



CERTIFIKÁT TYPU MERADLA

č. 082/1/441/20 zo dňa 14.10.2020

Slovenský metrologický ústav v súlade s ustanovením § 6 ods. 2 písm. k) zákona č. 157/2018 Z. z. o metrologii a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 198/2020 Z. z. (ďalej len "zákon") na základe žiadosti číslo 361663 vydáva podľa § 56 ods. 1 a ods. 2 zákona toto rozhodnutie, ktorým

schvaľuje typ meradla

Názov meradla: Prenosné meradlo priestorového dávkového ekvivalentu
Typ: RaySafe 452
Žiadateľ: Ústav radiačnej ochrany, s.r.o., Trenčín
IČO: 36 348 279
Výrobca: Unfors RaySafe AB , Švédsko

Týmto certifikátom sa podľa § 20 ods. 1 zákona potvrdzuje, že uvedený typ meradla vyhovuje svojimi technickými charakteristikami, metrologickými charakteristikami a konštrukčným vyhotovením požiadavkám na daný druh určeného meradla ustanovenými v prílohe č. 64 "Meradlá dozimetrických veličín ionizujúceho žiarenia" k vyhláske ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole (ďalej len vyhláska č. 161/2019 Z. z.).

Základné technické charakteristiky a metrologické charakteristiky meradla a výsledky technických skúšok a zistení o splnení požiadaviek na daný druh meradla sú uvedené v protokole č. 040/300/441/20 zo dňa 13.10. 2020 vydanom Slovenským metrologickým ústavom.

Uvedenému typu meradla sa prideluje značka schváleného typu:

TSK 441/20 - 082

Dovozca je povinný podľa § 12 ods. 3 zákona umiestniť na meradle značku schváleného typu a podľa § 26 ods. 4 zákona zabezpečiť prvotné overenie meradla pred jeho uvedením na trh.

Platnosť do: 14. októbra 2030

Poučenie: Proti tomuto rozhodnutiu možno podať do 15 dní odo dňa jeho doručenia odvolanie na Úrad pre normalizáciu, metrologiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Štefanovičova 3, P.O.BOX 76, 810 05 Bratislava prostredníctvom Slovenského metrologického ústavu.

Ing. Maroš Kamenský, MBA
generálny riaditeľ

Popis meradla:

RaySafe 452 je merací prístroj na meranie ionizujúceho žiarenia s digitálnym zobrazením. Prístroj slúži na meranie kermy vo vzduchu a jej príkonu v röntgenovej diagnostike a pri lineárnych urýchľovačoch. Prístroj na meranie využíva skupinu kremíkových senzorov a Geiger-Müllerov počítač

Meradlo je vyrábané v nasledovných vyhotoveniach:

RaySafe 452 používaný na meranie počtu impulzov.

RaySafe 452 Air Kerma používaný na meranie kermy vo vzduchu a jej príkonu.

RaySafe 452 Ambient používaný na meranie priestorového dávkového ekvivalentu a jeho príkonu.

Základné technické charakteristiky:

Rozmery:	(250 x 127 x 83) mm
Hmotnosť :	800 g
Prevádzková teplota:	-20 °C až + 50 °C
Skladovacia teplota:	-30 °C až + 70 °C
Tlak:	(70 – 107) kPa
Vlhkosť:	max. 90 %
Klasifikácia ochrany:	IP 64
Zdroj napájania:	Lítium-ionová dobíjateľná batéria 2550 mAh
Displej:	240 x 400 pixelový farebný LCD

Základné metrologické charakteristiky:

Meraná veličina:	Priestorový dávkový ekvivalent a jeho príkon (\dot{H}^* (10), H^* (10))	Kerma vo vzduchu a jej príkon (\dot{K}_a , K_a)
Jednotka:	Sv, rem	Gy, rad, R
Detektor:	Geiger-Müllerov počítač	
Energetický rozsah:	16 keV až 7 MeV	30 keV až 7 MeV
Merací rozsah:	0 μ Sv/h až 1 Sv/h	0 μ Gy/h až 1 Gy/h

Overenie meradla:

Meradlo sa overuje pri prvotnom aj následnom overení podľa STN EN 60846-1:2015 požiadavky článku 8.7 minimálne v rozsahu overenia linearitu a štatistických fluktuácií odozvy pre minimálne jednu hodnotu v každej dekáde efektívneho meracieho rozsahu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, minimálne pre jednu hodnotu priestorového dávkového ekvivalentu a minimálne pre jednu hodnotu alarmu.

Čas platnosti overenia meradla je podľa položky 8.4 prílohy č. 1 k vyhláške ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole 2 roky.

Umiestnenie overovacej značky:

Overovacia značka, musí byť umiestnená na bočnej stene meradla.

V súlade s článkom 14 STN EN 60846-1:2015 s každým meradlom musí byť dodávané osvedčenie, ktoré musí obsahovať aspoň tieto údaje:

- Meno výrobcu alebo registrovanú ochrannú zámku;
- Typ zariadenia a výrobné číslo;
- Druhy žiarenia, ktoré má zariadenie merať;
- Meranú veličinu;
- Efektívny merací rozsah zariadenia;
- Reakciu ako funkciu energie žiarenia;
- Referenčný bod prístroja, kalibračný sme na účely kalibrácie a referenčnú polohu vzhľadom na zdroj žiarenia.

Tento certifikát môže byť rozmnožovaný len celý a nezmenený.

Rozmnožovať jeho časti možno len s písomným súhlasom Slovenského metrologického ústavu.

Certifikát je vyhotovený v dvoch rovnopisoch, jeden pre zákazníka a druhý pre Slovenský metrologický ústav.

PROTOKOL O POSÚDENÍ TYPU MERADLA

č.: 040/300/441/20

Názov meradla: Prenosné meradlo priestorového dávkového ekvivalentu

Typ meradla: RaySafe 452

Značka schváleného typu: TSK 441/20-082

Výrobca: UNFORS RAYSAFE AB
Uggledalsvägen 29
427 40 Billdal, Švédsko

Žiadateľ: Ústav radiačnej ochrany s.r.o.
Staničná 1062/24
911 05 Trenčín

IČO: 36 348 279

Evidenčné číslo žiadosti: 361 663

Počet strán: 17

Počet príloh: 0

Miesto a dátum vydania: Bratislava, 13.10.2020

Vypracoval: **Skontroloval:** **Protokol schválil:**

1. Všeobecné ustanovenie

Tento protokol je podkladom na vydanie rozhodnutia o schválení typu meradla podľa ods. 1 a 2 § 56 zákona č. 157/2018 Z. z. o metrológii a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v znení zákona č. 198/2020 Z.z. (ďalej len "zákon o metrológii") na typ meradla:

Prenosné meradlo priestorového dávkového ekvivalentu RaySafe 452

1.1 Rozsah posudzovania

Meradlo svojím charakterom zodpovedá:

určenému meradlu podľa položky č. 8.4 prílohy č. 1 a prílohy č. 64 " Meradlá dozimetrických veličín ionizujúceho žiarenia" k vyhláške ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole (ďalej len "vyhláška 161/2019 Z. z.").

Meradlo bolo posudzované z hľadiska požiadaviek na daný druh meradla ustanovených predpisom:

STN EN 60846-1:2015 Radiation protection instrumentation — Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors

STN EN 60846-2:2018 Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 2: High range beta and photon dose and dose rate portable Instruments for emergency radiation protection purposes

STN EN 60846-1:2015 požiadavky článku 8.7 minimálne v rozsahu overenia relatívnej základnej chyby minimálne pre jednu hodnotu v každej dekáde efektívneho meracieho rozsahu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, minimálne pre jednu hodnotu priestorového dávkového ekvivalentu a minimálne pre jednu hodnotu alarmu.

IEC 60325:2002 Radiation protection instrumentation - Alpha, beta and alpha/beta (beta energy > 60 keV) contamination meters and monitors.

1.2 Údaje o technickej dokumentácii použitej pri posudzovaní:

Data sheet RaySafe 452, opis, špecifikácie.

Calibration Certificate No. O10139169i270473, vydaný Unfors RaySafe AB 27.6.2019.

Protokol o mērení 1015-PT-20041-20 vydaný ČMI 25.09.2020.

Dokumentácia je uložená v archíve odboru metrológie SMÚ.

1.3 Údaje o dokladoch použitých pri posudzovaní:

Žiadosť o schválenie typu meradla – ev. č. 361 663 zo dňa 27.09.2019.

Dokumentácia je uložená v archíve odboru metrológie SMÚ.

1.4 Údaje o vzorkách určeného meradla:

Pri schválení typu meradla RaySafe 452 bola dodaná vzorka:

Raysafe 452 s výrobným číslom 270863.

Časť skúšok sa uskutočnili na pracovisku ČMI na tej istej vzorke meradla.

2. Popis meradla:

Technický popis meradla:

RaySafe 452 je merací prístroj na meranie ionizujúceho žiarenia s digitálnym zobrazením. Prístroj slúži na meranie kerry vo vzduchu a jej príkonu v röntgenovej diagnostike a pri lineárnych urýchľovačoch. Prístroj na meranie využíva skupinu kremíkových senzorov a Geiger-Müllerov počítač. RaySafe 452 obsahuje dve vymeniteľné veká na zmenu merania kerry, priestorového dávkového ekvivalentu a počtu impulzov.

Obr. č. 1 RaySafe 452



Meradlo je vyrábané v nasledovných vyhotoveniach:

RaySafe 452 používaný na meranie počtu impulzov.

RaySafe 452 Air Kerma používaný na meranie kerry vo vzduchu a jej príkonu.

RaySafe 452 Ambient používaný na meranie priestorového dávkového ekvivalentu a jeho príkonu.

2.1 Základné technické charakteristiky

Rozmery:	(250 x 127 x 83) mm
Hmotnosť :	800 g
Prevádzková teplota:	-20°C až + 50°C
Skladovacia teplota:	-30°C až + 70°C
Tlak:	(70 – 107) kPa
Vlhkosť:	max. 90%
Klasifikácia ochrany:	IP 64
Zdroj napájania:	Lítium-ionová dobíjateľná batéria 2550 mAh
Displej:	240 x 400 pixelový farebný LCD

2.2 Základné metrologické charakteristiky

Meraná veličina:	Priestorový dávkový ekvivalent a jeho príkon (\dot{H}^* (10), H^* (10))	Kerma vo vzduchu a jej príkon (K_a , K_a)
Jednotka:	Sv, rem	Gy, rad, R
Detektor:	Geiger-Müllerov počítač	
Energetický rozsah:	16 keV až 7 MeV	30 keV až 7 MeV
Merací rozsah:	0 μ Sv/h až 1 Sv/h	0 μ Gy/h až 1 Gy/h

3. Posúdenie výkresovej a technickej dokumentácie:

Predložená technická dokumentácia je dostačujúca pre vydanie rozhodnutia o schválení typu v Slovenskej republike.

4. Podmienky vykonania skúšok technických charakteristík a metrologických charakteristík

Posúdenie schválenia typu bolo vykonané na základe posúdenia dokumentácie uvedenej v článku 1.2 a 1.3 tohto protokolu.

- Na základe žiadosti o uznanie výsledkov skúšok a vydania rozhodnutia o schválení typu meradla, bola na oddelení ionizujúceho žiarenia SMÚ posúdená predložená technická dokumentácia dostačujúca pre vydanie rozhodnutia o schválení typu meradla.
- Časť skúšok určená pre meranie dozimetrických veličín röntgenového žiarenia sa vykonali v Českom metrologickom inštitúte v laboratóriu dozimetrie fotónov. Na základe vykonaných skúšok bol vydaný protokol o meraní č. 1015-PT-20041-20.
- Skúšky meradla pre gama žiarenie sa vykonali v laboratóriu dozimetrických veličín žiarenia gama Oddelenia ionizujúceho žiarenia s použitím referenčných zväzkov ^{137}Cs ožarovača TEMA, model IM4/P, výr. č. 630/1997 s riadiacou jednotkou IM4/P, výr. č. 3624/1998 a model IM6/M, výr. č. 631/1997 s riadiacou jednotkou IM6/P, výr. č. 3625/1998, naviazaný na primárny etalón kermy vo vzduchu pomocou etalónových ionizačných komôr.

5. Údaje o hodnotených technických charakteristikách a metrologických charakteristikách:

Typová skúška bola vykonaná na základe normy STN EN 60846-1:2015, STN EN 60846-2:2018 a IEC 60325:2002. Skúšky boli vykonané na meradle RaySafe 452 s výrobným číslom 270863 firmware 5.0.9.

Podrobné výsledky meraní a posúdenia kritérií podľa normy STN EN 60846-1:2015 pre röntgenové žiarenie sú uvedené v protokole o meraní č. 1015-PT-20041-20, vydanom Českým metrologickým inštitútom, Oblastným inšpektorátom Praha, Rádiová 1, na oddelení primárnej metrológie veličín IZ 25.09.2020.

Skúška odozvy meradla na uhol dopadu röntgenového žiarenia (STN EN 60846-1:2015, bod 8.4.2):

Skúška bola vykonaná v uhloch dopadu $\alpha = 0^\circ; \pm 30^\circ; \pm 45^\circ; \pm 60^\circ; \pm 75^\circ$ a $\pm 90^\circ$ po x-ovej (vodorovná os rotácie, kde v záporných uhloch dopadá žiarenie na detektor zhora) aj y-ovej (zvislá os rotácie, kde v záporných uhloch dopadá žiarenie na detektor zľava) osi rotácie pri rôznych hodnotách príkonu priestorového dávkového ekvivalentu a kerry vo vzduchu na kvalitách žiarenia N80 a N100. Podľa normy STN EN 60846-1:2015 je potrebné, aby pomer hodnôt meraní medzi polohou meradla pod určitým uhlom a polohou meradla v základnej polohe ($\alpha = 0^\circ$) sa nachádzal v intervale 0,71 až 1,67. Podľa údajov výrobcu je dostačujúce, aby táto podmienka vyhovovala v intervale uhlov od -45° do 45° .

Tabuľka č. 1: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N80 pre príkon kerry vo vzduchu $K_{ar} = 8,75 \cdot 10^{-5} \text{ Gy/h}$ v x-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota K_a	Neistota K_a	Pomer hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Výsledok skúšky
[°]	[Gy/h]	[%]		[%]	
90	13,9E-05	1,6	1,66	2,3	-
75	9,35E-05	1,0	1,11	1,9	-
60	7,64E-05	1,6	0,91	2,3	-
45	8,05E-05	0,60	0,96	1,7	Vyhovuje
30	8,44E-05	1,0	1,01	1,9	Vyhovuje
0	8,39E-05	0,8	-	-	-
-30	8,36E-05	1,0	1,00	1,9	Vyhovuje
-45	8,19E-05	1,6	0,98	2,3	Vyhovuje
-60	7,64E-05	2,0	0,91	2,6	-
-75	9,58E-05	1,8	1,14	2,4	-
-90	12,4E-05	2,0	1,48	2,6	-

Tabuľka č. 2: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N100 pre prikon kerry vo vzduchu $K_{ar} = 9,72 \cdot 10^{-5}$ Gy/h v x-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota K_a	Neistota K_a	Pomer hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Výsledok skúšky
[°]	[Gy/h]	[%]		[%]	
90	13,3E-05	1,8	1,34	2,7	-
75	9,65E-05	1,0	0,97	2,2	-
60	8,05E-05	1,0	0,81	2,2	-
45	8,63E-05	0,80	0,87	2,2	Vyhovuje
30	9,27E-05	1,2	0,94	2,3	Vyhovuje
0	9,91E-05	2,0	-	-	-
-30	9,31E-05	1,0	0,94	2,2	Vyhovuje
-45	8,70E-05	1,2	0,88	2,3	Vyhovuje
-60	8,10E-05	1,4	0,82	2,4	-
-75	9,94E-05	1,2	1,00	2,3	-
-90	11,7E-04	1,8	1,18	2,7	-

Tabuľka č. 3: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N80 pre prikon kerry vo vzduchu $K_{ar} = 8,71 \cdot 10^{-5}$ Gy/h v y-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota K_a	Neistota K_a	Pomer hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Výsledok skúšky
[°]	[Gy/h]	[%]		[%]	
90	13,9E-05	1,0	1,65	2,1	-
75	9,50E-05	1,0	1,13	2,1	-
60	7,24E-05	1,2	0,86	2,2	-
45	8,00E-05	1,4	0,95	2,3	Vyhovuje
30	8,31E-05	2,0	0,99	2,7	Vyhovuje
0	8,40E-05	1,8	-	-	-
-30	8,26E-05	1,8	0,98	2,6	Vyhovuje
-45	7,98E-05	1,0	0,95	2,1	Vyhovuje
-60	7,21E-05	2,0	0,86	2,7	-
-75	9,31E-05	1,8	1,11	2,6	-
-90	12,0E-05	1,2	1,43	2,2	-

Tabuľka č. 4: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N100 pre prikon kerry vo vzduchu $K_{ar} = 9,67 \cdot 10^{-5}$ Gy/h v y-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota K_a	Neistota K_a	Pomer hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{K_a}{K_{a0}}$	Výsledok skúšky
[°]	[Gy/h]	[%]		[%]	
90	13,2E-05	1,0	1,33	1,3	-
75	9,97E-05	3,2	1,01	3,3	-
60	7,91E-05	1,2	0,80	1,4	-
45	8,50E-05	1,2	0,86	1,4	Vyhovuje
30	9,16E-05	2,2	0,93	2,3	Vyhovuje
0	9,85E-05	0,80	-	-	-
-30	9,20E-05	1,0	0,93	1,3	Vyhovuje
-45	8,46E-05	0,80	0,86	1,1	Vyhovuje
-60	7,76E-05	2,2	0,79	2,3	-
-75	9,77E-05	1,4	0,99	1,6	-
-90	11,6E-05	1,0	1,18	1,3	-

Tabuľka č. 5: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N80 pre prikon priestorového dávkového ekvivalentu $H^*(10) = 15,2 \cdot 10^{-5}$ Sv/h v x-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(10)$	Neistota $H^*(10)$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	17,4E-05	1,2	1,16	1,8	-
75	13,9E-05	1,0	0,92	1,7	-
60	12,8E-05	1,4	0,85	2,0	-
45	13,9E-05	1,0	0,92	1,7	Vyhovuje
30	14,6E-05	0,80	0,97	1,6	Vyhovuje
0	15,0E-05	1,4	-	-	-
-30	14,6E-05	0,80	0,97	1,6	Vyhovuje
-45	13,7E-05	1,0	0,91	1,7	Vyhovuje
-60	12,2E-05	0,80	0,81	1,6	-
-75	13,4E-05	1,0	0,89	1,7	-
-90	12,7E-05	1,2	0,84	1,8	-

Tabuľka č. 6: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N100 pre príkon priestorového dávkového ekvivalentu $H^*_r(\dot{10}) = 16,5 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/h}$ v x-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(\dot{10})$	Neistota $H^*(\dot{10})$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(\dot{10})}{H^*(\dot{10})_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(\dot{10})}{H^*(\dot{10})_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	16,6E-05	1,2	1,00	1,3	-
75	14,6E-05	1,0	0,88	1,2	-
60	13,4E-05	1,2	0,81	1,3	-
45	14,5E-05	1,0	0,88	1,2	Vyhovuje
30	15,7E-05	1,2	0,95	1,3	Vyhovuje
0	16,6E-05	0,60	-	-	-
-30	15,5E-05	1,0	0,93	1,2	Vyhovuje
-45	14,4E-05	0,80	0,87	1,0	Vyhovuje
-60	12,8E-05	1,2	0,77	1,3	-
-75	14,2E-05	2,0	0,86	2,1	-
-90	12,2E-05	1,2	0,74	1,3	-

Tabuľka č. 7: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N80 pre príkon priestorového dávkového ekvivalentu $H^*_r(\dot{10}) = 15,2 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/h}$ v y-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(\dot{10})$	Neistota $H^*(\dot{10})$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(\dot{10})}{H^*(\dot{10})_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(\dot{10})}{H^*(\dot{10})_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	17,0E-05	0,80	1,14	1,1	-
75	13,4E-05	1,8	0,90	2,0	-
60	12,0E-05	1,2	0,81	1,4	-
45	13,7E-05	0,80	0,92	1,1	Vyhovuje
30	14,5E-05	1,4	0,97	1,6	Vyhovuje
0	14,9E-05	0,80	-	-	-
-30	14,4E-05	0,80	0,97	1,1	Vyhovuje
-45	13,5E-05	0,80	0,91	1,1	Vyhovuje
-60	11,9E-05	1,0	0,80	1,3	-
-75	13,2E-05	1,0	0,89	1,3	-
-90	15,5E-05	1,0	1,04	1,3	-

Tabuľka č. 8: Odozva meradla na uhlovú závislosť kvality žiarenia N100 pre príkon priestorového dávkového ekvivalentu $H^*(10) = 16,5 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/h}$ v y-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(10)$	Neistota $H^*(10)$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	16,3E-05	1,2	0,99	1,4	-
75	14,3E-05	0,60	0,87	1,0	-
60	12,8E-05	1,2	0,78	1,4	-
45	14,4E-05	1,8	0,87	2,0	Vyhovuje
30	15,5E-05	0,80	0,94	1,1	Vyhovuje
0	16,5E-05	0,80	-	-	-
-30	15,5E-05	1,4	0,94	1,6	Vyhovuje
-45	14,1E-05	0,80	0,86	1,1	Vyhovuje
-60	12,7E-05	0,80	0,77	1,1	-
-75	13,8E-05	1,0	0,84	1,3	-
-90	15,2E-05	1,0	0,92	1,3	-

Skúška odozvy meradla na uhol dopadu gama žiarenia (STN EN 60846-1:2015, bod 8.4.2):

Skúška bola vykonaná podobne ako pri röntgenovom žiarení v tých istých uhloch a v tých istých osiach rotácií pri hodnote príkonu priestorového dávkového ekvivalentu $H^*(10) = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/h}$. Podľa normy STN EN 60846-1:2015 je potrebné, aby pomer hodnôt meraní medzi polohou meradla pod určitým uhlom a polohou meradla v základnej polohe ($\alpha = 0^\circ$) sa nachádzal v intervale 0,71 až 1,67. Podľa údajov výrobcu je dostačujúce, aby táto podmienka vyhovovala v intervale uhlov od -45° do 45° .

Tabuľka č. 9: Odozva meradla na uhlovú závislosť gama žiarenia v x-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(10)$	Neistota $H^*(10)$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	0,77E-05	1,2	0,62	1,9	-
75	1,00E-05	1,3	0,80	2,0	-
60	1,04E-05	1,0	0,84	1,8	-
45	1,16E-05	1,0	0,93	1,8	Vyhovuje
30	1,20E-05	1,2	0,96	1,9	Vyhovuje
0	1,25E-05	1,5	-	-	-
-30	1,24E-05	1,8	0,99	2,3	Vyhovuje
-45	1,18E-05	1,0	0,95	1,8	Vyhovuje
-60	1,12E-05	1,4	0,90	2,1	-
-75	1,02E-05	1,0	0,82	1,8	-
-90	0,82E-05	1,1	0,66	1,9	-

Tabuľka č. 10: Odozva meradla na uhlovú závislosť gama žiarenia v y-ovej osi rotácie

Uhol dopadu	Indikovaná hodnota $H^*(10)$	Neistota $H^*(10)$	Pomer hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Neistota pomeru hodnôt $\frac{H^*(10)}{H^*(10)_0}$	Výsledok skúšky
[°]	[Sv/h]	[%]		[%]	
90	0,70E-05	0,82	0,56	1,7	-
75	0,93E-05	0,60	0,75	1,6	-
60	1,03E-05	0,88	0,83	1,7	-
45	1,17E-05	1,3	0,94	2,0	Vyhovuje
30	1,20E-05	1,1	0,96	1,9	Vyhovuje
0	1,25E-05	1,5	-	-	-
-30	1,20E-05	1,1	0,96	1,8	Vyhovuje
-45	1,16E-05	0,95	0,93	1,8	Vyhovuje
-60	1,09E-05	0,91	0,88	1,7	-
-75	0,95E-05	0,81	0,76	1,7	-
-90	0,79E-05	0,92	0,63	1,8	-

Skúška odozvy meradla na linearitu a štatistické fluktuácie priestorového dávkového ekvivalentu a kermy vo vzduchu (STN EN 60846-1:2015, bod 8.7):

Skúška pozostávala v meraní kumulovaných hodnôt približne 20%, 40% a 80% každej dekády priestorového dávkového ekvivalentu v celom rozsahu. Podľa článku 8.7. je potrebné, aby linearita hodnôt nepresahovala rozsah -15% až 22%.

Skúška bola vykonaná na meradlách Raysafe 452 Ambient a Raysafe 452 Air kerma. Výsledky sú uvedené v tabuľke č. 11 a č. 12.

Tabuľka č. 11: Odozva meradla RaySafe 452 Ambient na linearitu kumulovaných hodnôt priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia

Por.č.	Hodnota príkonu $H^*(10)$ [Sv/h]	Neistota $U(H^*(10))$ [%]	Skutočná hodnota $H^*(10)$ [Sv/h]	Neistota $H^*(10)$ [%]	Skutočná hodnota $H^*(10)$ [Sv/h]	Linearita I [%]	Výsledok
1	2,83E-06	3,5	2,00E-06	5,0	2,43E-06	21,5	Vyhovuje
2*	4,97E-06	3,5	4,00E-06	5,0	4,96E-06	24,0	Vyhovuje
3	1,14E-05	3,5	8,00E-06	5,0	9,19E-06	14,9	Vyhovuje
4	2,58E-05	3,4	2,00E-05	5,0	2,21E-05	10,5	Vyhovuje
5	4,54E-05	3,4	4,00E-05	5,0	4,36E-05	9,0	Vyhovuje
6	8,31E-05	2,9	8,00E-05	5,0	8,64E-05	8,0	Vyhovuje
7	3,32E-04	2,9	2,00E-04	5,0	2,15E-04	7,5	Vyhovuje
8	5,17E-04	2,9	4,00E-04	5,0	4,28E-04	7,0	Vyhovuje
9	9,13E-04	2,9	8,00E-04	5,0	8,56E-04	7,0	Vyhovuje
10	2,76E-03	2,9	2,00E-03	5,0	2,13E-03	6,5	Vyhovuje
11	4,01E-03	2,8	4,00E-03	5,0	4,26E-03	6,5	Vyhovuje
12	1,06E-02	2,8	8,00E-03	5,0	8,55E-03	6,9	Vyhovuje
13	3,17E-02	2,8	2,00E-02	5,0	2,15E-02	7,5	Vyhovuje
14	4,32E-02	2,8	4,00E-02	5,0	4,30E-02	7,5	Vyhovuje
15	9,90E-02	2,8	8,00E-02	5,0	8,59E-02	7,4	Vyhovuje
16	2,76E-01	2,7	2,00E-01	5,0	2,15E-01	7,5	Vyhovuje
17	5,46E-01	2,7	4,00E-01	5,0	4,30E-01	7,5	Vyhovuje
18	8,64E-01	2,7	8,00E-01	5,0	8,60E-01	7,5	Vyhovuje

*Skúška vyhovela pri zarátaní neistoty skutočnej hodnoty 5%.

Tabuľka č. 12: Odozva meradla Raysafe 452 Air kerma na linearitu kumulovaných hodnôt kermy vo vzduchu gama žiarenia

Por.č.	Hodnota príkonu \dot{K}_a	Neistota $U(\dot{K}_a)$	Skutočná hodnota K_a	Neistota K_a	Indikovaná hodnota K_a	Linearita I	Výsledok
	[Gy/h]	[%]	[Gy/h]	[%]	[Gy/h]	[%]	
1	2,34E-06	2,9	2,00E-06	5,00	2,27E-06	13,5	Vyhovuje
2	4,11E-06	2,9	4,00E-06	5,0	4,73E-06	18,3	Vyhovuje
3	9,45E-06	2,9	8,00E-06	5,0	9,11E-06	13,9	Vyhovuje
4	2,13E-05	2,8	2,00E-05	5,0	2,18E-05	9,0	Vyhovuje
5	3,75E-05	2,8	4,00E-05	5,0	4,31E-05	7,8	Vyhovuje
6	8,11E-05	2,4	8,00E-05	5,0	8,59E-05	7,4	Vyhovuje
7	2,75E-04	2,4	2,00E-04	5,0	2,13E-04	6,5	Vyhovuje
8	4,27E-04	2,4	4,00E-04	5,0	4,25E-04	6,3	Vyhovuje
9	7,54E-04	2,4	8,00E-04	5,0	8,51E-04	6,4	Vyhovuje
10	2,28E-03	2,4	2,00E-03	5,0	2,12E-03	6,0	Vyhovuje
11	5,23E-03	2,3	4,00E-03	5,0	4,23E-03	5,7	Vyhovuje
12	9,39E-03	2,3	8,00E-03	5,0	8,44E-03	5,5	Vyhovuje
13	2,62E-02	2,3	2,00E-02	5,0	2,12E-02	6,0	Vyhovuje
14	5,18E-02	2,3	4,00E-02	5,0	4,25E-02	6,2	Vyhovuje
15	8,18E-02	2,3	8,00E-02	5,0	8,51E-02	6,4	Vyhovuje
16	2,28E-01	2,2	2,00E-01	5,0	2,14E-01	7,0	Vyhovuje
17	4,52E-01	2,2	4,00E-01	5,0	4,27E-01	6,7	Vyhovuje
18	7,14E-01	2,2	8,00E-01	5,0	8,53E-01	6,6	Vyhovuje

Skúška odozvy meradla na linearitu a štatistické fluktuácie príkonu priestorového dávkového ekvivalentu a príkonu kermy vo vzduchu (STN EN 60846-1:2015, bod 8.7):

Podobne ako pri skúške odozvy meradla na linearitu a štatistické fluktuácie priestorového dávkového ekvivalentu a kermy vo vzduchu, aj tu skúška pozostávala v meraní hodnôt približne 20%, 40% a 80% každej dekády príkonu priestorového dávkového ekvivalentu v celom rozsahu. Meranie sa zopakovalo v každom bode 10 – krát. Podľa článku 8.7. je potrebné, aby linearita hodnôt bola v rozsahu -15% až 22% a taktiež aby koeficient variácie v nebol väčší ako $5 \cdot c_1$, kde c_1 je hodnota určená počtom hodnôt meraní a opakovateľnosťou jedného merania, v našom prípade $c_1=1,259$ (pri meraní príkonov menších ako hodnota $11\dot{H}_0$, kde \dot{H}_0 je najnižší bod efektívneho rozsahu meradla, nesmie presahovať koeficient variácie hodnotu $(16 - \dot{H}/\dot{H}_0) \cdot c_1$). Skúška bola vykonaná na meradlách Raysafe 452 Ambient a Raysafe 452 Air kerma. Výsledky sú uvedené v tabuľke č. 13 a č. 14.

Tabuľka č. 13: *Odozva meradla RaySafe 452 Ambient na linearitu a štatistické fluktuácie príkonu priestorového dávkového ekvivalentu gama žiarenia*

Por.č.	Skutočná hodnota $H^*(10)$	Neistota $U(H^*(10))$	Indikovaná hodnota $H^*(10)$	Neistota $U(H^*(10))$	Linearita I	Koef. variácie v	Výsledok
	[Sv/h]	[%]	[Sv/h]	[%]	[%]		
1	3,09E-07	3,52	3,42E-07	4,9	10,7	8,0	Vyhovuje
2	7,09E-07	3,50	7,38E-07	4,2	4,0	7,9	Vyhovuje
3	1,82E-06	3,49	1,90E-06	3,0	4,9	4,5	Vyhovuje
4	4,13E-06	3,49	4,08E-06	1,9	-1,3	2,9	Vyhovuje
5	8,37E-06	3,49	9,09E-06	1,4	8,7	2,2	Vyhovuje
6	1,65E-05	3,46	1,89E-05	3,6	14,3	5,7	Vyhovuje
7	4,54E-05	3,46	5,00E-05	1,8	10,2	2,8	Vyhovuje
8	8,31E-05	3,10	8,84E-05	0,93	6,3	1,5	Vyhovuje
9	1,70E-04	3,09	1,79E-04	3,2	5,1	5,0	Vyhovuje
10	3,32E-04	3,09	3,56E-04	1,0	7,2	1,6	Vyhovuje
11	9,13E-04	3,09	9,73E-04	0,76	6,5	1,2	Vyhovuje
12	2,02E-03	3,09	2,15E-03	0,94	6,2	1,5	Vyhovuje
13	4,01E-03	3,06	4,25E-03	0,76	5,9	1,2	Vyhovuje
14	7,82E-03	3,03	8,38E-03	0,47	7,1	0,75	Vyhovuje
15	2,42E-02	3,03	2,60E-02	0,30	7,5	0,48	Vyhovuje
16	4,32E-02	3,03	4,64E-02	0,19	7,4	0,31	Vyhovuje
17	6,76E-02	2,98	7,33E-02	0,13	8,5	0,21	Vyhovuje
18	2,10E-01	2,97	2,27E-01	0,13	8,1	0,21	Vyhovuje
19	3,76E-01	2,97	4,06E-01	0,10	7,9	0,16	Vyhovuje
20	8,64E-01	2,97	9,25E-01	0,048	7,1	0,076	Vyhovuje

Tabuľka č. 14: Odozva meradla Raysafe 452 Air kerma na linearitu a štatistické fluktuácie príkonu kermy vo vzduchu gama žiarenia

Por.č.	Skutočná hodnota K_a [Gy/h]	Neistota $U(K_a)$ [%]	Indikovaná hodnota K_a [Gy/h]	Neistota $U(K_a)$ [%]	Linearita I [%]	Koef. variácie v	Výsledok
1	4,50E-07	2,9	5,00E-07	5,8	11,0	10,1	Vyhovuje
2	7,67E-07	2,9	8,19E-07	4,9	6,7	9,5	Vyhovuje
3	2,34E-06	2,9	2,41E-06	2,9	3,3	4,4	Vyhovuje
4	4,11E-06	2,9	4,30E-06	2,4	4,6	3,6	Vyhovuje
5	9,45E-06	2,9	9,64E-06	0,88	2,0	1,4	Vyhovuje
6	2,13E-05	2,8	2,28E-05	1,9	7,3	3,0	Vyhovuje
7	3,75E-05	2,8	4,00E-05	1,1	6,7	1,8	Vyhovuje
8	8,11E-05	2,8	8,56E-05	1,3	5,5	2,0	Vyhovuje
9	1,91E-04	2,4	2,06E-04	2,7	7,7	4,3	Vyhovuje
10	4,27E-04	2,4	4,51E-04	1,1	5,5	1,7	Vyhovuje
11	7,54E-04	2,4	8,02E-04	1,1	6,3	1,7	Vyhovuje
12	2,28E-03	2,4	2,42E-03	0,86	6,2	1,4	Vyhovuje
13	5,23E-03	2,3	5,53E-03	0,52	5,8	0,83	Vyhovuje
14	9,39E-03	2,3	9,88E-03	0,32	5,2	0,51	Vyhovuje
15	2,00E-02	2,3	2,13E-02	0,20	6,8	0,32	Vyhovuje
16	3,57E-02	2,3	3,81E-02	0,22	6,7	0,35	Vyhovuje
17	8,18E-02	2,3	8,72E-02	0,13	6,6	0,21	Vyhovuje
18	2,28E-01	2,2	2,44E-01	0,082	7,2	0,13	Vyhovuje
19	4,52E-01	2,2	4,83E-01	0,074	6,9	0,12	Vyhovuje
20	7,14E-01	2,2	7,63E-01	0,040	6,8	0,063	Vyhovuje

Skúška odozvy meradla na preťaženie (STN EN 60846-1:2015, bod 8.8):

Na zistenie odozvy na preťaženie meradla podľa bodu 8.8 normy STN EN 60846 – 1: 2015 bolo potrebné vystaviť meradlo hodnote príkonu priestorového dávkového ekvivalentu väčšej, ako je určený rozsah meradla. Meradlo bolo po dobu piatich minút umiestnené vo fotónom poli s príkonom priestorového dávkového ekvivalentu 10 Sv/h. Počas celej doby merania meradlo signalizovalo preťaženie a po znížení príkonu priestorového dávkového ekvivalentu na hodnotu nachádzajúcu sa vo funkčnom rozsahu bolo meradlo funkčné, čo bolo aj kritériom daného bodu normy STN EN 60846 – 1: 2015.

Skúška doby odozvy meradla (STN EN 60846-1:2015, bod 8.9):

Počas skúšky doby odozvy bolo meradlo vystavené postupnému zvýšeniu a zníženiu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu. Pri hodnotách príkonu priestorového dávkového ekvivalentu menších ako 10 mSv/h podľa bodu 8.9. normy 60846 – 1 má meradlo indikovať do desiatich sekúnd 90% zmeny hodnoty fotónového žiarenia a nad 10 mSv/h má meradlo zmenu indikovať do dvoch sekúnd. Navyše po 60 sekundách má mať meradlo približne rovnakú hodnotu v intervale $(1\pm 0,1)\dot{H}_f$, kde \dot{H}_f je finálna hodnota príkonu priestorového dávkového ekvivalentu po danom zvýšení/znížení. Skúška prebiehala zvýšením/znížením príkonu priestorového dávkového ekvivalentu postupne o jednu dekádu v celom rozsahu. Meradlo zobrazovalo hodnoty príkonu

priestorového dávkového ekvivalentu odpovedajúce referenčným hodnotám pri danom zvýšení/znížení. Meradlo sme nažarovali aj po dobu 60 sekúnd danou finálnou hodnotou príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, pričom táto hodnota sa po celú dobu nezmenila.

Skúška indikácie alarmu priestorového dávkového ekvivalentu (STN EN 60846-1:2015, bod 8.13.1)

Podľa bodu 8.13.1 bolo potrebné meradlo vystaviť takému príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, aby sa alarm aktivoval za najmenej 100 sekúnd. Pri tomto meraní sa stanovuje čas, za ktorý sa alarm aktivuje, a pomocou tohto času sa vynásobením s príkonom priestorového dávkového ekvivalentu určí skutočne nažiaraná hodnota priestorového dávkového ekvivalentu. Ak sa táto hodnota nachádza medzi $0,8H_a$ a $1,2H_a$ a , kde H_a je nastavená hodnota alarmu priestorového dávkového ekvivalentu, tak meradlo vyhovelo danej skúške.

Na meradle bola nastavená indikácia alarmu na hodnotu priestorového dávkového ekvivalentu $100 \mu\text{Sv}$. Meradlo bolo vystavené príkonu priestorového dávkového ekvivalentu $83,1 \mu\text{Sv/h}$. Alarm sa aktivoval po 4288 sekundách. Po vynásobení zmeraného času príkonom je hodnota priestorového dávkového ekvivalentu rovná $99 \mu\text{Sv}$, čo spĺňa podmienky bodu 8.13.1.

Skúška indikácie alarmu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu (STN EN 60846-1:2015, bod 8.13.2)

Podľa bodu 8.13.2 bolo potrebné meradlo vystaviť po dobu desiatich minút príkonu priestorového dávkového ekvivalentu s hodnotou $0,8\dot{H}_a$, kde \dot{H}_a je nastavená hodnota príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, kedy sa na meradle spustí alarm. Počas tejto doby meradlo malo vykazovať indikáciu alarmu nanajvýš 60 sekúnd. Následne bolo potrebné meradlo vystaviť po dobu desiatich minút príkonu priestorového dávkového ekvivalentu o hodnote $1,2\dot{H}_a$. Počas tejto doby meradlo malo vykazovať indikáciu alarmu najmenej 540 sekúnd.

Na meradle bola nastavená indikácia alarmu na hodnotu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu $10 \mu\text{Sv/h}$. Pri hodnote príkonu menšej ako alarm ($\dot{H}^*(10)=8 \mu\text{Sv/h}$) sa alarm vôbec nespustil, pri hodnote príkonu väčšej ako alarm ($\dot{H}^*(10)=12 \mu\text{Sv/h}$) bol alarm spustený po celú dobu nažarovania, čo spĺňa podmienky bodu 8.13.2

Tabuľka č. 15 Vyhodnotenie meraní

Charakteristické vlastnosti	Menovitý rozsah ovplyvňovanej veličiny	Kritérium relatívnej odozvy prístroja pre menovitý rozsah meradla	STN EN 60846-1:2015	Výsledok
Odozva meradla na uhol dopadu	-45° - +45°	0,71 – 1,67	8.4.2	Vyhovuje
Odozva meradla na linearitu	1µSv/h – 1Sv/h 1µSv – 1Sv	-15% - +22% -15% - +22%	8.7	Vyhovuje
Odozva meradla na štatistické fluktuácie	$\dot{H} < \dot{H}_0$ $\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 11\dot{H}_0$ $\dot{H} \geq 11\dot{H}_0$	15% (16 – \dot{H}/\dot{H}_0) % 5 %	8.7	Vyhovuje
Odozva meradla od preťaženia	10 Sv/h po dobu 5 minút	Preťaženie počas celej doby merania	8.8	Vyhovuje
Doba odozvy	$\dot{H}_f < 10$ mSv/h $\dot{H}_f > 10$ mSv/h Po dobu 60 sekúnd	< 10 s < 2 s (1±0,1) \dot{H}_f	8.9	Vyhovuje
Presnosť alarmu pr. dávk. ekv. $H^*(10)$	max. $H^*(10)$ (nastavená hodnota 100 µSv)	$0,8H^*(10) < t \cdot \dot{H}^*(10)$ $< 1,2H^*(10)$	8.13.1	Vyhovuje
Presnosť alarmu príkonu pr. dávk. ekv. $\dot{H}^*(10)$	max. $\dot{H}^*(10)$ (nastavená hodnota 10 µSv/h)	$0,8(\max. \dot{H}^*(10)) < 10 \%$ $1,2(\max. \dot{H}^*(10)) > 90 \%$	8.13.2	Vyhovuje

Skúška závislosti účinnosti meradla od energie častíc (IEC 60325:2002, bod 9.5)

Skúška závislosti účinnosti meradla od energie častíc podľa bodu 9.5 normy IEC 60325:2002 sa vykonala použitím etalónov typu EZ Cl-36 (v.č.290319-924087), Co-60 (v.č.290319-1311035), Sr-90 (v.č. 141114-1059349) a Am-241 (v.č. 141114-1132126). V tabuľke č. 16 sú uvedené hodnoty indikovanej aktivity, odozva meradla a zistená účinnosť ako aj účinnosť udanú výrobcami jednotlivých etalónov. Zistené účinnosti sa zhodujú s hodnotami uvedenými výrobcami.

Tabuľka č.16 Skúška závislosti účinnosti meradla od energie častíc

Nuklid	Cl-36	Co-60	Sr-90	Am-241
Odozva meradla [cps]	4788	2378	1645	506
Zistená účinnosť [%]	4,5	7,8	4,3	8,9
Účinnosť podľa výrobcu [%]	4	6	3	8

6. Zistené nedostatky

Nedostatky neboli zistené.

7. Záver

Z výsledkov posudzovania vyplýva, že uvedený typ meradla vyhovuje svojimi technickými charakteristikami, metrologickými charakteristikami a konštrukčným vyhotovením v rozsahu určeného použitia všetkým požiadavkám vzťahujúcim sa

na daný druh meradla ustanovenými vyhláškou ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole, prílohou č. 64 vyhlášky č. 161/2019 Z. z. ÚNMS SR, STN EN 60846-1:2015, STN EN 60846-2:2018.

8. Čas platnosti rozhodnutia

Podľa § 21 zákona č. 157/2018 Z. z. o metrologii a o zmene a doplnení niektorých zákonov je doba platnosti certifikátu typu meradla 10 rokov.

9. Údaje na meradle

Zariadenie musí byť označené štítkom obsahujúcim názov výrobcu, typové označenie a výrobné číslo.

10. Overenie

Meradlo sa overuje pri prvotnom aj následnom overení podľa STN EN 60846-1:2015 požiadavky článku 8.7 minimálne v rozsahu overenia linearitu a štatistických fluktuácií odozvy pre minimálne jednu hodnotu v každej dekáde efektívneho meracieho rozsahu príkonu priestorového dávkového ekvivalentu, minimálne pre jednu hodnotu priestorového dávkového ekvivalentu a minimálne pre jednu hodnotu alarmu.

Čas platnosti overenia podľa položky 8.4 prílohy č. 1 vyhlášky ÚNMS SR č. 161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole je 2 roky.

Pokiaľ bude meradlo používané ako určené meradlo, musí byť na ňom na viditeľnom mieste umiestnená overovacia značka, nalepená na bočnú stranu meradla.

V súlade s článkom 14 STN EN 60846-1:2015 s každým meradlom musí byť dodávané osvedčenie, ktoré musí obsahovať aspoň tieto údaje:

- Meno výrobcu alebo registrovanú ochrannú známku;
- Typ zariadenia a výrobné číslo;
- Druhy žiarenia, ktoré má zariadenie merať;
- Meranú veličinu;
- Efektívny merací rozsah zariadenia;
- Reakciu ako funkciu energie žiarenia;
- Referenčný bod prístroja, kalibračný sme na účely kalibrácie a referenčnú polohu vzhľadom na zdroj žiarenia.

S každým meradlom sa musí dodať návod na obsluhu a údržbu v súlade s STN EN 61187:2002 a certifikát typu meradla.