 2.2 sunt specifice unui singur punct din intervalul de măsurare al mijlocului de măsurare supus evaluării conformității (ML) și pot fi aplicate pentru fiecare alt punct din intervalul de măsurare pentru care se repetă măsurarea erorii de indicație E_1 .

The provisions of sections 2.1 and 2.2 are specific to a single point in the measurement interval of the measuring instrument subjected to conformity assessment (ML) and can be applied to every other point in the measurement interval for that the measurement of error of indication E_1 is repeated.

3. CAZUL UTILIZĂRII UNUI MIJLOC DE MĂSURARE DE LUCRU (ML) DECLARAT „ADMIS” LA EVALUAREA CONFORMITĂȚII

3.1 Rezultatul măsurării 3.1.1 Cazul general

Un mijloc de măsurare de lucru (ML) declarat „admis” la evaluarea conformității, adică un ML legal, se utilizează, în general, la măsurarea unui măsurand Y dintr-un domeniu de interes public [9,10]. O reprezentare grafică simplificată a rezultatului măsurării este cea din figura 3 în care $Y_{ML} \Leftrightarrow [y_{MLm}, u(y_{MLm}), FDP_{Y_{ML}}]$ este rezultatul măsurării, atunci când mărimea de ieșire din modelul matematic al măsurării este variabila Y_{ML} , în care y_{MLm} este valoarea măsurată, $u(y_{MLm})$ este incertitudinea standard asociată valorii măsurate iar $FDP_{Y_{ML}}$ semnifică funcția densitate de probabilitate; se consideră o distribuție normală. y_{IAV} este valoarea adevărată „în esență unică” a măsurandului Y , care nu se cunoaște, U este incertitudinea extinsă, $k = 2$ iar y_{ML} reprezintă valorile posibile care ar putea fi atribuite aceluiași măsurand. Se folosește, în multe cazuri, funcția de măsurare din relația (4).

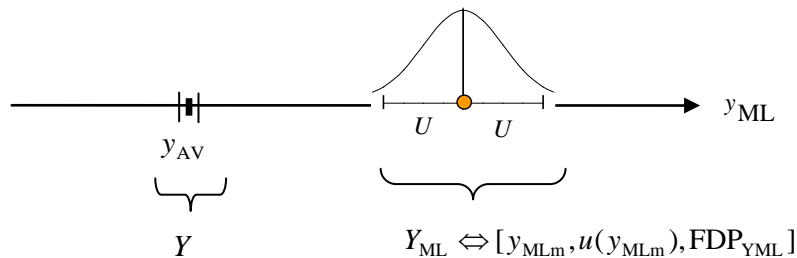


Fig. 3: Reprezentarea grafică a rezultatului măsurării măsurandului Y utilizând mijlocul de măsurare de lucru ML
Fig. 3: Graphical representation of the measurement result when the measurand Y is measured by using a ML

$$Y_{ML} = X_{ML} + \sum_j \delta X_{MLj} - E_{IND} \quad (4)$$

în care:

X_{ML} este mărimea de intrare care constă din indicația ML observată atunci când cu acesta se măsoară măsurandul Y ;

δX_{MLj} sunt corecții ale căror valori așteptate sunt considerate, de regulă, nule, adică $E[\delta X_{INDj}] = 0$, caz în care corecțiile nu aduc

3 THE CASE OF USING WORKING MEASURING INSTRUMENT (ML) DECLARED "ADMITTED" AT THE CONFORMITY ASSESMENT

3.1 Measurement result 3.1.1 General case

A working measuring instrument (ML) declared "admitted" at the conformity assesment, i.e. a legal ML, is generally used for measuring tasks for reason of public interest [9,10]. A simplified graphical representation of the measurement result is shown in Figure 3 in which $Y_{ML} \Leftrightarrow [y_{MLm}, u(y_{MLm}), FDP_{Y_{ML}}]$ is the measurement result when the output quantity from the mathematical model of measurement is variable Y_{ML} , where y_{MLm} is the measured value, $u(y_{MLm})$ is the standard uncertainty associated with the measured value and $FDP_{Y_{ML}}$ is the probability density function; it is considered a normal distribution. y_{IAV} is the true value "essentially unique" of measurand Y , which is not known, and U is the expanded uncertainty, $k = 2$ and y_{ML} represent the possible values that could be attributed to the same measurand. The measurement function in equation (4) is used in many cases.

where:

X_{ML} is the input quantity which consists of the indication of ML observed when it is used to measure the measurand Y ;

δX_{MLj} are corrections whose expected values are considered, usually, null, i.e. $E[\delta X_{INDj}] = 0$, in this case the corrections do

contribuție la estimarea mărimii de ieșire dar aduc contribuție la incertitudinea de măsurare asociată estimării acestora. Corecțiile care intră în această categorie sunt, în general, cele care privesc limitarea dată de rezoluție, fluctuațiile indicațiilor atunci când măsurandul se menține constant, variația indicațiilor atunci când ML este utilizat în condiții diferite de cele din timpul etalonării/verificării metrologice, deriva instrumentală a ML.

E_{IND} este mărimea de intrare care constă din rezultatul măsurării erorii de indicație la momentul etalonării/verificării metrologice a ML ([1], relația (3)); dacă funcția de măsurare a erorii de indicație la momentul etalonării/verificării metrologice ia în considerare și repetabilitatea/reproductibilitatea de măsurare, atunci în loc de E_{IND} se va folosi variabila aleatorie E_{Imed} ([1], relația (10)).

Scriind relația (4) după înlocuirea variabilelor aleatorii cu valorile lor așteptate, respectiv $E[X_{ML}]$, $E[Y_{ML}]$, $E[\delta X_{MLj}]$ și $E[E_{IND}]$ și aproximarea valorilor așteptate cu estimările lor, obținem:

$$y_{MLm} = I_{ML} - e_{INDm} \quad (5)$$

în care

y_{MLm} este valoarea măsurată a mărimii de ieșire Y_{ML} ;

I_M este indicația observată la măsurarea cu ML a măsurandului Y ; atunci când se fac măsurări repetate, I_{ML} este, de regulă media aritmetică a indicațiilor individuale;

e_{INDm} este valoarea măsurată a erorii de indicație ([1], relația (6)).

Incertitudinea standard asociată valorii y_{MLm} , presupunând că mărimile de intrare sunt independente, este dată de relația (6):

$$u^2(y_{MLm}) = u^2(I_{ML}) + u^2(e_{INDm}) + \sum_j u^2(E[\delta X_{MLj}]) \quad (6)$$

în care $u(I_{ML}) = 0$ iar $u(e_{INDm})$ este dată de [1] - relațiile (7, 8, 9).

S-a presupus că, în relațiile (5) și (6), corecțiile iau forma de termen de adunare mai degrabă decât de factor.

3.1.2 Cazul utilizării de mijloace de măsurare supuse controlului metrologic legal

Rezultatul

măsurării

not contribute to the estimate of the output quantity but contribute to the measurement uncertainty associated with their estimate. Corrections which fall into this category are generally those relating to finite resolution of the indicator, indication fluctuations when the measurand remains constant, the indications variation when ML is used under different conditions from those during metrological calibration/verification, instrumental drift of ML.

E_{IND} is the input quantity which consists in the result of the measurement of the error of indication at the time of calibration/metrological verification of ML ([1], equation (3)); if the measurement function of the error of indication in the moment of calibration/metrological verification takes into consideration also the measurement repeatability/reproducibility, then instead of E_{IND} it will be used the random variable E_{Imed} ([1], equation (10)).

Writing the equation (4) after replacing random variables with their expected values, respectively $E[X_{ML}]$, $E[Y_{ML}]$, $E[\delta X_{MLj}]$ and $E[E_{IND}]$ and the approximate of the expected values with their estimates, we get:

$$y_{MLm} = I_{ML} - e_{INDm} \quad (5)$$

where:

y_{MLm} is the measured value of the output quantity Y_{ML} ;

I_{ML} is the indication observed in the measurement with the ML of the measurand Y , when making repeated measurements, I_{ML} is usually the arithmetic average of individual indications;

e_{INDm} is the measured value of the error of indication ([1], equation (6)).

The standard uncertainty associated to the value y_{MLm} , assuming that the input quantities are independent, is given by (6):

where: $u(I_{ML}) = 0$ and $u(e_{INDm})$ is given by [1] - equations (7,8,9).

It was assumed that in relations (5) and (6) the corrections take the form of an addend rather than a factor.

3.1.2 The use of measuring instruments subject to legal metrological control case

The

meaurement

result

$E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$, , nu este cunoscut la momentul utilizării ML. Totuși, se cunoaște altceva, adică: (i1) Dacă la verificarea metrologică s-a aplicat principiul „SR”, atunci se știe că e_{INDm} se poate afla oriunde în intervalul $C \square CR$, adică $e_{INDm} \in C \square CR$ (figura 2-(j)). Dacă e_{INDm} se află în intervalele extreme CR , apropiindu-se de limitele extreme EMT sau EMT_+ , atunci din ce în ce mai puține valori aparținând rezultatului măsurării rămân în interiorul intervalului $\pm EMT$ și din ce în ce mai multe trec în afara acestui interval în vecinătatea limitelor.

Se consideră cazul particular în care incertitudinea extinsă $U = k \cdot u(e_{INDm}) = U_{Tsr}$ unde, $k = 2$ pentru o distribuție normală și $U_{Tsr} = (1/3) \cdot EMT$.

(i2) Dacă la verificarea metrologică s-a aplicat principiul „GB”, atunci se știe că e_{INDm} se poate afla oriunde în intervalul de conformanță C (figura 2 - (k)), că în acest interval probabilitatea ca valorile rezultatului măsurării erorii de indicație să se afle în intervalul $\pm EMT$ este menținută înaltă, (de ex. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$). Raționamentul de la (i1) rămâne valabil și în acest caz cu condiția înlocuirii limitelor EMT și EMT_+ cu extremele intervalului C .

În aceste cazuri, se consideră $e_{INDm} = 0$ în relația (5) iar în relația (6) se renunță la termenul $u(e_{INDm})$ și se reconsideră incertitudinea standard $u(I_{ML})$ după cum se arată în continuare.

Cazul (i1)

$u(I_{ML})$ se consideră abaterea standard a unei distribuții trapezoidale ilustrate în figura 4 prin graficul $FDP_{I_{ML}SR}$ al funcției densitate de probabilitate și este dată de relația $u^2(I_{ML}) = a^2 \cdot (1 + \beta^2) / 6$ (GUM, 4.3.9), unde $\beta = b/a = (EMT - U_{Tsr}) / (EMT + U_{Tsr}) = 0,5$. Deci $u(I_{ML}) = 0,609 \cdot EMT$.

Cazul (i2)

$u(I_{ML})$ se consideră abaterea standard a unei distribuții trapezoidale ilustrate în figura 4 prin graficul $FDP_{I_{ML}GB}$ al funcției densitate de probabilitate. Pentru $\beta = b'/a' = (EMT - 2 \cdot U) / EMT = 1/3$. Deci $u(I_{ML}) = 0,430 \cdot EMT$.

$E_{IND} \Leftrightarrow [e_{INDm}, u(e_{INDm}), FDP_{EI}]$ obtained at the moment of the metrological verification is not known when the ML is used. However, something else is known: (i1) If at the metrological verification the "SR" principle was applied, then it is known that e_{INDm} might be anywhere within the $C \square CR$ interval, i.e. $e_{INDm} \in C \square CR$ (Figure 2 - (j)). If e_{INDm} is within the extreme intervals CR , approaching the extreme limits EMT or EMT_+ , then increasingly fewer values belonging to the measurement result remain within the interval $\pm EMT$ and more go outside this interval within the limits vicinity.

We consider the specific case where the expanded uncertainty $U = k \cdot u(e_{INDm}) = U_{Tsr}$ where $k = 2$ for a normal distribution and $U_{Tsr} = (1/3) \cdot EMT$.

(i2) If at the metrological verification the "GB" principle was applied, then it is known that e_{INDm} might be anywhere within the conformance interval C (Figure 2 - (k)), that within this interval the probability that the values of the error of indication result of measurement to be within the interval $\pm EMT$ is kept high, (e.g. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$). The reasoning from (i1) remains valid also in this case provided replacement the limits EMT and EMT_+ with the extreme values of the interval C .

In these cases, we consider $e_{INDm} = 0$ in (5), we drop the term $u(e_{INDm})$ in (6) and we consider the standard uncertainty $u(I_{ML})$ as shown below.

Case (i1)

$u(I_{ML})$ is considered the standard deviation of a trapezoidal distribution illustrated in Figure 4 by the chart $FDP_{I_{ML}SR}$ of the probability density function and is given by $u^2(I_{ML}) = a^2 \cdot (1 + \beta^2) / 6$ (GUM, 4.3.9), where $\beta = b/a = (EMT - U_{Tsr}) / (EMT + U_{Tsr}) = 0,5$. So $u(I_{ML}) = 0,609 \cdot EMT$.

Case (i2)

$u(I_{ML})$ is considered the standard deviation of a trapezoidal distribution illustrated in Figure 4 by the chart $FDP_{I_{ML}GB}$ of the probability density function. For $\beta = b'/a' = (EMT - 2 \cdot U) / EMT = 1/3$. So $u(I_{ML}) = 0,430 \cdot EMT$.

Dacă presupunem că, aplicând relațiile (4), (5) și (6) - obținem o distribuție normală, atunci valorile minime ale incertitudinii standard și a celei extinse (pentru $k=2$) asociate valorii măsurate vor fi:

- pentru cazul (i1): $u(y_{MLm}) = 0,609 \cdot EMT$
și $U = 1,22 \cdot EMT$ (7)

- pentru cazul (i2): $u(y_{MLm}) = 0,430 \cdot EMT$
și $U = 0,860 \cdot EMT$ (8)

Chiar dacă cele două cazuri, (i1) și (i2), conduc la incertitudini extinse sensibil diferite, așa cum arată relațiile (7) și (8), totuși în lucrarea [7] se recomandă utilizarea unei distribuții dreptunghiulare (GUM, 4.4.5) pentru ambele cazuri, adică:

$$u(I_{ML}) = EMT / \sqrt{3} = 0,577 \cdot EMT \quad (9)$$

soluție care îndepărtează, aparent în mod nejustificat, valoarea incertitudinii standard față de valoarea de la (i2) - valoarea din (9) s-a îndepărtat de cea din (8) cu 34%.

În cazul particular al unui cinemometru care se intenționează a se utiliza la măsurarea măsurandului VEH (viteza autovehiculelor care se deplasează pe drumurile publice), $V_{CIN} \Leftrightarrow [v_{CINm}, u(v_{CINm}), FDP_{VCIN}]$ este rezultatul măsurării iar veh_{AV} este valoarea adevărată „în esență unică” a măsurandului.

If we suppose that, applying relations (4) (5) and (6) we obtain a normal distribution, then the minimum values of the standard and expanded uncertainty (for $k = 2$) associated with the measured value will be:

- case (i1): $u(y_{MLm}) = 0,609 \cdot EMT$ and $U = 1,22 \cdot EMT$ (7)

- case (i2): $u(y_{MLm}) = 0,430 \cdot EMT$ and $U = 0,860 \cdot EMT$ (8)

Even if the two cases (i1) and (i2), lead to extended uncertainties significantly different, as shown by equations (7) and (8), however in reference [7] is recommended to use a rectangular distribution (GUM, 4.4.5) for both cases, namely:

$$u(I_{ML}) = EMT / \sqrt{3} = 0,577 \cdot EMT \quad (9)$$

solution that carry away, apparently wrongly, the standard uncertainty from the value of (i2) – the value from (9) moved away from (8) by 34%.

In the particular case of a cinemometer intended to be used to measure the measurand VEH (the speed of motor vehicles traveling on public roads), $V_{CIN} \Leftrightarrow [v_{CINm}, u(v_{CINm}), FDP_{VCIN}]$ is the result of the measurement and veh_{AV} is the true value "essentially unique" of the measurand.

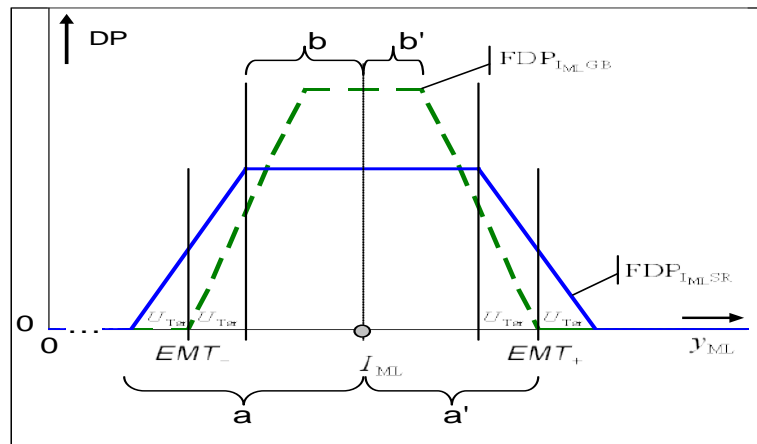


Fig. 4: Reprezentarea grafică a densității de probabilitate cu care un ML contribuie la rezultatul măsurării
Fig. 4: Graphical representation of the probability density contribution of a ML to the measurement result Y_{ML}

3.2 Utilizarea rezultatului măsurării la decizii în aplicarea unor prevederi legale (cazul cinemometrului)

Relațiile (9) și (10) permit utilizarea rezultatului măsurării $V_{CIN} \Leftrightarrow [v_{CINm}, u(v_{CINm}), FDP_{VCIN}]$, atunci când măsurandul este VEH , la determinarea probabilităților și riscurilor privind deciziile de conformitate relativ la limita

3.2 Utilization of the measurement result in law enforcement decisions (cinemometer case)

Relationship (9) and (10) allow the use of the measurement result $V_{CIN} \Leftrightarrow [v_{CINm}, u(v_{CINm}), FDP_{VCIN}]$ of the measurand VEH in determining the probabilities and risks on conformity decisions relativ to the limit

specificată, dată de valoarea extremă $VLIM$ a valorilor măsurandului, ilustrată în figura 5.

$$P_{VLIM}(v_{CINm}) = G_{V_{CIN}}(VLIM) = \Pr(V_{CIN} < VLIM) = \int_{-\infty}^{VLIM} g_{V_{CIN}}(v_{CIN}) dv_{CIN} \quad (11)$$

$$= \int_{-\infty}^{VLIM} \frac{1}{u(v_{CINm}) \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{v_{CIN} - v_{CINm}}{u(v_{CINm})} \right]^2} dv_{CIN}$$

$$r_{VLIM}(v_{CINm}) = 1 - p_{VLIM}(v_{CINm}) \quad (12)$$

în care: $G_{V_{CIN}}$, $g_{V_{CIN}}$ sunt funcțiile de distribuție, respectiv densitate de probabilitate;

$p_{VLIM}(v_{CINm})$ este **probabilitatea ca valorile** variabilei aleatoare V_{CIN} să se situeze sub $VLIM$.

$r_{VLIM}(v_{CINm})$ este **probabilitatea ca valorile** variabilei aleatoare V_{CIN} să se situeze peste $VLIM$.

$p_{\pm z \cdot u}$ și $p_{\pm U}$ au semnificația similară cu cea de la pct. 2.2 și se pot obține cu ajutorul relației (3) numai după inserarea elementelor rezultatului măsurării V_{CIN} în locul elementelor aparținând E_{IND} . Pentru o distribuție normală și $k=2$, avem $p_{\pm U} = 0,95450$, iar $p_{\pm u} = 0,68269$.

În figura 5, de la (a) la (f) sunt ilustrate 6 rezultate ale măsurării ca cel din figura 3 adaptat la cazul particular al cinemometrului, care se deosebesc numai prin valoarea măsurată. Valorile măsurate se situează sub limita specificată $VLIM$ (abcisele (e) și (f)), peste aceasta limită (abcisele (a), (b), și (c)) sau pe valoarea limită (abcisa (d)), iar rezultatele măsurărilor se intersectează cu limita specificată $VLIM$ în 4 cazuri (abcisele de la (b) la (e)) și nu se intersectează în celelalte 2 cazuri.

Mobilitatea valorii măsurate v_{CINm} din cele 6 abcise este reprezentată unitar pe abcisa (i) unde graficele semnifică probabilități și riscuri, așa cum vor fi prezentate în continuare.

Curbele 1 și 2 din figura 5-(i) ilustrează parametrii $p_{VLIM}(v_{CINm})$, respectiv $r_{VLIM}(v_{CINm})$ pentru incertitudinea extinsă U din rezultatele măsurării ilustrate la abcisele de la (a) la (f); valoarea minimă a lui U este dată de relațiile (7) sau (8). Curbele 3 și 4 ilustrează probabilitatea $p_{\pm U}$, respectiv $p_{\pm u}$.

Principiul „SR” de luare a deciziei de conformitate este ilustrat în figura 2-(g). Principiul „GB” de luare a deciziei de conformitate sub cele două forme, „GBa” și „GBb”, este ilustrat în figura 2-(h); „GBa” se poate aplica atunci când, interesele comunității ca traficul să fie sigur, primează în dauna celor

given by the extreme value $VLIM$ of the measurand values illustrated in Figure 5.

where: $G_{V_{CIN}}$, $g_{V_{CIN}}$ are distribution, respectively probability density functions;

$p_{VLIM}(v_{CINm})$ is the **probability** that values of the random variable V_{CIN} to fall below $VLIM$.

$r_{VLIM}(v_{CINm})$ is the **probability** that values of the random variable V_{CIN} to fall above $VLIM$.

$p_{\pm z \cdot u}$ și $p_{\pm U}$ have similar significance to that in section 2.2 and can be obtained from the relationship (3) only after insertion of elements of the measurement result V_{CIN} instead of the elements belonging to E_{IND} . For a normal distribution and $k = 2$, we have $p_{\pm U} = 0,95450$ and $p_{\pm u} = 0,68269$.

In Figure 5, from (a) to (f) are illustrated six measurement results as in Figure 3 adapted to the particular case of cinemometer, that differ only by the measured value. The measured values are below the specified limit $VLIM$ (abscissa (e) and (f)), over this limit (abscissa (a), (b) and (c)) or on the limit value (abscissa (d)), and the measurement results intersect the specified limit $VLIM$ in 4 cases (abscissa from (b) to (e)) and do not intersect in the other two cases.

The mobility of the measured value v_{CINm} in these 6 abscissa is represented unitarily on the abscissa (i) where the graphics mean probabilities and risks as they will be presented below.

Curves 1 and 2 in Figure 5 - (i) illustrates the parameters $p_{VLIM}(v_{CINm})$, and $r_{VLIM}(v_{CINm})$ for the expanded uncertainty U in the measurement results illustrated on the abscissa from (a) to (f); the minimum value of U is given by equations (7) or (8). Curves 3 and 4 illustrate the probability $p_{\pm U}$, respectively $p_{\pm u}$.

The "SR" principle of making a conformity decision is illustrated in Figure 2 - (g). The "GB" principle of making a conformity decision under two forms, "GBa" and "GBb", is illustrated in Figure 2 - (h); „GBa” may be applied when the interests of the community for

ale șoferului iar „GBb” se aplică atunci când primează interesele șoferului, care riscă să fie sancționat în caz de neconformare. Aceste principii nu sunt exhaustive, sunt descrise prin extrapolarea celor similare prezentate la cap. 2 în legătură cu decizia de conformitate referitoare la mijloacele de măsurare și ar trebui să fie descrise în documentele pe care trebuie să le respecte utilizatorul în timpul exploatarei ML.

Intervalele de conformitate ilustrate în figura 5 - (g) și (h) sunt: **C** - interval de conformare, **NC** - interval de neconformare, **CR/NCR** - interval de conformare/neconformare cu risc distribuit.

Conformarea înseamnă decizia „conform”/”admis” referitoare la măsurandul *VEH* luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a acestuia se află sub limita specificată de lege *VLIM*, astfel:

- cu probabilități foarte mari (de ex. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$) pentru principiile „SR” și „GBa”; figura 5-(g) și (h);

- cu probabilități mici în apropierea limitei (de ex. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$) pentru principiul „GBb”; figura 5 - (h).

Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, v_{CINm} se încadrează în semiintervalul de conformare **C**.

Neconformarea înseamnă decizia „neconform”/”respins” referitoare la măsurandul *VEH* și eventual aplicare de sancțiune, luată pe baza faptului că se crede că valoarea adevărată a măsurandului se află peste limita specificată de lege *VLIM*, astfel:

- cu probabilități foarte mari (de ex. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$) pentru principiile „SR” și „GBb”; figura 5-(g) și (h);

- cu probabilități mici în apropierea limitei (de ex. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$) pentru principiul „GBa”; figura 5 - (h).

Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, v_{CINm} se încadrează în semiintervalul de neconformare **NC**.

Conformarea cu risc distribuit înseamnă decizia „conform”/”admis” referitoare la măsurandul *VEH* luată pe baza faptului că, se crede că valoarea adevărată a acestuia se află sub limita specificată de lege *VLIM*, cu probabilități mai mari decât 0,5. Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, se încadreze în intervalul **CR**.

Neconformarea cu risc distribuit înseamnă decizia „neconform”/”respins” referitoare la măsurandul *VEH* și, eventual o aplicare de sancțiune, luată pe baza faptului că se crede că

a safe traffic are more important than the expense of the driver and "GBb" applies when the driver's interests prevail and driver risk to be penalized in case of non-conformance. These principles are not exhaustive, they are described by extrapolating the similar ones presented in chapter 2 in conjunction with the conformity decision on the measuring instruments and should be described in the documents that must comply with the user during operation of ML.

Conformity intervals illustrated in Figure 5 - (g) and (h) are: **C** - conformance interval, **NC** - non-conformance interval, **CR/NCR** - conformance/non-conformance with distributed risk interval.

Conformance means the decision as "conform"/"admitted" on the measurand *VEH* taken on the basis that it is believed that its true value is below the limit specified by law *VLIM*, as follows:

- with very high probability (e.g. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$) for the "SR" and "GBa" principles; Figure 5 – (g) and (h);

- with low probability near threshold (e.g. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$) for the "GBb" principle; Figure 5 - (h).

This implies that the measured value, whatever it is, v_{CINm} is within the conformance interval **C**.

Non-conformance means the decision as "not-conform"/"rejected" on the measurand *VEH* and possibly sanctions taken on the basis that it is believed that the true value of the measurand is above the limit specified by law *VLIM* as follows:

- with very high probability (e.g. $> 0,5 \cdot (1 + p_{\pm U})$) for the „SR” and „GBb” principles; Figure 5-(g) and (h);

- with low probability near threshold (e.g. $> 0,5 \cdot (1 - p_{\pm U})$) for the „GBa” principle; Figure 5 – (h).

This implies that the measured value, whatever it is, v_{CINm} is within the **NC** interval.

Conformance with distributed risk is the decision as "conform"/"admitted" on the measurand *VEH* taken on the basis that it is believed that its true value is below the limit specified by law *VLIM* with probabilities greater than 0,5. This implies that the measured value, whatever it is, is within the the **CR** interval.

Non-conformance with distributed risk is the decision as "not-conform"/"rejected" on the measurand *VEH* and possibly sanctions taken on the basis that it is believed that the

valoarea adevărată a măsurandului se află peste limita specificată de lege *VLIM*, cu probabilități mai mari decât 0,5. Aceasta presupune că valoarea măsurată, oricare ar fi ea, se încadrează în intervalul *NCR*.

true value of the measurand is above the limit specified by law *VLIM*, with probability greater than 0,5. This implies that the measured value, whatever it is, is within the *NCR* interval.

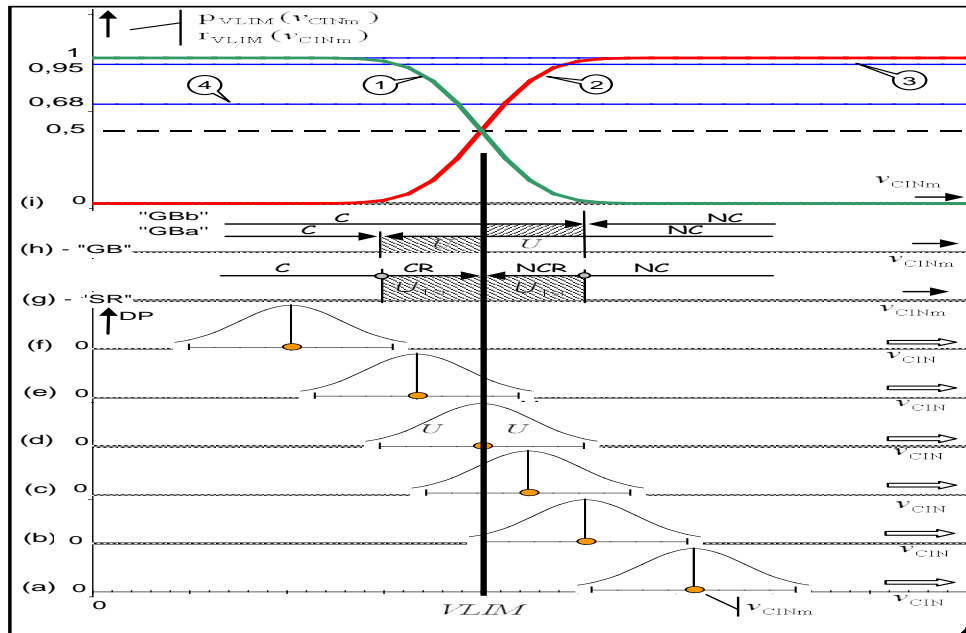


Fig. 5: Reprezentarea grafică a mai multor rezultate ale măsurării măsurandului *VEH* (viteza de deplasare pe un drum public) obținute cu un cinemometru, care se deosebesc prin amplasarea pe abscisă a valorii măsurate relativ la limita specificată *VLIM*: de la (a) la (g); probabilități și riscuri privind deciziile de conformitate referitoare la măsurand relativ la limita specificată: (i); principiile „SR” (risc distribuit) și „GB” (bandă de siguranță) de luare a deciziei de conformitate: (g) respectiv (h)

Fig. 5: Graphical representation of several measurement results of *HEV* measurand (the speed of travel on a public road) obtained with a cinemometer that differ by location on the abscissa of the measured value relative to the specified limit *VLIM*: from (a) to (g); probabilities and risks of compliance decisions on the measurand relative to the specified limit: (i) the principles of “SR” (shared risk) and “GB” (safety belt) for making the compliance decision (g) respectively (h)

Elementele ilustrate în figura 5 sunt prezentate sub formă numerică în tabelul 2. Valorile riscurilor de la coloanele 4 – 9 sunt valabile pentru valorile măsurate ale vitezei prezentate în coloana 1 în funcție de *VLIM* și $u \equiv u(v_{CINm})$. Tabelul 3 este o particularizare a tabelului 2 pentru cazul prezentat la pct. 3.1 - (i1) și (i2) și în relațiile (7) și (8) aplicat unui cinemometru care funcționează în regim staționar la care $EMT = 3$ km/h [11].

Din coloana 8 se poate observa că, principiul „GBb” permite autorităților să fie aproape sigure când aplică eventuale sancțiuni, riscul de a greși fiind sub 2,3%, dar acestea trebuie să accepte, fără a lua decizii de neconformare, valori măsurate ale vitezei ce depășesc *VLIM* cu până la 3,7 km/h pentru cazul particular din tabelul 3. Totuși, pentru a menține acest risc scăzut, autoritățile ar trebui să accepte valori măsurate ale vitezei ce depășesc *VLIM* și cu mai mult de 3,7 km/h, având în vedere faptul că valorile estimate ale $u(v_{CINm})$ pentru cazurile din tabelul 3 nu acoperă toate sursele de incertitudine și că există specificate și limite *EMT* mai mari de 3

The elements illustrated in Figure 5 are presented in numerical form in Table 2. The risk values in columns 4 – 9 are valid for measured values of speed presented in column 1 based on *VLIM* and $u \equiv u(v_{CINm})$. Table 3 is a customization of table 2 for the cases presented in section 3.1 - (i1) and (i2) and in relations (7) and (8) applied to a stationary cinemometer where $EMT = 3$ km/h [11].

In column 8 we can see that the “GBb” principle allows the authorities to be almost safe when they apply sanctions, the risk of making mistakes being under 2,3%, but they must accept, without taking non-conformance decisions, measured values of the speed exceeding *VLIM* with up to 3,7 km/h for the particular case in Table 3. However, to keep this low risk, the authorities should accept the measured speed values exceeding *VLIM* also more than 3,7 km/h, given the fact that the estimated values of $u(v_{CINm})$ for the cases in Table 3 do not cover all uncertainty sources and that there are specified limits *EMT*

km/h (pentru cinemometre care funcționează în regim de deplasare) [11].

greater than 3 km/h (for non-stationary cinemometers) [11].

Tabelul 2
Table 2

v_{CINm}	P_{VLIM}	r_{VLIM}	Riscul ca decizia de conformare/ conformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the conformance/conformance with distributed risk decision to be incorrect</i>			Riscul ca decizia de neconformare /neconformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the non-conformance/non-conformance with distributed risk decision to be incorrect</i>		
			$r_{VLIM} = 1 - P_{VLIM}$			P_{VLIM}		
			“GBa”	“GBb”	“SR”	“GBa”	“GBb”	“SR”
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$VLIM - u \times 4$	0,99997	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	NA	NA	NA
$VLIM - u \times 3$	0,99865	0,00135	0,00135	0,00135	0,00135	NA	NA	NA
$VLIM - u \times 2$	0,97725	0,02275	0,02275	0,02275	0,02275	0,97725	NA	NA
$VLIM - u \times 1$	0,84134	0,15866	NA	0,15866	0,15866	0,84134	NA	NA
$VLIM - u \times 0,5$	0,69146	0,30854	NA	0,30854	0,30854	0,69146	NA	NA
$VLIM$	0,5	0,5	NA	0,5	0,5	0,5	NA	0,5
$VLIM + u \times 0,5$	0,30854	0,69146	NA	0,69146	NA	0,30854	NA	0,30854
$VLIM + u \times 1$	0,15866	0,84134	NA	0,84134	NA	0,15866	NA	0,15866
$VLIM + u \times 2$	0,02275	0,97725	NA	0,97725	NA	0,02275	0,02275	0,02275
$VLIM + u \times 3$	0,00135	0,99865	NA	NA	NA	0,00135	0,00135	0,00135
$VLIM + u \times 4$	0,00003	0,99997	NA	NA	NA	0,00003	0,00003	0,00003

Notă: $u \equiv u(v_{CINm})$; $r_{VLIM} \equiv r_{VLIM}(v_{CINm})$; $P_{VLIM} \equiv P_{VLIM}(v_{CINm})$; $P_{\pm EMT} \equiv P_{\pm EMT}(e_{INDm})$; „NA” din celulele hașurate arată că decizia la care se referă riscul nu se aplică pentru valoarea v_{CINm} corespunzătoare din coloana 1.

Note: $u \equiv u(v_{CINm})$; $r_{VLIM} \equiv r_{VLIM}(v_{CINm})$; $P_{VLIM} \equiv P_{VLIM}(v_{CINm})$; $P_{\pm EMT} \equiv P_{\pm EMT}(e_{INDm})$; „NA” in the sloping hatch cells shows that the decision referred to the risk does not apply to the corresponding measured value v_{CINm} of column 1.

Tabelul 3
Table 3

VLIM = 100 km/h		v_{CINm} km/h	P_{VLIM}	Riscul ca decizia de conformare /conformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the conformance/conformance with distributed risk decision to be incorrect</i>			Riscul ca decizia de neconformare /neconformare cu risc distribuit să fie greșită <i>The risk that the non-conformance/non-conformance with distributed risk decision to be incorrect</i>		
				$r_{VLIM} = 1 - P_{VLIM}$			P_{VLIM}		
				“GBa”	“GBb”	“SR”	“GBa”	“GBb”	“SR”
01	02	1	2	4	5	6	7	8	9
<i>EMT = 3 km/h – cinemometru staționar, [10], $u(e_{INDm}) = 1/6 \cdot EMT, k = 2$, distribuție normală</i>	<i>$u(v_{CINm}) = 1,83$ km/h $U = 3,66$ km/h Cazul (i1), pct. 3.1, relația (7)</i>	96	0,98558	0,01442	0,01442	0,01442	NA	NA	NA
		98	0,86278	NA	0,13722	0,13722	0,86278	NA	NA
		100	0,50000	NA	0,50000	0,50000	0,50000	NA	0,50000
		101	0,29238	NA	0,70762	NA	0,29238	NA	0,29238
		102	0,13722	NA	0,86278	NA	0,13722	NA	0,13722
		103	0,05057	NA	0,94943	NA	0,05057	NA	0,05057
		104	0,01442	NA	NA	NA	0,01442	0,01442	0,01442
	<i>$u(v_{CINm}) = 1,29$ km/h $U = 2,58$ km/h Cazul (i2), pct. 3.1, relația (8)</i>	96	0,99903	0,00097	0,00097	0,00097	NA	NA	NA
		98	0,93948	NA	0,06052	0,06052	0,93948	NA	NA
		100	0,50000	NA	0,50000	0,50000	0,50000	NA	0,50000
		101	0,21911	NA	0,78089	NA	0,21911	NA	0,21911
		102	0,06052	NA	0,93948	NA	0,06052	NA	0,06052
		103	0,01002	NA	NA	NA	0,01002	0,01002	0,01002
		104	0,00097	NA	NA	NA	0,00097	0,00097	0,00097

Legea circulației din România prevede sancțiuni pentru $v_{CINm} > VLIM + 10$ km/h, sancțiunile fiind diferențiate în funcție de nivelul de depășire a limitei legale, atunci când v_{CINm} este „... constatată, potrivit legii, cu mijloace tehnice omologate și verificate metrologic” iar pentru $VLIM < v_{CINm} < VLIM + 10$ km/h nu prevede sancțiuni.

Raționamentul de la acest paragraf se poate aplica și în alte cazuri de punere în aplicare a unor prevederi legale similare cu cel al legii circulației [12]. Se impun limite $YLIM$ valorilor măsuranzilor, rezultatelor măsurărilor sau valorilor măsurate ale măsuranzilor Y în domenii precum cele care privesc congelarea produselor alimentare, calitatea apei, aerului și solului, poluarea fonică. Dacă, în unele din aceste cazuri, mijloacele de măsurare nu fac parte din categoria celor ce se supun controlului metrologic legal, atunci: (a) - limite de tipul EMT . și EMT_+ pot fi cerute de standarde voluntare agreeate autoritățile responsabile, caz în care rezultatul măsurării se obține aplicând

The road traffic law in Romania [12] provides sanctions for $v_{CINm} > VLIM + 10$ km/h, sanctions are differentiated regarding the level of exceeding the legal limit, when v_{CINm} is "... found by law, with technical means metrologically approved and verified" and for $VLIM < v_{CINm} < VLIM + 10$ km/h provides no penalties.

The reasoning of this paragraph may be applied in other similar law enforcement cases. They impose $YLIM$ limits to the Y measurands values, to the measurement results or to the measured values of Y in areas such as those concerning frozen food, clean water, air and soil pollution, noise pollution. If in some of these cases, the measuring instruments are not subject to legal metrological control, then: (a) - limits as EMT . and EMT_+ may be required by the voluntary standards agreed by responsible authorities, case in which the measurement result is obtained by applying the provisions

prevederile de la 3.1.2; (b) - dacă mijloacele de măsurare sunt numai etalonate, rezultatul măsurării se obține aplicând prevederile de la 3.1.1.

3.3 Eroare maximă tolerată în utilizare (EMTU) sau incertitudine maximă tolerată în utilizare (UMTU)

Unele reglementări [13,14,15] prevăd valori extreme ale erorilor de măsurare ale ML aflat în utilizare, date sub forma erorii maxime tolerate în utilizare ($\pm EMTU$) care, de regulă, este dublă față de eroarea maximă tolerată specifică mijloacelor de măsurare noi și aplicabilă la verificările metrologice inițiale și periodice (EMT). Modurile în care se poate utiliza $EMTU$ sunt, în principal, cele arătate mai jos.

(a1) Aplicarea $EMTU$ la orice încercare ulterioară verificărilor metrologice (cu condiția să nu se efectueze ajustări sau reparări de la ultima verificare metrologică) [8], cum ar fi încercările efectuate în cadrul inspecțiilor și testărilor inopinate sau activităților de supraveghere metrologică a utilizării [13].

(a2) Utilizarea $EMTU$ ca un parametru cu relevanță legală pentru utilizatorul ML [5,6]. Sensul acestei utilizări este dat de faptul că un ML pentru care, la verificarea metrologică, rezultatele măsurării erorii de indicație îndeplinesc cerința de încadrare în intervalul $\pm EMT$, prezintă o mare probabilitate ca, în condiții normale de utilizare, să furnizeze indicații care permit obținerea de rezultate ale măsurării, astfel încât eroarea de indicație să se situeze în intervalul $\pm EMTU$.

În cazul (a1), ML se compară cu un etalon realizându-se o măsurare a erorii de indicație în urma căreia se obține un rezultat al măsurării ca cel prezentat la 2.1 și sunt valabile raționamentele de la 2.2 referitoare la determinarea probabilităților și riscurilor privind deciziile de conformitate, dar luând în considerare valorile extreme $EMTU$ și $EMTU_+$ în loc de EMT și EMT_+ .

În cazul (a2), ML nu se mai compară cu un etalon pentru că, în timpul utilizării, măsurandul nu mai este eroarea de indicație E_I , adică scopul măsurării nu mai este acela de a obține un rezultat al măsurării lui E_{IND} sau o eroare de măsurare. Scopul măsurării măsurandului Y este de a obține un rezultat al măsurării $Y_{ML} \Leftrightarrow [y_{MLm}, u(y_{MLm}), FDP_{YML}]$ care cuprinde și cea mai bună estimatie a valorii adevărate y_{AV} a măsurandului dată de valoarea măsurată. În acest caz, eroarea de măsurare, chiar dacă ea există, fiind necunoscută, se considera nulă iar

from 3.1.2; (b) - if the measurement instruments are only calibrated, the measurement result is obtained by applying the provisions from 3.1.1.

3.3 The maximum permissible error in service (EMTU) or maximum permissible uncertainty in service (UMTU)

Some regulation [13,14,15] provide extreme values of the measurement errors of ML in use, given in the form of maximum permissible error in use ($\pm EMTU$), which usually is twice the maximum permissible error specific to new measuring instruments and applicable to the initial and periodic metrological verifications (EMT). The ways in which we can use $EMTU$ are mainly those shown below.

(a1) The application of $EMTU$ at any further test after metrological verification (provided that adjustments or repairs since last metrological verification are not done) [8], such as tests carried out during unannounced inspections and tests or during metrological surveillance of use [13].

(a2) The use of $EMTU$ as a parameter with legal relevance for the user of the ML [5,6]. The meaning of this use is the fact that a ML for which, at the metrological verification, results of measurement after error of indication measurement meet the requirement to lie within interval $\pm EMT$, have a high probability that, in normal usage conditions, to provide indications that will produce results of measurement so that the error of indication to be within the range $\pm EMTU$.

In case (a1), ML is compared with a measurement standard, a measurement of error of indication is performed after which the measurement result is obtained as the one presented in 2.1 and provisions of 2.2 related to determine probabilities and risks on conformity decisions are valid but taking into account their extreme values $EMTU$ and $EMTU_+$ instead of EMT and EMT_+ .

In case (a2), a ML is no longer compared with a measurement standard because, in use, the measurand is no more the error of indication E_I , i.e. the measurement goal is no more to get a measurement result E_{IND} or a measurement error. The goal of the measurand Y measurement is to obtain a measurement result $Y_{ML} \Leftrightarrow [y_{MLm}, u(y_{MLm}), FDP_{YML}]$ which includes also the best estimate of the true value y_{AV} of the measurand given by the measured value. In this case, the measurement error, even if it exists, is unknown and is considered null

nivelul de încredere în rezultatul măsurării este dat de celelalte elemente ale sale, $u(y_{MLm})$ prin incertitudinea extinsă $U = k \cdot u(y_{MLm})$ și FDP_{YML} , estimate conform 3.1.2. Acest fapt ar trebui să conducă la soluția adecvată de a se impune limite extreme incertitudinii extinse ($UMTU_{-}$ și $UMTU_{+}$), ca parametru care se determină, în loc de impunerea unor restricții ($EMTU_{-}$ și $EMTU_{+}$) unui parametru care nu face obiectul măsurării.

4. CONCLUZII ȘI COMENTARII

Prezenta lucrare poate fi considerată ca suport pentru îmbunătățirea prevederilor reglementărilor referitoare la:

- cerințele metrologice pentru mijloacele de măsurare utilizate la măsurări din domenii de interes public și supuse controlului metrologic legal,

- cerințele pe care trebuie să le satisfacă laboratoarele care efectuează încercări și verificări metrologice ale acestor mijloace de măsurare, precum și pentru îmbunătățirea sau elaborarea metodelor și procedurilor de măsurare, în domenii de interes public, de către utilizatorii mijloacelor de măsurare declarate admise la controlul metrologic legal.

În metrologia legală este nevoie de incertitudinea de măsurare, alături de celelalte elemente ale rezultatului măsurării, în stabilirea nivelului de încredere/riscului privind deciziile de conformitate.

Diferența de semnificație dintre cele două principii utilizate la luarea deciziei de conformitate la evaluarea conformității unui ML ilustrate în figura 2 conduce la diferența dintre rezultatele măsurării obținute cu acel ML în etapa de utilizare, așa cum se arată la 3.1. Această diferență din urmă are consecințe asupra deciziei de conformitate a măsurandului cu limite specificate impuse acestuia prin reglementări.

Față de lucrarea [16] care tratează unele subiecte comune cu cele de mai sus, în prezenta lucrare se detaliază sau se particularizează unele dintre aceste subiecte, iar abordarea este una bazată pe evoluția recentă a conceptelor legate de măsurare [2] și pe „eroarea de indicație” văzută ca *mărime* și nu ca *valoare* așa cum sunt tratate erorile în VIM3.

Raționamentele de la capitolele 2 și 3 construite pe ipoteza distribuțiilor normale (Gauss) pot fi aplicate și altor tipuri de distribuții.

and the confidence level in the measurement result is given by its other elements, $u(y_{MLm})$ through the expanded uncertainty $U = k \cdot u(y_{MLm})$ and FDP_{YML} , estimated according to 3.1.2. This should lead to the appropriate solution to impose extreme limits to the expanded uncertainty ($UMTU_{-}$ and $UMTU_{+}$) as a parameter to be determined, instead of imposing restrictions ($EMTU_{-}$ and $EMTU_{+}$) to a parameter that is not subject to measurement.

4. CONCLUSIONS AND COMMENTS

This paper can be considered as support for improvement of regulated provisions relating to:

- the metrological requirements for measuring instruments used for measuring tasks for reasons of public interest and subject to legal metrological control,

- requirements to be met by laboratories performing testing and metrological verification of such measuring instruments, and also for development and for improvement of measurement methods and procedures in areas of public interest, by the users of measuring instruments declared admitted to legal metrological control.

In legal metrology measurement uncertainty is needed, along with other elements of the measurement result, to determine the level of confidence/risk on conformity decisions.

The difference in meaning between the two principles used in making conformity decision at the conformity evaluation of a ML [7] illustrated in Figure 2 leads to the difference between the measurement results obtained with the ML during its operation, as shown in 3.1. This latter difference has consequences for the conformity of the measurand accordance with its specified limits required by regulations decision.

Compared to the reference [16] which addresses some common issues with the above, this paper detailing or customize some of these issues and the approach is one based on the recent evolution of the concepts of measurement [2] and on the *error of indication* seen as *quantity* and not as *value* as VIM3 treats errors.

The ideas presented in chapter. 2 and 3 constructed on the assumption of normal distribution (Gauss) can be applied to other types of distributions.

BIBLIOGRAFIE

- [1] D. Dinu, M. D. Neagu, C. Dinu, *Considerații privind conceptul „eroare de indicație”*, Metrologie, Vol. LVI nr. 3/2010, 5-16
- [2] JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, Ediția a 3-a (VIM3), Joint Committee for Guides in Metrology- Working Group 2 (JCGM/WG 2), 2008
- [3] ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 (E), *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*, (GUM), ISO/IEC, 2008
- [4] SR Ghid ISO/CEI 98-3, *Incertitudine de măsurare - Partea 3: Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare (GUM: 1995)*, (GUM), ASRO, 2010
- [5] K.-D. Sommer, Chappell S. E., Kochsiek M., *Calibration and verification: Two procedures having comparable objectives and results*, OIML Bulletin, 2001, 1, 5-12
- [6] W. Schulz, K.-D. Sommer, *Uncertainty of measurement and error limits in legal metrology*, OIML Bulletin, 1999, 4, 5-15
- [7] OIML/TC3/SC5/N1, *The role of measurement uncertainty in conformity assessment decision in legal metrology*, OIML TC3/SC5, 2009
- [8] WELMEC 4.2, *Elements for deciding the appropriate level of confidence in regulated measurements. (Accuracy classes, MPE in-service, nonconformity, principles of uncertainty)*, WELMEC, Issue 1, 2006
- [9] O.G. 20/1992 privind *activitatea de metrologie*, cu modificările și completările ulterioare, inclusiv cu cele aduse prin O.G. 23/2010
- [10] Directiva 2004/22/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind *mijloacele de măsurare*, (MID)
- [11] NML 021-05, *Aparate pentru măsurarea vitezei de circulație a autovehiculelor (cinemometre)*, BRML, 2005, 2007, 2009
- [12] OUG 195/2002 privind *circulația pe drumurile publice*, cu modificările și completările ulterioare, inclusiv cu cele aduse prin Legea 49/2006 și OUG 63/2006
- [13] NML 001-05, *Cerințe metrologice și tehnice comune mijloacelor de măsurare supuse controlului metrologic legal*, BRML, 2005
- [14] OIML R 75-1, *Heat meters Part 1: General requirements*, OIML, 2002
- [15] OIML R 137-1, *Gas meters Part 1:*

BIBLIOGRAPHY

- [1] D. Dinu, M. D. Neagu, C. Dinu, *Considerații privind conceptul „eroare de indicație”*, Metrologie, Vol. LVI nr. 3/2010, 5-16
- [2] JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, Ediția a 3-a (VIM3), Joint Committee for Guides in Metrology- Working Group 2 (JCGM/WG 2), 2008
- [3] ISO/IEC GUIDE 98-3:2008(E), *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*, (GUM), ISO/IEC, 2008
- [4] SR Ghid ISO/CEI 98-3, *Incertitudine de măsurare Partea 3: Ghid pentru exprimarea incertitudinii de măsurare (GUM: 1995)*, (GUM), ASRO, 2010
- [5] K.-D. Sommer, Chappell S. E., Kochsiek M., *Calibration and verification: Two procedures having comparable objectives and results*, OIML Bulletin, 2001, 1, 5-12
- [6] W. Schulz, K.-D. Sommer, *Uncertainty of measurement and error limits in legal metrology*, OIML Bulletin, 1999, 4, 5-15
- [7] OIML/TC3/SC5/N1, *The role of measurement uncertainty in conformity assessment decision in legal metrology*, OIML TC3/SC5, 2009
- [8] WELMEC 4.2, *Elements for deciding the appropriate level of confidence in regulated measurements. (Accuracy classes, MPE in-service, nonconformity, principles of uncertainty)*, WELMEC, Issue 1, 2006
- [9] O.G. 20/1992 privind *activitatea de metrologie*, cu modificările și completările ulterioare, inclusiv cu cele aduse prin O.G. 23/2010
- [10] Directiva 2004/22/CE a Parlamentului European și a Consiliului privind *mijloacele de măsurare*, (MID)
- [11] NML 021-05, *Aparate pentru măsurarea vitezei de circulație a autovehiculelor (cinemometre)*, BRML, 2005, 2007, 2009
- [12] OUG 195/2002 privind *circulația pe drumurile publice*, cu modificările și completările ulterioare, inclusiv cu cele aduse prin Legea 49/2006 și OUG 63/2006
- [13] NML 001-05, *Cerințe metrologice și tehnice comune mijloacelor de măsurare supuse controlului metrologic legal*, BRML, 2005
- [14] OIML R 75-1, *Heat meters Part 1: General requirements*, OIML, 2002
- [15] OIML R 137-1, *Gas meters Part 1:*

Requirements, OIML, 2006

[16] Grinten J. G. M. van der, *Confidence level of measurement-based decisions*, OIML Bulletin, 2003, 3, 5-11

Revizia științifică:

Dragoș BOICIUC, doctor, cercetător științific gradul I, e-mail: dragos.boiciuc@inm.ro

Despre autori:

Dumitru Dinu, director general adjunct, Biroul Român de Metrologie Legală, e-mail dinu.dumitru@brml.ro

Cosmin Dinu, inginer, Institutul Național de Metrologie, membru al IEEE I&M Society, e-mail dinu.cosmin@yahoo.com

Requirements, OIML, 2006

[16] Grinten J. G. M. van der, *Confidence level of measurement-based decisions*, OIML Bulletin, 2003, 3, 5-11

Scientific revue:

Dragoș BOICIUC, doctor, scientific researcher Ist degree, e-mail: dragos.boiciuc@inm.ro

About the authors:

Dumitru Dinu, deputy general director, Romanian Bureau Of Legal Metrology, e-mail dinu.dumitru@brml.ro

Cosmin Dinu, engineer, National Institute of Metrology, member of the IEEE I&M Society, e-mail dinu.cosmin@yahoo.com