

SKÚŠOBNÉ SÍTÁ - MEDZILABORATÓRNE POROVNÁVACIE MERANIE A NOVELA VYHLÁŠKY

1 Úvod

Vyhláška ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole zaraďuje skúšobné sitá do skupiny určených meradiel. Technické požiadavky a skúšanie pre sitá z kovovej tkaniny popisuje norma STN ISO 3310-1, pre sitá z dierovaného plechu norma STN ISO 3310-2 a pre sitá z elektroformovanej fólie norma STN ISO 3310-3. Spôsob metrologickej kontroly – metrologické požiadavky, technické požiadavky a metódy skúšania pri overovaní sít popisuje príloha č. 56 k Vyhláške ÚNMS SR č. 210/2000 Z.z.(ďalej príloha). V súčasnosti platná príloha č. 56 k vyhláške ako metódu skúšania uvádza priame meranie veľkosti otvoru. Takéto meranie je možné robiť napríklad meracím mikroskopom, alebo pri veľkých otvoroch priamo, napríklad posuvným meradlom. Pri takomto postupe sa meria vždy každý otvor zvlášť. Aktuálne vydanie normy STN ISO 3310-1 v prílohe B uvádza, že funkčnosť sít je možné kontrolovať aj preosiatím skúšobného materiálu porovnaním množstva jeho zvyšku na site s predpokladaným množstvom. Metóda preosievania je preto zahrnutá do pripravovanej novelizácie prílohy č. 56.

2 Novela prílohy č. 56 - Skúšobné sitá

Sito je meradlo na zisťovanie podielu častíc preosievaného materiálu, ktorých veľkosť je menšia ako veľkosť otvoru triediacej priehradky. Základným metrologickým parametrom skúšobného sita je veľkosť jeho otvorov (w). Kvalita sita je potom charakterizovaná tým, koľko otvorov a o akú hodnotu sa líši od menovitej hodnoty veľkosti otvorov. Stará i nová príloha predpisuje pre sitá z kovovej tkaniny, že veľkosť žiadneho otvoru nesmie mať väčšiu odchýlku ako je hodnota $+X$ (prípustné hodnoty sú uvedené v prílohe). Priemerná veľkosť otvoru nesmie mať väčšiu odchýlku ako je hodnota $\pm Y$. Rozptyl veľkosti jednotlivých otvorov bol v starej prílohe definovaný ako určitý počet otvorov v istom rozmedzí hodnôt. Počet bol definovaný hodnotou 6 % a rozmedzie intervalom od $w + X$ do $w + Z$, kde:

$$Z = \frac{X + Y}{2} \quad (1)$$

Teda, ak počet otvorov, ktoré mali veľkosť od $w + X$ do $w + Z$ bol väčší ako 6% z celkového počtu, sito nevyhovelo požiadavkám prílohy.

Nová príloha, v súlade s platnou normou, charakterizuje rozptyl veľkosti otvorov hodnotou maximálnej smerodajnej odchýlky σ_0 . Ak sito pri overovaní vyhovelo vonkajšej obhliadke i kontrole nadmerne veľkých otvorov nasleduje určenie priemernej veľkosti otvorov. Na to je možné použiť priamu metódu merania, alebo metódu preosievania skúšobného materiálu (preosievanie). Príloha (v súlade s normou) určuje novým spôsobom počet meraných otvorov. Od veľkých sít, kde sa môžu merať všetky otvory až po malé sitá, kde je predpísané merať až 200 otvorov (presné počty sú uvedené v prílohe).

Na meranie veľkosti otvorov a priemeru drôtu priamou metódou sa použije meradlo, ktorého chyba merania pre meraný rozmer je menšia ako 1 μm alebo 1/4 prípustnej odchýlky pre priemernú veľkosť otvoru Y (použije sa väčšia z hodnôt).

Pri zisťovaní priemernej veľkosti otvorov metódou preosievania sa použije skúšobný materiál so známou distribúciou jednotlivých frakcií v zmesi. Vzťah medzi priemernou veľkosťou otvoru triediacej priehradky sita a hmotnostným podielom prepadu skúšobného materiálu je uvedený v kalibračnom certifikáte skúšobného materiálu vrátane neistoty. Zložka neistoty od použitého skúšobného materiálu musí byť menšia ako 1 μm alebo 1/4 z prípustnej odchýlky pre priemernú veľkosť otvoru Y (použije sa väčšia z hodnôt). Metóda zistenia priemernej veľkosti otvoru preosievaním je založená na vypočítaní hmotnostného podielu prepadu (percento prepadu) skúšobného materiálu δ_p :

$$\delta_p = \frac{m_{\text{prepad}}}{m_0} \times 100 \quad [\%], \quad (2)$$

kde: m_0 je celková hmotnosť skúšobnej vzorky skúšobného materiálu použitej pri skúške (g),
 m_{prepad} je hmotnosť skúšobnej vzorky skúšobného materiálu ktorá prepadla triediacou priehradkou pri skúške preosievaním (g).

Hmotnosti m_0 a m_{prepad} sa zistia vážením s kombinovanou neistotou 0,01 g alebo 1 % z m_0 (použije sa menšia z hodnôt). Priemerná veľkosť w otvoru sa vypočíta podľa kalibračnej krivky alebo zistí z grafu pre príslušnú vzorku skúšobného materiálu podľa hodnoty δ_p , ktorý je uvedený v kalibračnom certifikáte.

Na určenie priemernej veľkosti otvoru preosievaním je možné použiť ručné preosievanie, preosievanie na mechanickom vibračnom zariadení alebo preosievanie s použitím vákuu. Ak sa na meranie veľkosti otvorov použije priama metóda a boli premerané všetky otvory v počte N , z nameraných hodnôt pre obidva smery merania sa vypočíta smerodajná odchýlka:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (w_i - \bar{w})^2} \quad (3)$$

Ak sa na meranie veľkosti otvorov použije priama metóda a bolo premeraných n otvorov podľa tabuľky č. 6 z prílohy, z nameraných hodnôt pre obidva smery merania sa vypočíta smerodajná odchýlka:

$$\sigma_s = K \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^2} \quad (4)$$

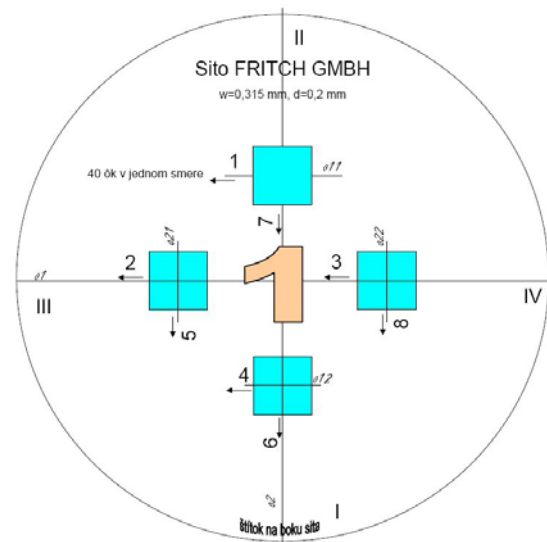
kde K je koeficient podľa tabuľky č. 6 z prílohy.

Vypočítané hodnoty σ resp. σ_s musia byť menšie ako maximálna smerodajná odchýlka σ_0 uvedená v tabuľkách č. 1 a č. 2, stĺpce (6) z prílohy. Ak sa použije metóda preosievania skúšobného materiálu, σ a σ_s sa nevyhodnocujú.

3 Medzilaboratórne porovnávacie merania

Cieľom medzilaboratórneho porovnávacieho merania (MLPM) bolo porovnať výsledky meraní sít z rôznych laboratórií ako aj porovnať výsledky získané rôznymi metódami. Referenčným laboratóriom bol Slovenský metrologický ústav (SMU). Ďalšie merania sa robili v Technickom a skúšobnom ústave stavebnom (TSUS) a v Slovenskej legálnej metrológii (SLM). Na meranie boli vybrané sítá z kovovej tkaniny nominálnych hodnôt $64\ \mu\text{m}$

(v. č. 1905051), $125\ \mu\text{m}$ (v. č. 1905316), $315\ \mu\text{m}$ (bez v. č.) a jedno sito z dierovaného plechu nominálnej hodnoty 5mm (v. č. 3403098). Priame merania boli urobené a vyhodnotené podľa normy ISO 3310-1:2000 a pre metódu preosievania (sitovania) boli aplikované postupy používané v TSUS (v súlade s pracovným postupom). Metóda preosievania pri jednom site bola opakovaná 5-krát vždy s použitím inej dávky skúšobného materiálu.



Obr. č.1 - Sito FRITZCH GMBH $w = 0,315\ \text{mm}$
a miesta jeho merania

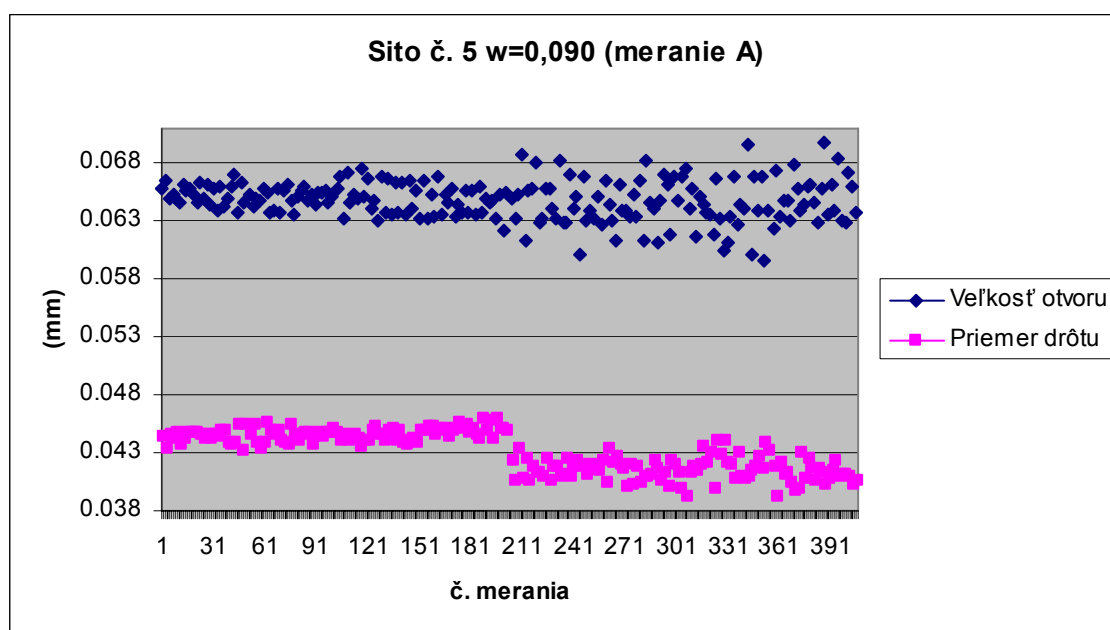
Pre dosiahnutie čo najlepšej porovnateľnosti výsledkov meraní boli definované určité oblasti, kde boli merania (priamym meraním) uskutočnené. Napríklad na site $315\ \mu\text{m}$ bolo odmeraných 80 otvorov (tab. 4 ISO 3310-1:2000) v horizontálnom a 80 otvorov vo vertikálnom smere (5.2 ISO 3310-1:2000). Prvé meranie bolo urobené na 20-tich otvoroch v osi $o11$ v smere určenom šípku. Druhé a tretie meranie bolo urobené v smere osi $o1$ na miestach vyznačených na obrázku č. 1. Obdobne štvrté meranie. Merania 5 až 8 boli urobené na vyznačených rezoch vo vertikálnom smere. Tieto oblasti bolo možné jednoducho určiť tak, že na sito sa položila papierová šablóna s otvormi nad meranými oblasťami.

3.1 Merania v SMU

Merania v SMU boli realizované priamou optickou metódou tak, že sito ležalo na Abbeho stolíku, bolo posúvané voči zámernej dvojryse v objektíve pevného mikroskopu a veľkosť posuvu bola meraná laserinterferometrom Agilent HP 5529A s rozlišovacou schopnosťou $1\ \text{nm}$. Výsledky meraní sú v tabuľke č. 1.

Označenie sita	Priemerná veľkosť otvoru w mm	Rozšírená neistota merania U mm	Počet meraní	Smerodajná odchýlka jedného merania mm	Smerodajná odchýlka aritmetického priemeru mm	K podľa ISO 3310-1	s rozšírené podľa ISO 3310-1 mm	Priemer drôtu mm
0,090	0,06488	0,00089	200	0,0017	0,0001	1,38	0,0024	0,0431
0,125	0,13214	0,00096	200	0,0029	0,0002	1,38	0,0040	0,0891
0,315	0,3151	0,0029	160	0,0090	0,0007	1,40	0,0125	0,1970
5	4,987	0,026	32	0,074	0,013	1,66	0,123	1,609

Tab. č. 1 - Výsledky meraní v SMU



Obr. č. 2 - Grafické znázornenie nameraných výsledkov pre sito $w=90 \mu\text{m}$

Zdroje neistôt výsledku merania veľkosti otvorov na sitách priamou optickou metódou v SMU sú:

1. nehomogénnosť veľkosti otvorov sita,
2. neistota stotožnenia zámernej rysky v mikroskope s meraným objektom - neistota navedenia zámernej rysky,
3. neistota vyplývajúca z nepravidelného tvaru otvoru sita,
4. neistota spôsobená natočením sita oproti smeru merania,
5. neistota mierky – vlnovej dĺžky lasera, pomocou ktorého bolo meranie vykonávané ,
6. teplotná rozťažnosť materiálu.

Každý zdroj bol podrobne analyzovaný a v prípade potreby, sa uskutočnili špeciálne merania na kvantifikovanie neistôt.

Ukázalo sa, že prakticky má význam brať do úvahy len vplyv nehomogénnosti veľkosti otvorov vyjadrený neistotou u_A , neistotu navedenia zámernej rysky u_{BR} , neistotu vplyvom tvaru u_{BJO} a neistotu pootočenia sita u_{BO} .

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{BR}^2 + u_{BJO}^2 + u_{BO}^2} \quad (5)$$

Výsledky týchto meraní sú v tabuľke č. 2.

Označenie sita	U mm	u_c mm	u_A mm	u_{BR} mm	u_{BJO} mm	u_{BO} mm
0,090	0,00089	0,00045	1,20E-04	4E-04	1,60E-04	1,29E-06
0,125	0,00096	0,00048	2,10E-04	4E-04	1,60E-04	2,64E-06
0,315	0,00285	0,00143	7,10E-04	1,2E-03	3,00E-04	6,70E-06
5	0,02631	0,01316	1,30E-02	1,2E-03	9,40E-04	1,32E-03

Kde $U = 2 \cdot u_c$

Tab. č. 2 – Výsledky meraní na kvantifikovanie neistôt

3.2 Merania v TSUS

Náročnosť kalibrácie resp. overovania skúšobných sít priamym meraním a otázka štatistickej spoľahlivosti výsledku priameho merania viedla v posledných desaťročiach k vývoju metódy preosievania skúšobného materiálu. Zavedenie tejto metódy do slovenskej metrologickej praxe bolo riešené v Technickom a skúšobnom ústave stavebnom (TSÚS) v spolupráci so SMÚ a ÚNMS SR v rámci úloh rozvoja metrologie v rokoch 1993 a 2006-2007. V roku 1993 sa používal preosievací skúšobný materiál vyrábaný vo VÚSH Brno. Úloha bola ukončená kladným oponentským posudkom. Po zmenách v metrologickej legislatíve bola z iniciatívy ÚNMS SR v rokoch 2006-2007 spracovaná ďalšia úloha s a použitím preosievacieho skúšobného materiálu vyrobeného v Endecotts (Veľká Británia). V praxi sa v súčasnosti používa skúšobný preosievací materiál zmesi sklenených guľičiek, ktorý umožňuje kontrolu sít s veľkosťou otvorov od 20 μm do 3,55 mm. Uvedený interval rozmerov je rozdelený do 30 podintervalov - k dispozícii je 30 vzoriek preosievacieho skúšobného materiálu s nominálnymi hodnotami: (20, 25, 32, 38, 45, 53, 63, 75, 90, 106, 125, 150, 180, 212, 250, 300, 355, 425, 500, 600, 710, 850) μm a (1; 1,18; 1,4; 1,7; 2; 2,36; 2,8; 3,35) mm.

Vďaka vysokej presnosti rozmerov guľičiek v zmesi skúšobného preosievacieho materiálu je možná veľmi presná kalibrácia s chybou menšou ako 1 μm . Rozmery guľičiek sú priamo nadviazané na národné resp. medzinárodné etalóny dĺžky. Mikroguličky sa pri preosievaní pohybujú prakticky po celej ploche triediacej priehradky, čím sa skontroluje podstatne viac otvorov ako inými metódami.



Obr. č. 3a

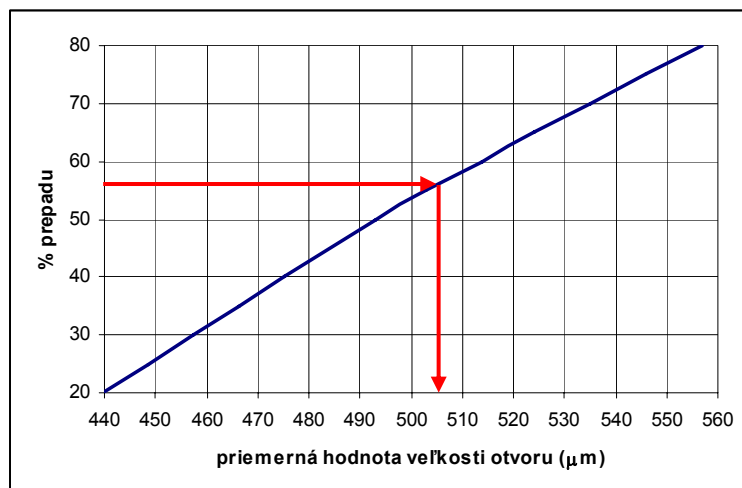
Meranie priemernej hodnoty veľkosti otvoru triediacej priehradky je záležitosťou niekoľkých minút. Postup je opísaný v nasledovných troch krokoch:

1. Vyberie sa vzorka skúšobného materiálu s rozmermi zodpovedajúcimi otvorom sita. Vzorka skúšobného materiálu sa odváži a následne nasype na triediacu priehradku sita a preosieva sa 2 minúty.

2. Časť skúšobného materiálu otvorme neprepadne a zostane na site (obrázok č. 3a). Skúšobný materiál ktorý prepadol cez triediacu priehradku sa odváži s neistotou výsledku merania na 0,01 g (obrázok č. 3b) a vypočíta sa hmotnostný podiel prepadu v %.
3. Z grafu ktorý je súčasťou kalibračného certifikátu skúšobného preosievacieho materiálu, sa odčíta pre príslušné % prepadu priemerná hodnota veľkosti otvoru triediacej priehradky sita. Pre vylúčenie nepresnosti pri odčítaní z kalibračného grafu je výhodnejšie použiť kalibračnú krivku vyjadrenú v analytickom tvare, spravidla polynómom tretieho až piateho stupňa.



Obr. č. 3b



Obr. č. 4 - Graf z certifikátu skúšobného materiálu

Rozbor neistoty merania umožňuje kvantitatívne posúdiť príspevok jednotlivých meradiel a metódy na výslednú neistotu merania priemernej hodnoty veľkosti otvoru sita w .
Model merania:

$$w = a_0 + a_1 \cdot \delta_p + a_2 \cdot 2 \cdot \delta_p^2 + a_3 \cdot 3 \cdot \delta_p^3 + a_4 \cdot 4 \cdot \delta_p^4 \quad (6)$$

(kalibračný polynóm)

kde:

$$\delta_p = \frac{m_{\text{prepad}}}{m_0} \times 100\% \quad (7)$$

(hmotnostný podiel prepadu)

Zoznam veličín:

Veličina	Hodnota	Jednotka	Názov veličiny
w	132,6	μm	veľkosť otvoru sita
a_0	96,111	μm	A0-koeficient kalibračného polynómu
a_1	1,1797	μm	A1-koeficient kalibračného polynómu
a_2	-0,02743	μm	A2-koeficient kalibračného polynómu
a_3	0,38E-3	μm	A3-koeficient kalibračného polynómu
a_4	-1,67E-6	μm	A4-koeficient kalibračného polynómu
δ_p	68,57	%	hmotnostný podiel prepadu
m_0	1,05	g	hmotnosť navážky
m_{prepad}	0,72	g	hmotnosť prepadu

Bilancia neistôt:

Názov neistoty	Veličina	Štandardná neistota	Koeficient citlivosti	Príspevok neistoty
Chyba použitých váh	m_0	0,00577 g	-38,0	-0,219 μm
Hodnota digitu váh	m_0	0,00288 g	-38,0	-0,110 μm
Chyba použitých váh	m_{prepad}	0,00577 g	55,4	0,320 μm
Hodnota digitu váh	m_{prepad}	0,00288 g	55,4	0,160 μm
Neistota etalónu	w	0,038 μm	1,00	0,038 μm
Neistota opakovaných meraní	w	0,658 μm	1,00	0,659 μm

Výsledok:

$$w = (132,6 \pm 1,6) \mu\text{m}$$

Z rozboru neistôt je zrejmé, že dominantným príspevkom je neistota opakovaných meraní. Vďaka vysokej presnosti rozmerov guľčiek v zmesi a schopnosti skontrolovať veľké množstvo otvorov sita je metóda preosievania skúšobného materiálu veľmi presnou, štatisticky spoľahlivou a ekonomicky efektívnou metódou kalibrácie resp. overovania

skúšobných sít. V TSUS boli všetky skúšobné sítá merané priamou metódou a sítá 90, 125 a 315 aj preosievaním pomocou referenčného materiálu.

Výsledky meraní sú uvedené v tabuľke č. 3.

Označenie sítá	Priame meranie		Preosievanie	
	priemerná veľkosť otvoru w mm	rozšírená neistota merania U mm	priemerná veľkosť otvoru w mm	rozšírená neistota merania $U (k=2)$ mm
0,090	0,0662	0,0016	0,0648	0,0007
			0,1334	0,0014
			0,1327	0,0014
0,125	0,1326	0,0017	0,1324	0,0014
			0,1317	0,0014
			0,1326	0,0014
0,315	0,3131	0,0022	0,3133	0,0032
5	4,9980	0,0242	---	---

Tab. č. 3 – Výsledky meraní v TSÚS

3.3 Merania v SLM

V Slovenskej legálnej metrológii (SLM), pracovisko Bratislava, sa meranie sít robí na univerzálnom mikroskope ZEISS. Mikroskop slúži na uloženie a posuv sítá. Samotné meranie je realizované nasnímaním obrazu jedného otvoru sítá pomocou CCD kamery a jeho následným počítačovým spracovaním a vyhodnotením. Tento spôsob robí meranie jednoduchším, rýchlejším a výrazne eliminuje ľudský faktor. Automatické meranie a vyhodnocovanie sa používa pri meraní sít so štvorcovými otvormi veľkosti od 0,02 mm do veľkosti 10 mm, pre kruhové otvory do 3 mm. Na kontrolu sít s väčšími okami sa používa mikrometer na vnútorné otvory s delením 0,01 mm a digitálne posuvné meradlo s delením 0,01 mm. Pred meraním sa urobí obhliadka meradla. Sítá musia byť na meranie predložené v bezchybnom stave a dôkladne vyčistené bez mechanického poškodenia a korózie. Otvory sít nesmú byť ani čiastočne zalepené materiálom. Pri kontrole otvorov na presvit pomocou lupy sa vyradia sítá, ktoré majú nepravidelné alebo zdeformované otvory. Sítá sa pred meraním musia minimálne 1 hodinu temperovať v laboratóriu. Meranie sa robí v dvoch navzájom kolmých smeroch, cez stredu otvorov v osi X a Y. Počet meraných otvorov je stanovený podľa novely prílohy.

Postup pri meraní je nasledovný:

1. sítá sa položí na pracovný stôl univerzálneho mikroskopu pod objektív kamery a kamera sa zaostrí na povrch sítá (po zaostrení sa na monitore objaví sítá s otvormi),
2. vo vyhodnocovacom programe sa zvolí nominálna veľkosť otvoru sítá, a tým sa automaticky priradia medzné odchýlky veľkosti otvorov a priemery drôtov podľa normy STN ISO 3310,
3. na jednom otvore sítá sa súčasne robí meranie v smere útku (os X) i v smere osnovy (os Y); namerané údaje sa ukladajú do záznamu o meraní,
4. podobne sa robí aj meranie priemeru drôtu sítá.

Namerané hodnoty softvér spracuje a porovná s hodnotami uvedenými v STN ISO 3310. Následne stanoví či sítá vyhovuje alebo nevyhovuje norme. Po skončení merania program vystaví záznam z merania a príslušný certifikát alebo zamietací list.

V SLM boli všetky skúšobné sítá merané priamou metódou a počítačovým vyhodnotením nasnímaného obrazu. Výsledky meraní sú uvedené v tabuľke č. 4:

Označenie sítá	Priemerná veľkosť otvoru w mm	Rozšírená neistota merania U mm	Smerodajná odchýlka s podľa ISO 3310-1:2000 mm	Priemer drôtu mm
0,090	0,06440	0,0018	0,0033	0,0437
0,125	0,13029	0,0018	0,0034	0,0917
0,315	0,31403	0,0018	0,0099	0,1994
5	4,976	0,005	0,084	1,639

Tab. č. 4 – Výsledky meraní v SLM

4 Porovnanie výsledkov TSUS, SLM a SMU

Výsledky merania boli vyhodnotené pomocou normalizovanej odchýlky E_n podľa MSA-L/08.

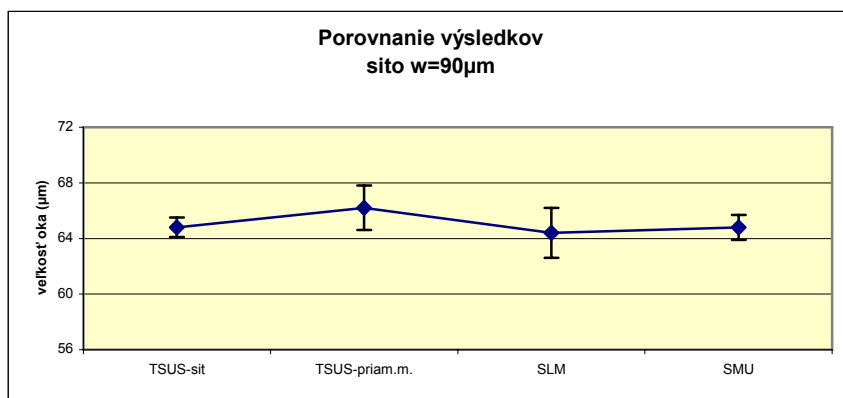
		TSUS		SLM	SMU
		preosievanie	priame meranie		
90 μm	w (priemerná veľkosť otvoru) (μm)	64,8	66,2	64,4	64,8
	U (μm)	0,7	1,6	1,8	0,89
	$((w_{\text{lab}} - w_{\text{SMU}}) / w_{\text{SMU}}) * 100$ (%)	0,0	2,2	-0,6	
	s (podľa ISO3310-1) (μm)		2,2	3,3	2,4
	s (podľa ISO3310-1) (%)		3,3	5,1	3,7
	d (priemer drôtu) (μm)	41,2	41,2	43,7	43,1
	E_n		0,00	0,76	-0,20

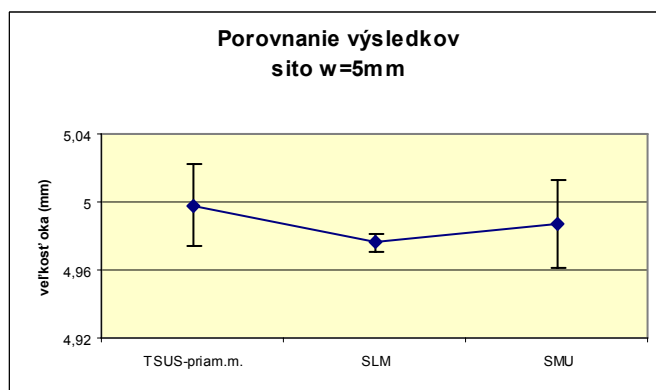
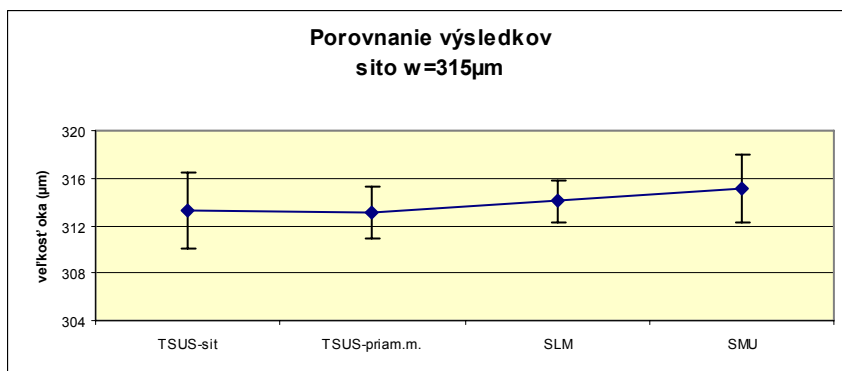
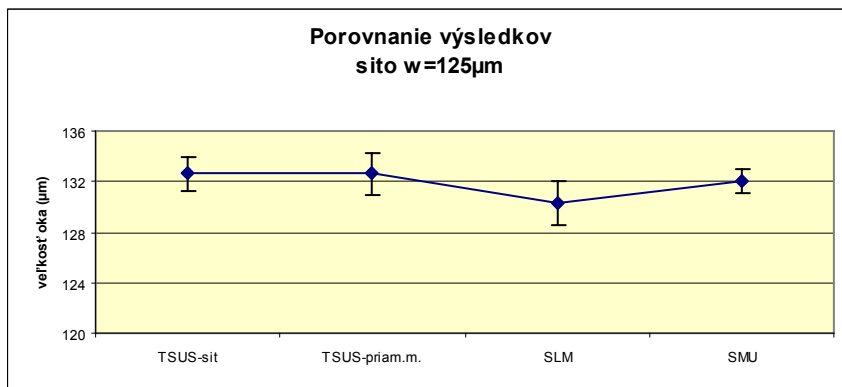
		TSUS		SLM	SMU
		preosievanie	priame meranie		
125 μm	w (priemerná veľkosť otvoru) (μm)	132,6	132,6	130,29	132,1
	U (μm)	1,4	1,7	1,8	0,96
	$((w_{\text{lab}} - w_{\text{SMU}}) / w_{\text{SMU}}) * 100$ (%)	0,4	0,4	-1,4	
	s (podľa ISO3310-1) (μm)		3,8	3,4	4,0
	s (podľa ISO3310-1) (%)		2,9	2,6	3,0
	d (priemer drôtu) (μm)	88,5	88,5	91,7	89,1
	E_n		0,13	0,26	-0,89

		TSUS		SLM	SMU
		preosievanie	priame meranie		
315 μm	w (priemerná veľkosť otvoru) (μm)	313,3	313,1	314,03	315,1
	U (μm)	3,2	2,2	1,8	2,9
	$((w_{\text{lab}}-w_{\text{SMU}})/w_{\text{SMU}})*100$ (%)	-0,7	-0,8	-0,5	
	s (podľa ISO3310-1) (μm)		12,5	9,9	12,5
	s (podľa ISO3310-1) (%)		4,0	3,2	4,0
	d (priemer drôtu) (μm)	199	199	199,4	197,0
	E_n		-0,14	-0,56	-0,32

		TSUS		SLM	SMU
		preosievanie	priame meranie		
5 mm	w (priemerná veľkosť otvoru) (mm)		4,998	4,976	4,987
	U (mm)		0,024	0,0051	0,026
	$((w_{\text{lab}}-w_{\text{SMU}})/w_{\text{SMU}})*100$ (%)		0,2	-0,2	
	s (podľa ISO3310-1) (mm)		0,11	0,084	0,123
	s (podľa ISO3310-1) (%)		2,2	1,7	2,5
	d (priemer drôtu) (mm)		1,6	1,639	1,609
	E_n			0,31	-0,41

4.1 Grafické znázornenie výsledkov porovnania





4.2 Kritérium kvality výsledkov porovnania

Na posudzovanie kvality výsledkov porovnávacieho merania boli použité normalizované odchýlky E_n odporúčané smernicou MSA –L/08, príloha E.

$$E_n = \frac{w_{\text{lab}} - w_{\text{SMU}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{SMU}}^2}} \quad (8)$$

Kde: w_{lab} je priemerná hodnota veľkosti otvoru sita nameraná v TSUS resp. SLM
 w_{SMU} je priemerná hodnota veľkosti otvoru sita nameraná v SMU
 $U_{\text{lab}}, U_{\text{SMU}}$ sú zodpovedajúce rozšírené neistoty merania.

V súlade s uvedenou prílohou k smernici sa výsledok merania považuje za:

- uspokojivý (vyhovujúci) ak platí $|E_n| < 1$
- neuspokojivý (nevyhovujúci) ak platí $|E_n| \geq 1$

4.3 Hodnotenie výsledkov porovnania

Súhrnné hodnotenie výsledkov MLPM na základe E_n

Laboratórium	Kritérium normalizovanej odchýlky	
	uspokojivé [%]	neuspokojivé [%]
TSUS preosievanie	100	0
TSUS priame meranie	100	0
SLM	100	0

5 Záver

Na základe kritéria E_n sa dá konštatovať, že všetky výsledky meraní možno považovať za vyhovujúce. Výsledky MLPM ďalej ukázali, že metóda preosievania známeho (referenčného) materiálu a porovnania množstva jeho zvyšku na site s predpokladaným množstvom, dokáže s dostatočnou spoľahlivosťou určiť priemernú veľkosť otvoru sita. Metóda sitovania je svojim spôsobom kontroly a fungovania, veľmi podobná procesu použitia samotného sita na meranie. Ďalšou výhodou preosievania je významne väčší počet kontrolovaných otvorov sita, ako pri meraní priamom. To dáva predpoklad, že výsledky kontroly sita preosievaním budú spoľahlivejšie. Nevýhodou metódy sitovania je, že nedokáže odmerať veľkosť jednotlivého otvoru sita a nedokáže teda posúdiť dovolenú odchýlku veľkosti podľa STN ISO 3310-1, bod 5.1.1.2 a rovnako preosievaním nie je možné určiť a následne posúdiť smerodajnú odchýlku veľkosti otvorov podľa STN ISO 3310-1, bod 5.1.1.4. Tieto nedostatky však nebránia používať preosievanie na opätovné premeranie veľkosti otvorov a vydávanie certifikátu o kontrole v súlade s STN ISO 3310-1, bod 5.3.2.2.

Literatúra

1. STN ISO 3310-1, *Skúšobné sitá. Technické požiadavky a skúšanie. Časť 1: Skúšobné sitá z kovovej tkaniny*
2. STN ISO 3310-2, *Skúšobné sitá. Technické požiadavky a skúšanie. Časť 2: Skúšobné sitá z dierovaného plechu*
3. STN ISO 3310-3, *Skúšobné sitá. Technické požiadavky a skúšanie. 3. časť: Skúšobné sitá z elektroformovanej fólie*
4. *Vyhláška ÚNMS SR č. 133/2001 Z. z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška ÚNMS SR č. 210/2000 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole v znení neskorších predpisov: príloha č. 56.*

*Ing. Pavol Mates, PhD., Slovenský metrologický ústav Bratislava
Ing. Marián Hatala, Technický a skúšobný ústav stavebný Bratislava
Ing. Jozef Ondruš, Slovenská legálna metrologia Bratislava*