

# **DOPORUČENÍ**

*KORESPONDENČNÍ TLD AUDIT V SYSTÉMU JAKOSTI  
V RADIOTERAPII*

# OBSAH

Úvod	3
Význam použitých zkratk	4
1. Metodika TLD měření	5
1.1. Popis TLD systému	5
1.2. Stanovení dávky	6
2. TLD audit v radioterapii – popis metodik a vyhodnocení výsledků	8
2.1. Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem a kontrola kvality svazku	8
2.2. Kontrola vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu	10
2.3. Kontrola vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem	12
2.4. Vyhodnocení a analýza výsledků	12
2.5. Organizace a praktická realizace korespondenčních auditů	14
Literatura	16
Přílohy – podrobné návody a protokoly pro radioterapeutická pracoviště	17
I. Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem a kontrola kvality svazku	18
II. Kontrola vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu	27
III. Kontrola vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem	40
IV. Příklady protokolů pro TLD audit	44

# ÚVOD

Tato publikace je přepracované první vydání Doporučení pro nezávislý korespondenční TLD audit v radioterapii z roku 2003 /1/. K potřebě revize existujícího Doporučení vedlo několik důvodů. Především došlo ke změně konceptu stanovení absorbované dávky v externí radioterapii. Radioterapeutická pracoviště postupně přecházejí na novou metodiku stanovování absorbované dávky v referenčním bodě danou českým překladem mezinárodního doporučení IAEA TRS 398 /2/. To s sebou přineslo nutnost určitých dílčích, převážně však formálních změn v dosavadní metodice TLD auditu. Dalším významným důvodem revize bylo postupné zavádění nových moderních lineárních urychlovačů vybavených vícelamelovým kolimátorem do klinické radioterapie v ČR. V souvislosti s tímto trendem nastala potřeba vývoje metodiky TLD auditu specificky zaměřené právě na tento typ ozařovačů. Příslušná nová metodika byla vypracována na základě vyhodnocení výsledků poměrně široké pilotní studie realizované na českých radioterapeutických pracovištích, přičemž byly rovněž využity postupy a zkušenosti Laboratoře pro zabezpečení jakosti ESTRO. Tato verze Doporučení je tedy po stránce metodik rozšířením původního Doporučení. Nicméně oproti původnímu vydání byl poněkud zobecněn popis samotného stanovení dávky z TLD měření, a to z toho důvodu, že konkrétní původně uváděné hodnoty potřebných korekčních faktorů se mohou průběžně měnit v závislosti na použité sadě a typu TLD materiálu.

Nezávislé korespondenční TLD audity jsou provozovány již od roku 1997 Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO) pro potřeby Státního úřadu pro jadernou bezpečnost nebo na žádost radioterapeutických pracovišť. Pokud jde o systém pravidelného provádění TLD auditu pro potřeby státní inspekce, předpokladem je, že základem nadále zůstane kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem (dříve kontrola kalibrace svazku). Každý klinicky používaný svazek v externí radioterapii by měl být zkontrolován touto formou TLD auditu nejméně jednou za dva roky. Klinická pracoviště, na kterých byly při předchozím auditu nalezeny odchylky překračující toleranční rozmezí, se musí podrobit této kontrole častěji. Na přímou žádost státní inspekce lze však provést i další v tomto Doporučení uvedené verze TLD auditu, tedy kontrolu vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu nebo kontrolu vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem. O provedení těchto pokročilejších verzí však mohou kdykoliv požádat i radioterapeutická pracoviště pro své vlastní potřeby nebo v situacích, kdy je nezávislé měření žádoucí, např. po instalaci nového lineárního urychlovače s vícelamelovým kolimátorem nebo po instalaci nového plánovacího systému.

## VÝZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$E_0, E_z$	Střední energie elektronového svazku na povrchu, resp. v hloubce $z$ fantomu. Jednotka: MeV
Počet MU	Počet monitorovacích jednotek
PDD	Procentuální hloubková dávka <i>Percentage Depth Dose</i>
$PDD_{20/10}$	Poměr hodnot procentuální hloubkové dávky v hloubkách 20 a 10 cm ve vodním fantomu ve svazku o velikosti $10 \times 10 \text{ cm}^2$ v rovině fantomu, přičemž $SSD = 100 \text{ cm}$ .
$R_{50}$	Hloubka ve vodě na centrální ose svazku, v níž absorbovaná dávka klesne na polovinu své maximální hodnoty. Požívá se jako ukazatel kvality elektronových svazků. Jednotka: $\text{g/cm}^2$
SAD	Vzdálenost osy rotace ramene od zdroje <i>Source Axis Distance</i>
SCD	Vzdálenost osy ionizační komory od zdroje <i>Source Chamber Distance</i>
SSD	Vzdálenost povrchu fantomu (pacienta) od zdroje <i>Source Surface Distance</i>
$TPR_{20/10}$	Poměr hodnot dávky v hloubkách 20 a 10 $\text{g/cm}^2$ pro svazek velikosti $10 \times 10 \text{ cm}^2$ a konstantní $SCD = 100 \text{ cm}$ . Používá se jako ukazatel kvality vysokoenergetických fotonových svazků.
$Z_{\text{ref}}$	Referenční hloubka v $\text{g/cm}^2$ pro měření ve fantomu.
$Z_{\text{max}}$	Hloubka, ve které nabývá sledovaná veličina svého maxima.

# 1. METODIKA TLD MĚŘENÍ

## 1.1. Popis TLD systému

Použitý TLD systém (TL-materiál, forma dozimetrů, vyhodnocovací zařízení, způsob zpracování naměřených dat) musí respektovat specifika měření dávek v externí radioterapii. V podmínkách České republiky se převážně jedná o měření absorbované dávky ve vodě v oblasti hodnot kolem 2 Gy sdělené zářením gama o energii 662 keV ( $^{137}\text{Cs}$ ) nebo 1,25 MeV ( $^{60}\text{Co}$ ), elektrony o energii 4 až 20 MeV a brzdým zářením X v rozsahu 4 až 18 MV (lineární urychlovače elektronů).

S přihlédnutím k zastoupení jednotlivých kvalit záření používaných v České republice byl jako **TL materiál** vybrán **LiF:Mg,Ti** (typ MT-N, výrobce TLD Niewiadowski, Polsko) v práškové formě. Tento materiál vykazuje z dozimetrického hlediska některé vhodné vlastnosti, jako je nekomplikovaná dávková a energetická závislost a přijatelná míra fadingu. Jednou z dalších výhod je, že efektivní atomové číslo tohoto materiálu ( $Z_{\text{ef}} = 8,14$ ) jej přibližuje k požadavku tkáňové ekvivalentnosti ( $Z_{\text{ef,tkáň}} = 7,42$ ). Vzhledem k tomu, že velikost zrn prášku je mezi 80 a 200  $\mu\text{m}$ , není třeba materiál prosívat (přítomnost zrn menších než 70  $\mu\text{m}$  by zhoršila přesnost měření). Příprava a měření dozimetrů ve formě prášku je sice manuálně náročnější, ale jeho využití je ospravedlněno dosažením větší přesnosti měření, neboť materiál ve formě prášku je chemicky mnohem homogennější než stejný materiál ve formě pevných detektorů. Velmi dobrá reprodukovatelnost a přesnost měření je přitom v radioterapii nezbytná.



**Obr. 1:** Měřicí TLD systém – manuální vyhodnocovací zařízení Harshaw 4000 a dispenzor pro přípravu TLD vzorků

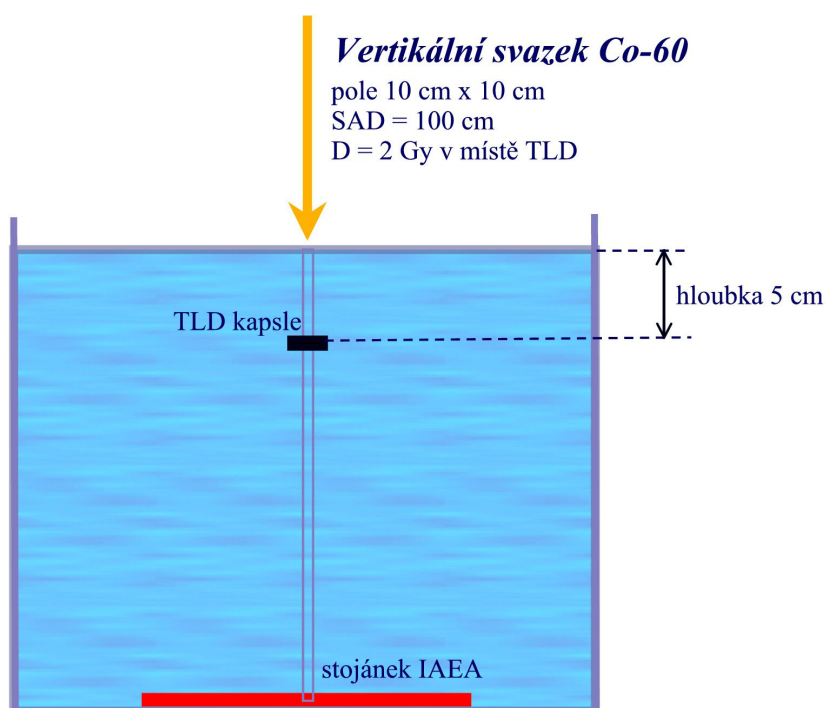
Před dozimetrickým použitím nové sady TL prášku se vždy provádí jeho annealing k dosažení optimalizace dozimetrických charakteristik. **Annealing** je realizován vyhříváním prášku v peci při teplotě 400°C po dobu 1 hodiny a následně při teplotě 100°C po dobu 2 hodin. Poté je materiál skladován na suchém tmavém místě se stabilní pokojovou teplotou, kde je připraven k použití.

Samotný **TL dozimetr** má formu světlotěsné vodotěsné cylindrické polyetylénové kapsle naplněné připraveným TL práškem (délka 20 mm, vnitřní průměr 3 mm, tloušťka stěny 1 mm). Rozdělený v kapslích je TL materiál připraven k ozáření v určité poloze ve fantomu. Každá kapsle obsahuje přibližně 160 mg prášku, což poskytuje 9 až 10 identických vzorků ( $15,8 \text{ mg} \pm 1,3 \%$ ). Tyto vzorky jsou připraveny pomocí speciálního přesného dispensoru (viz obr. 1), který umožňuje vložení jednotlivých vzorků TL materiálu do kovových mističek. Tyto mističky jsou dostatečně malé, aby mohly být vloženy na vyhřívací planžetu vyhodnocovacího zařízení. Ozářený materiál je pak měřen při aplikaci optimalizovaného vyhřívacího cyklu. V případě materiálu LiF:Mg,Ti a manuálního vyhodnocovacího zařízení Harshaw 4000 (viz obr. 1) vyhřívací cyklus zahrnuje předehřev na teplotu  $130^\circ\text{C}$  po dobu 8 s, následovaný lineárním vzestupem teploty rychlostí  $10^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$  na maximum  $250^\circ\text{C}$ , kdy dochází ke čtení signálu po dobu 20 s. Během těchto měření jsou rovněž registrovány vyhřívací křivky jednotlivých vzorků z důvodu možnosti zachycení eventuálních chyb přístroje nebo materiálu.

Jednotlivé naměřené odezvy vzorků připravených z TLD kapslí ozářených na dávku 2 Gy vykazují Gaussovo rozdělení s variačním koeficientem  $v = 1,85 \%$ . Variační koeficient pro průměr vztažený k jedné kapsli potom nepřekračuje hodnotu  $0,65 \%$ .

## 1.2. Stanovení dávky

TL dozimetrie je relativní metoda a k převodu naměřených hodnot na dávku je nezbytná přesná **kalibrace TLD systému**. Pro odvození kalibračního faktoru TLD systému je skupina TL dozimetrů ozářena dávkou 2 Gy pomocí referenčního zdroje  $^{60}\text{Co}$ . Při ozáření jsou dozimetry vloženy ve vodním fantomu v přesně definované poloze pomocí standardního stojánu IAEA (viz obr. 2). Dozimetr je přitom uložen v hloubce 5 cm ve vzdálenosti 100 cm od zdroje při nastavení ozařovacího pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . Dávka je určena na základě předchozího ionizačního měření komůrkou PTW 30002 a elektrometrem PTW Unidos 10002, které jsou každé 2 roky ověřovány v Českém metrologickém institutu nebo v autorizovaném metrologickém středisku. Stanovení dávky je přitom v souladu s protokolem IAEA /2/.



**Obr. 2:** Kalibrace TL-dozimetru ve vodním fantomu

Pokud  $R_{cal}$  [nC] je naměřená odezva kalibračních TL dozimetrů ozářených dávkou  $D_{cal}$  [Gy], pak kalibrační faktor TLD systému,  $K_{cal}$ , je:

$$K_{cal} = D_{cal}/R_{cal} \text{ [Gy/nC]}$$

K přepočtu naměřené hodnoty TL dozimetru na dávku jsou však, kromě kalibračního faktoru TLD systému  $K_{cal}$ , zapotřebí i další korekční faktory zohledňující dozimetrické vlastnosti TL materiálu, a to jeho energetickou závislost, dávkovou závislost a fading.

Korekční faktor pro energetickou závislost,  $K_{en}$ , je třeba aplikovat, pokud se kvalita měřeného záření liší od kvality svazku  $^{60}\text{Co}$ , tedy pro svazky záření X a svazky elektronů. Faktor  $K_{en}$  se pak určuje na základě měření za referenčních podmínek (vodní fantom, vertikální svazek, pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , standardně používané SSD nebo SAD, hloubka 5 nebo 10 cm dle kvality záření X nebo hloubka dávkového maxima pro elektrony) ze vztahu:

$$K_{en} = \frac{[R/D]_{\text{Co-60}}}{[R/D]_{en}}$$

kde R je TL odezva naměřená při ozáření materiálu zářením dané kvality na dávku D.

Korekční faktor,  $K_{lin}$ , pro dávkovou závislost TL materiálu nabývá na významu tím více, čím více se měřená dávka liší od kalibrační hodnoty 2 Gy. Lze jej stanovit z naměřených odezev R TL dozimetrů ozářených za referenčních podmínek v intervalu dávek D, které přicházejí v úvahu, tedy přibližně od 1,5 do 2,5 Gy. Hodnoty R/D lze vyjádřit jako funkci dávky D. Při normalizaci vzhledem k bodu  $D = 2 \text{ Gy}$  lze odvodit pro výše zmíněný rozsah dávek funkci:

$$K_{lin} = a + b \cdot D$$

Korekční faktor pro fading,  $K_{fad}$ , by měl být použit, pokud byly měřené dozimetry ozářeny jindy (rozdíl více než 3 dny) než kalibrační dozimetry. Při jeho stanovení se vychází z experimentálně stanovené funkce poklesu naměřené odezvy TLD v závislosti na čase.

Hodnoty korekčních faktorů  $K_{en}$ ,  $K_{lin}$  a  $K_{fad}$  je třeba individuálně odvodit pro každou novou sadu TL-materiálu.

**Dávka** absorbovaná ve vodě, D [Gy], v místě TL-dozimetru se pak z naměřené odezvy ozářeného TL-dozimetru, R, vypočte podle vztahu:

$$D = R \cdot K_{cal} \cdot K_{en} \cdot K_{lin} \cdot K_{fad}$$

Celková nejistota stanovení dávky D za použití popsaného TLD systému je určena jako druhá odmocnina součtu čtverců jednotlivých nejistot stanovení kalibračního faktoru a korekčních faktorů pro energetickou závislost, dávkovou závislost a fading. Celková nejistota stanovení dávky na hladině významnosti jedné standardní odchylky pak vychází 1,5 % pro svazky  $^{60}\text{Co}$ , 1,9 % pro svazky záření X a 2,3 % pro elektronové svazky.

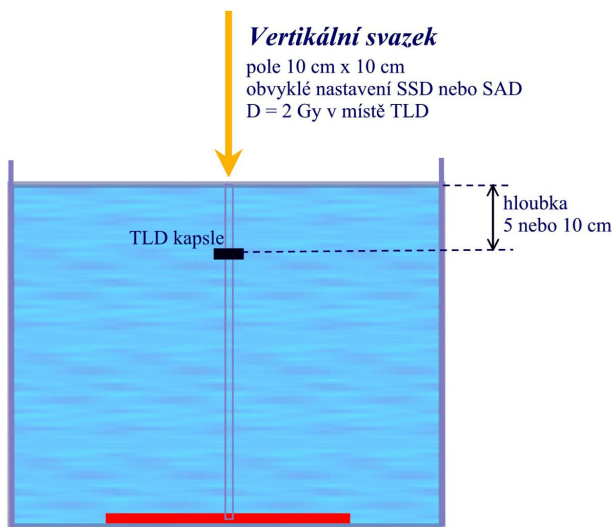
## 2. TLD AUDIT V RADIOTERAPII – POPIS METODIK A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

### 2.1. Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem a kontrola kvality svazku

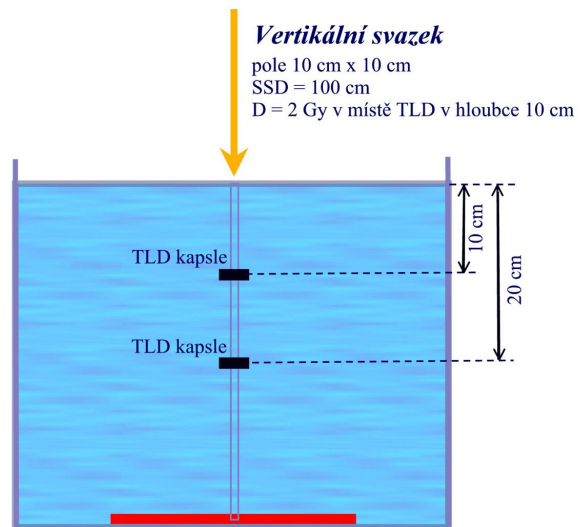
Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem se provádí pro všechny klinicky používané fotonové a elektronové svazky. Pro tento účel slouží standardní stojany IAEA, kterými jsou vybavena všechna radioterapeutická pracoviště.

TL dozimetry jsou pro účely této kontroly fixovány ve stojánku ve vodním fantomu v přesně definované poloze a poté jsou ozářeny za referenčních podmínek:

- a) pro **fotonové svazky** se jedná o ozáření dozimetru vertikálním svazkem v SAD nebo při standardně používané hodnotě SSD<sup>1</sup>. Velikost ozařovacího pole je  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ , hloubka uložení dozimetru ve vodě závisí na kvalitě záření: pro svazky  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  a záření X s hodnotou  $\text{TPR}_{20/10} \leq 0,70$  se nastavuje hloubka 5 cm, pro svazky záření X s hodnotou  $\text{TPR}_{20/10} > 0,70$  se používá hloubka 10 cm. Ozařovací čas, resp. počet MU se pomocí plánovacího systému stanovuje tak, aby hodnota dávky v místě TL dozimetru byla 2 Gy. Geometrie ozáření je znázorněna na obrázku 3.



Obr. 3: Kontrola vypočtené dávky pro fotonové svazky



Obr. 4: Kontrola kvality svazků záření X

K ověření kvality vysokoenergetických svazků záření X, která je charakterizovaná pomocí veličiny  $\text{TPR}_{20/10}$ , lze vyjít ze vztahu uvedeného v /2/:

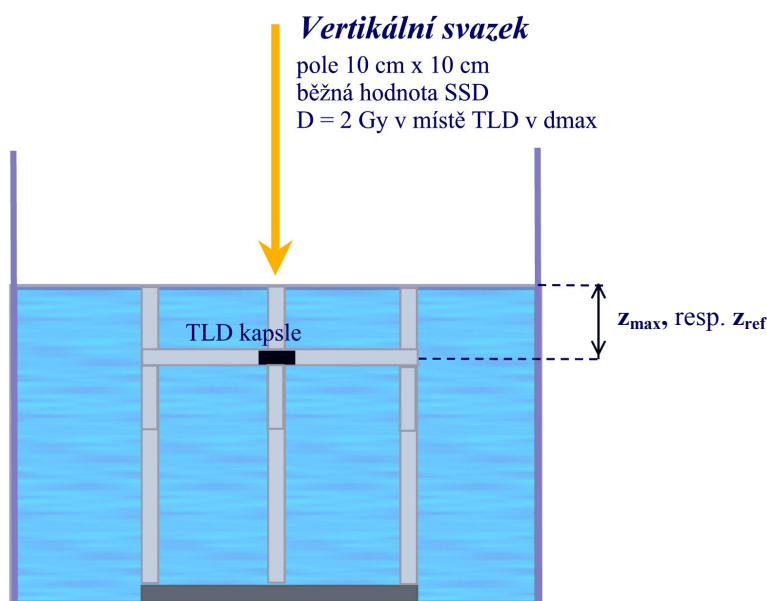
$$\text{TPR}_{20/10} = 1,2661 \text{PDD}_{20/10} - 0,0595,$$

<sup>1</sup> Pro základní TLD audit fotonových svazků pracoviště použije izocentrickou nebo neizocentrickou techniku, podle toho, která z nich je na pracovišti standardně používána. Velikost pole se vztahuje v případě izocentrické techniky k rovině izocentra (SAD), pro neizocentrické ozařování k rovině povrchu fantomu (standardně používané SSD).



kde hodnota  $PDD_{20/10}$  je stanovena na základě měření dvou TL dozimetrů současně ozářených v hloubce 20 cm a 10 cm ve svazku o velikosti  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  v rovině povrchu fantomu při  $SSD = 100 \text{ cm}$ . Na obrázku 4 je znázorněna příslušná geometrie ozáření TLD ve vodním fantomu. Hodnota  $TPR_{20/10}$  určená na základě TL měření se srovnává s hodnotou stanovenou radioterapeutickým pracovištěm. Kontrola kvality svazku se provádí jako doplňující měření pouze v případě, že při předchozí kontrole daného svazku byla naměřena významná odchylka.

- b) pro **elektronové svazky** se jedná o ozáření vertikálním svazkem při nastavení standardně používané hodnoty  $SSD$  a velikosti ozařovacího pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ . Hloubka uložení dozimetru se volí jako hloubka  $z_{max}$ , kde dávka nabývá svého maxima, nebo jako referenční hloubka  $z_{ref}$  pro měření ve fantomu stanovená dle /2/. Volba  $z_{max}$ , resp.  $z_{ref}$  by měla vycházet z toho, s kterou z těchto veličin pracuje používaný plánovací systém. Příslušnou hloubku lze snadno nastavit pomocí stojánku IAEA pro elektronové svazky (určitým omezením je, že tyto stojánky umožňují nastavení hloubky nejvýše 5 cm, což přibližně odpovídá  $z_{ref}$  pro energii elektronů 20 MeV). Počet monitorovacích jednotek vypočtených plánovacím systémem vychází z předpokladu dávky 2 Gy v místě TL dozimetru. Geometrie ozáření je znázorněna na obrázku 5.



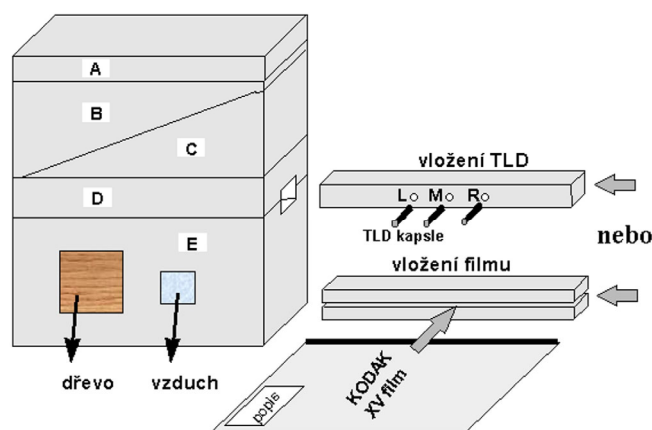
**Obr. 5:** Kontrola vypočtené dávky pro elektronové svazky

Detailní popis metodiky ozáření TLD je uveden v Příloze 1 – návodu pro radioterapeutická pracoviště.

Dávky naměřené TL dozimetry se porovnávají s dávkami stanovenými radioterapeutickým pracovištěm.

## 2.2. Kontrola vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu

Ke kontrole dávkové distribuce generované plánovacími systémy lze použít speciální **víceúčelový fantom**, jehož předností je, že s jeho pomocí lze simulovat část z procedur, kterými prochází pacienti během externí radioterapie svazky záření X a gama. Jde zejména o posloupnost CT – plánovací systém – ozařovač. V České republice se používá víceúčelový fantom vyvinutý v rámci mezinárodních projektů /3/, který se skládá z celkem 5 do sebe vzájemně zapadajících částí a je konstruován tak, že dovnitř lze vložit termoluminiscenční dozimetry (TLD) nebo film (obr. 6). Je vyroben z pevného vodě ekvivalentního materiálu ( $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$ ), přičemž jeden z dílů fantomu obsahuje vzduchovou nehomogenitu a dřevěnou nehomogenitu ( $\rho = 0,34 \text{ g/cm}^3$ ) simulující plicní tkáň.



Obr. 6: Víceúčelový fantom

Měření s fantomem probíhá jako posloupnost několika kroků, které mají simulovat přípravu a realizaci léčby pacienta. Fantom je nejprve sestaven do požadovaného tvaru. Poté se provádí snímkování fantomu pomocí CT tak, aby získaný snímek vedl centrální transverzální rovinou v souladu se značením na fantomu. Získaný snímek je poté přenesen do počítače pro plánování léčby, kde je možné simulovat určité ozařovací geometrie. Požadavkem přitom je, aby TLD uložený na centrální ose svazku obdržel dávku rovnou hodnotě 2 Gy. Ozařování fantomu, uvnitř něhož jsou vloženy TLD nebo film, se provádí v souladu s vypočteným plánem. Pak lze porovnat dávku plánovanou pro místo uložení TLD s dávkou naměřenou pomocí TLD. Vyhodnocením filmu vloženého do fantomu lze navíc kontrolovat i charakteristiky dávkového profilu daného svazku.

Ozáření fantomu se provádí pro několik následujících jednoduchých případů ozařovacích geometrií běžně používaných v klinické radioterapii (viz tabulku 1) s TL dozimetry uloženými v hloubce 5 cm nebo 10 cm podle kvality záření (viz část 2.1.) s centrálním TL dozimetrem v izocentru, při otevřeném poli a kolmém (s výjimkou geometrie 5) dopadu záření na povrch fantomu:

Tab. 1: Přehled geometrií ozáření TLD pro kontrolu vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu

Geometrie	Popis	Velikost pole v rovině izocentra
1	Referenční podmínky	10 cm × 10 cm
2	Asymetrické pole (nastavení s využitím bloku nebo asymetrickým kolimátorem)	(5 cm, 2 cm) × 10 cm
3	Obdélníkové pole	9 cm × 15 cm
4	Různá klínová pole (pro běžné klíny)	9 cm × 15 cm
5	Dopad záření na šikmý povrch (hloubka 8,3 cm na centrální ose svazku)	15 cm × 15 cm
6	Velké pole (hloubka 10 cm)	15 cm × 15 cm
7	Nehomogenity v ozařovaném objemu (hloubka 10 cm)	15 cm × 15 cm

Podrobnosti včetně obrázků jsou uvedeny v Příloze II (příslušný návod pro radioterapeutické pracoviště).

TLD jsou přitom uloženy v přesně definovaných polohách uvnitř fantomu. V případě všech zkoumaných ozařovacích geometrií se TLD z praktických důvodů nenacházejí v místech prudkého spádu dávkového gradientu, takže přesnost stanovení dávky není významně ovlivněna velikostí TLD. Dávky naměřené pomocí TLD se pak porovnávají s dávkami plánovanými.

Pro případ referenčního ozáření jsou kromě TLD použity i filmy. Na základě naměřených dávkových profilů lze hodnotit následující parametry: velikost ozařovacího pole, homogenita, symetrie a šířka polostínu radiačního pole. Toto měření je v rámci auditu vedlejší, nicméně může mít význam v situaci, kdy je třeba rychle odhalit příčinu významné odchylky, která může souviset s anomáliemi radiačního pole. Popis způsobu ozáření filmu ve víceúčelovém fantomu je uveden v Příloze II.

Jak je z metodiky patrné, nejedná se pouze o kontrolu přesnosti výpočtu dávky plánovacím systémem, ale jedná se o celkové ověření realizace plánované dávky, která je však ovlivněna řadou dalších faktorů (kalibrace monitoru dávky, správnost dozimetrických dat zadaných do plánovacího systému, správnost přenosu dat z CT do plánovacího systému, reprodukovatelnost polohy klínového filtru, geometrie ozařování, apod.). Metoda tedy poskytuje souhrnnou informaci, jak je zabezpečena úroveň radiační ochrany pacientů při radioterapii z hlediska přesnosti realizace plánované dávkové distribuce.

### 2.3. Kontrola vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem

Zavedení této verze TLD auditu souvisí s rostoucím významem a využitím moderních lineárních urychlovačů vybavených vícelamelovým kolimátorem v klinické praxi. Při auditu je pomocí TL dozimetrů kontrolována dávka v polích záření X modifikovaných vícelamelovým kolimátorem.

TL dozimetry jsou při ozáření fixovány ve vodním fantomu v přesně definované poloze pomocí standardního IAEA stojánku pro fotonové svazky. Provádí se jejich ozáření vertikálním svazkem v SAD nebo při standardně používané hodnotě SSD<sup>2</sup> a pro různé tvary a velikosti radiačního pole nastaveného pomocí vícelamelového kolimátoru (souhrn ozařovacích geometrií viz v tabulce 2). Hloubka uložení dozimetru ve vodě závisí na kvalitě záření (viz část 2.1). Předepsané geometrie ozáření jsou simulovány plánovacím systémem, přičemž počet MU se volí tak, aby hodnota dávky v místě TL dozimetru byla 2 Gy. Ozáření TLD se pak provádí přesně v souladu s vypočteným plánem. Dávky naměřené pomocí TLD se porovnávají s dávkami plánovanými (stanovenými pracovištěm).

Tab. 2: Přehled geometrií ozáření TLD pro kontrolu vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem (MLC)

Geometrie	Popis	Velikost pole (maximální délka a šířka)
1	Referenční podmínky	10 cm × 10 cm
2	Malé kruhové pole s MLC	6 cm průměr
3	Obrácené "Y" pole s MLC	15 cm × 10 cm
4	Nepravidelné pole s MLC	8 cm × 10 cm

Podrobnosti včetně obrázků jsou uvedeny v Příloze III (návod pro radioterapeutické pracoviště).

### 2.4. Vyhodnocení a analýza výsledků

Dávky naměřené pomocí TLD se porovnávají s dávkami stanovenými (vypočtenými) radioterapeutickým pracovištěm. Pro všechna dávková měření se určuje relativní odchylka mezi dávkou  $D_{TLD}$  naměřenou TLD, a dávkou  $D_s$  stanovenou (vypočtenou), radioterapeutickým pracovištěm:

$$\Delta_{TLD} = (D_{TLD}/D_s - 1) \cdot 100 \%$$

<sup>2</sup> Pro TLD MLC audit pracoviště použije izocentrickou nebo neizocentrickou techniku, podle toho, která z nich je na pracovišti standardně používána. Velikosti polí se vztahují v případě izocentrické techniky k rovině izocentra (SAD), pro neizocentrické ozařování k rovině povrchu fantomu (standardně používané SSD).

Analýza výsledků v případě **kontroly dávky vypočtené plánovacím systémem** probíhá následujícím způsobem:

$ \Delta_D  \leq 3 \%$	výsledek v tolerančním rozmezí – v pořádku
$3 \% <  \Delta_D  \leq 6 \%$	menší odchylka – opakování TLD auditu
$6 \% <  \Delta_D  \leq 10 \%$	velká odchylka – opakování TLD auditu, přičemž zároveň: - SÚRO okamžitě nahlásí výsledek na SÚJB - ze strany držitele povolení je třeba nalézt příčinu odchylky a nahlásit ji SÚJB - v případě potřeby je doporučeno nezávislé ověření formou on-site auditu
$10 \% <  \Delta_D $	radiologická událost /4/, okamžitá inspekce SÚJB s přizvanými experty SÚRO

V případě **kontroly kvality svazku** se porovnává pomocí TL dozimetrů naměřená hodnota  $(TPR_{20/10})_{TLD}$ , s hodnotou stanovenou pracovištěm  $(TPR_{20/10})$ . Vyhodnocení a analýza výsledků probíhá analogickým způsobem jako v případě měření dávky.

Analýza výsledků v případě **kontroly vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu** je složitější:

V případě měření na centrální ose svazku v homogenním prostředí pro následující jednoduché geometrie ozáření:

- ozáření za referenčních podmínek (pole 10 cm × 10 cm)
- obdélníkové pole (9 cm × 15 cm)
- dopad záření na šikmý povrch (pole 15 cm × 15 cm, hloubka 8,3 cm na centrální ose svazku)
- velké pole při velké hloubce (pole 15 cm × 15 cm, hloubka 10 cm)

je toleranční rozmezí stanoveno podmínkou  $|\Delta_D| \leq 3 \%$ .

V případě měření na centrální ose svazku pro složitější ozařovací geometrie, tj.:

- asymetrické pole (5 cm, 2 cm) × 10 cm, asymetrie nastavena pomocí stínícího bloku nebo kolimátorem)
- různá klínová pole (9 cm × 15 cm, běžné klíny)
- nehomogenity v ozařovaném objemu (pole 15 cm × 15 cm, hloubka 10 cm, TLD umístěny v oblasti izodóz modifikovaných vzduchovou a dřevěnou nehomogenitou)

je toleranční rozmezí stanoveno podmínkou  $|\Delta_D| \leq 5 \%$ .

V případě měření mimo centrální osu svazku pro všechny ozařovací geometrie, kde se měření mimo centrální osu svazku provádí, tj.:

- různá klínová pole (9 cm × 15 cm, běžné klíny)

- dopad záření na šikmý povrch
- velké pole při velké hloubce (pole 15 cm × 15 cm, hloubka 10 cm)
- nehomogenity v ozařovaném objemu (pole 15 cm × 15 cm, hloubka 10 cm, TLD umístěny v oblasti izodóz modifikovaných vzduchovou a dřevěnou nehomogenitou)

je toleranční rozmezí stanoveno rovněž podmínkou  $|\Delta_D| \leq 5 \%$ .

Pokud jsou při TLD měření zjištěny hodnoty přesahující uvedená toleranční rozmezí, je danému pracovišti doporučeno prověření možných příčin, které mohly vést k překročení limitů (např. chyby při nastavení, chyby při plánování, nesprávná dozimetrická data zadaná do plánovacího systému, apod.) a s tím související nápravná opatření. Vzhledem k rozmanitosti možných příčin a situací však musí být jednotlivé případy řešeny individuálně, a to i v případě, že by audit byl proveden pro potřeby státní inspekce. V závažných případech překročení tolerančních limitů, které nebudou dostatečně vysvětleny, může po dohodě s radioterapeutickým pracovištěm proběhnout nezávislé ověření formou on-site auditu.

V případě **kontroly vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem** je toleranční rozmezí stanoveno podmínkou  $|\Delta_D| \leq 3 \%$  pro všechny ozařovací geometrie. V případě větší odchylky a pokud tato verze kontroly není součástí standardního TLD auditu pro potřeby státní inspekce, je danému pracovišti doporučeno prověření možných příčin, které mohly vést k překročení limitů, a s tím související nápravná opatření. V závažných případech překročení tolerančních limitů, které nebudou dostatečně vysvětleny, však může po dohodě s radioterapeutickým pracovištěm proběhnout nezávislé ověření formou on-site auditu. V případě, že by tento audit z nějakého důvodu byl proveden na žádost státní inspekce, pak způsob vyhodnocení výsledků odpovídá analýze při standardní kontrole dávky vypočtené plánovacím systémem.

## 2.5. Organizace a praktická realizace korespondenčních TLD auditů

TLD auditu jsou provozovány Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO) pro potřeby Státního úřadu pro jadernou bezpečnost nebo na žádost radioterapeutického pracoviště. Pro každý klinicky používaný svazek (externí radioterapie) musí být provedena kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem formou TLD auditu nejméně jednou za dva roky. Pracoviště, kde byly při předchozím auditu nalezeny odchylky překračující toleranční rozmezí, se musí podrobit této kontrole častěji.

TLD audit je ve všech variantách realizován korespondenčním způsobem. Na radioterapeutické pracoviště je Státním ústavem radiační ochrany zaslána dozimetrická sestava s požadavkem na provedení příslušných procedur ve stanoveném termínu.

Dozimetrická sestava obsahuje:

- průvodní dopis s uvedením typu a modalit svazků, které mají být kontrolovány
- sadu kontrolních TL dozimetrů dle počtu kontrolovaných svazků a modalit svazku
- transportní TL dozimetr (pro měření pozadové dávky)
- víceúčelový fantom a film (pokud se jedná o tuto variantu auditu)
- protokol(y) o TLD auditu (příklady uvedeny v Příloze IV)

Standardní stojánky IAEA nejsou součástí sestavy, neboť všechna radioterapeutická pracoviště jimi byla předem vybavena. Stojánky budou poskytnuty pouze nově vzniklým pracovištím.

Radioterapeutická pracoviště jsou žádána zaslat ozářené dozimetry spolu s vyplněným protokolem zpět do SÚRO do 1 týdne po provedení ozáření. K měření dozimetrů dochází v SÚRO přibližně 3 až 4 týdny po jejich ozáření. Výsledky jsou poté oznámeny na dané radioterapeutické pracoviště a SÚJB.

## LITERATURA

- /1/ Kroutilíková, D.: Doporučení – Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii - Korespondenční TLD audit. SÚJB. 2003.  
[http://www.sujb.cz/docs/25-TLDaudit\\_radioterapie.pdf](http://www.sujb.cz/docs/25-TLDaudit_radioterapie.pdf)
- /2/ Doporučení - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Stanovení absorbované dávky v léčbě vnějšími svazky záření. SÚJB. 2004.  
[http://www.sujb.cz/docs/Fin\\_TRS398\\_cz\\_opr.pdf](http://www.sujb.cz/docs/Fin_TRS398_cz_opr.pdf)
- /3/ Bridier A., Nyström H., Ferreira I., Gomola I. and Huyskens D. A comparative description of three multipurpose phantoms (MPP) for external audits of photon beams in radiotherapy: the water MPP, the Umeå MPP and the EC MPP. Radiother. Oncol. 2000; 55: 285-293
- /4/ Doporučení - Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Radiologické události. SÚJB. 1999.  
[http://www.sujb.cz/docs/2\\_radiologicke\\_udalosti.pdf](http://www.sujb.cz/docs/2_radiologicke_udalosti.pdf)



# **PŘÍLOHY – PODROBNÉ NÁVODY PRO RADIOTERAPEUTICKÁ PRACOVNÍŠTĚ**

- I.      Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem a kontrola kvality svazku
- II.     Kontrola vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu
- III.    Kontrola vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem
- IV.     Příklady protokolů pro TLD audit

# **TLD AUDIT V RADIOTERAPII**

## **pro svazky záření X, $\gamma$ a elektronové svazky**

*I. Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem a kontrola kvality svazku*

# **PODROBNÝ NÁVOD**

Nejprve několik **důležitých upozornění**:

### **Než začnete**

- Po obdržení zásilky s dozimetrickou sestavou uložte TL dozimetry, resp. filmy, na vhodné místo – musí být vyloučeno jejich nežádoucí ozáření (nehoda) a zahřátí nad úroveň pokojové teploty (neukládat např. na slunečné místo).
- Pečlivě prostudujte všechny materiály, které jste v zásilce obdrželi.

### **Během auditu**

- Ozáření provádějte ve stanoveném termínu – viz protokol. Pokud není možné tento termín dodržet, informujte měřicí centrum (SÚRO – oddělení TL a filmové dozimetrie) a dohodněte si náhradní termín.
- S TL dozimetry manipulujte opatrně. Zabraňte vzájemné záměně kapslí a jejich poškození. Oddělte kapsle určené pro samotný audit od kapslí pro měření pozadí. Kapsle sloužící pro měření pozadí nesmí být ozářeny.

### **Nakonec**

- Všechny dozimetry vložte do originálních obalů a zabraňte jejich záměně.
- Vyplňte čitelně všechny požadované údaje v protokolech.
- Znovu zkontrolujte.
- Odešlete do SÚRO.

## 1. CÍL TLD AUDITU

Cílem TLD auditu je:

- **KONTROLA DÁVKY VYPOČTENÉ PLÁNOVACÍM SYSTÉMEM PRO SVAZKY ZÁŘENÍ  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , X A ELEKTRONOVÉHO ZÁŘENÍ**

Je měřena absorbovaná dávka ve vodě za **referenčních podmínek** (viz část 2). Hodnota dávky stanovené TLD metodou je porovnávána s hodnotou dávky stanovenou (vypočtenou) radioterapeutickým pracovištěm.

- **KONTROLA KVALITY SVAZKŮ ZÁŘENÍ X**

Kvalita svazků záření X je ověřovaná pomocí veličiny  $\text{TPR}_{20/10}$  stanovené na základě měření TLD ozářených současně v hloubce 20 cm a 10 cm ve vodním fantomu a s využitím vztahu mezi  $\text{TPR}_{20/10}$  a  $\text{PDD}_{20/10}$ . Zjištěná hodnota  $\text{TPR}_{20/10}$  se porovnává s hodnotou stanovenou personálem ověřovaného pracoviště. Kontrola kvality svazku se provádí jako doplňující měření pouze v případě, že při předchozí kontrole vypočtené dávky byla pro daný svazek naměřena významná odchylka.

## 2. POSTUP PRO SVAZKY ZÁŘENÍ X a $\gamma$

TLD audit fotonových svazků sestává ze dvou částí:

### 2.1. Stanovení dávky $D_{\text{ref}}$

Pomocí plánovacího systému vypočtete ozařovací čas, resp. počet monitorovacích jednotek (MU) tak, aby při nastavení **referenčních podmínek** (vodní fantom, pole  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ , standardně používaná hodnota SSD, resp. TLD v SAD<sup>1</sup>, vertikální svazek, hloubka 5 cm pro  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  a záření X s hodnotou  $\text{TPR}_{20/10} \leq 0,70$ , hloubka 10 cm pro záření X s  $\text{TPR}_{20/10} > 0,70$ ) dávka byla co nejbližší hodnotě **2 Gy**. Dávku  $D_{\text{ref}}$  zapište do protokolu. V případě záření X zapište i hodnotu  $\text{TPR}_{20/10}$  vztahující se k danému svazku.

### 2.2. Ozáření TLD

Aby dávka naměřená pomocí TLD byla porovnatelná s dávkou stanovenou kontrolovaným pracovištěm, musí být TLD kapsle ozářeny při nastavení odpovídajícím nastavení, pro které byla dávka vypočtena plánovacím systémem. Postup správného ozáření TLD je popsán v následujícím textu.

---

<sup>1</sup> Použijte izocentrickou nebo neizocentrickou techniku, podle toho, která z nich je na vašem pracovišti používána standardně. Velikost pole se vztahuje v případě izocentrické techniky k rovině izocentra (SAD), pro neizocentrické ozařování k rovině povrchu fantomu (standardně používané SSD).

### 2.2.1. PŘÍPRAVA STOJANU, VODNÍHO FANTOMU A SVAZKU

Jednotlivé části stojanu pro umístění TLD do svazku jsou znázorněny na obrázku 1.i. Stojan je tvořen dlouhou tyčí s dvěma příčnými otvory, na konci tyče je disk se třemi otvory pro připevnění podstavních tyček. Kompletní stojan je zobrazen na obrázku 1.ii.

**Upozornění:** Se všemi částmi stojanu je nutné zacházet opatrně, aby nedošlo k jejich deformaci.

- Umístěte stojan do středu vodotěsné nádoby s minimálními rozměry 30 cm (délka a šířka) a 32 cm (výška). Stojan by měl stát na dně nádoby.
- Na ozařovači nastavte vertikální svazek a pole 10 cm × 10 cm při standardně používané hodnotě SSD, resp. SAD.
- Nádobu umístěte pod hlavicí ozařovače a sjednoťte osu tyče stojanu s centrální osou svazku (viz příklad na obr. 1.iii).
- Pokud nemůžete provést ozáření ve vertikálním svazku, popište podrobně vámi použitou techniku ozáření.

### 2.2.2. OZÁŘENÍ PRO KONTROLU VYPOČTENÉ DÁVKY

**Důležité:** Pro každý svazek jsou určeny 3 kapsle TLD. Vyberte kapsle určené pro daný svazek. Kapsle vyčleněná pro měření pozadí nesmí být ozářena. Před ozáření a po něm musí být však všechny TLD kapsle skladovány společně. Zacházejte s kapslemi opatrně, aby nedošlo k jejich záměně nebo otevření a následné ztrátě TLD prášku.

- Nádobu doplňte vodou **přesně** na úroveň vrcholku stojanu. Ujistěte se, že tyč stojanu je také naplněna vodou. Otvor v tyči je pak přesně v hloubce **5 cm**.
- Pro nastavení hloubky **10 cm** je nutné do tyče stojanu nasadit přídatný nástavec a doplnit vodu až k jeho vrcholu. Pak opatrně vytáhněte nástavec ze stojanu.
- Výšku stolu nastavte tak, aby hodnota SSD odpovídala vámi standardně používané hodnotě, resp. aby TLD kapsle byla přesně v izocentru (SAD).
- Do horního otvoru stojanu, tj. do hloubky 5 cm (10 cm), vložte jednu ze tří k ozáření určených TLD kapslí. Nejprve vložte dno kapsle tak, jak je ukázáno na obr. 1.iv. Kapsle je pak umístěna v poloze pro ozáření (obr. 1.v.). **Znovu zkontrolujte, zda nastavení osy svazku vůči ose tyče stojanu, úrovně vodní hladiny, velikosti pole a SSD, resp. SAD jsou správná.**
- Nastavte vypočtený ozařovací čas, resp. počet monitorovacích jednotek tak, aby hodnota dávky absorbované ve vodě v místě TLD byla 2 Gy.
- Proveďte ozáření s tímto časem, resp. počtem monitorovacích jednotek.

- Vyjměte ozářenou kapsli zatlačením na její dno (obr. 1.vi.).
- Poslední čtyři kroky opakujte pro zbývající dvě kapsle.
- Ozářené kapsle dobře osušte, vložte do původního obalu a obal uzavřete.

### 2.2.3. OZÁŘENÍ PRO KONTROLU KVALITY SVAZKU

**Důležité :** Pro každý svazek jsou určeny 2 páry TLD kapslí. Kapsle z jednoho a téhož páru musíte ozařovat současně.

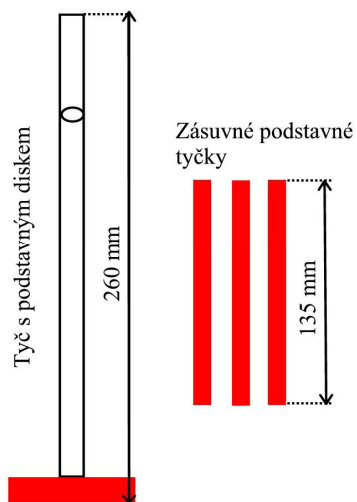
- Nastavte pole 10 cm × 10 cm při SSD = 100 cm.
- Do tyče stojanu zasuňte přídatný nástavec a hladinu vody doplňte **přesně** k jeho vrcholu (viz obr. 2). Ujistěte se, že tyč stojanu je také naplněna vodou. Horní otvor stojanu je pak v hloubce 10 cm a dolní otvor je v hloubce 20 cm. Po této operaci **opatrně** vyjměte nástavec.
- Vyberte první ze dvou dvojic vyčleněných TLD kapslí. První kapsli vložte do dolního otvoru stojanu (20 cm), druhou do horního otvoru stojanu (10 cm). Způsob vložení kapslí do stojanu ilustruje obr. 1.iv. **Znovu zkontrolujte, že nastavení osy svazku vůči ose tyče stojanu, úroveň vodní hladiny, velikosti pole a SSD jsou správná.**
- Nastavte vypočtený počet monitorovacích jednotek tak, aby za daných podmínek dávka ve vodě v místě středu kapsle v hloubce 10 cm byla přibližně 2 Gy.
- Proveďte ozáření určeným počtem monitorovacích jednotek.
- Ozářené kapsle vyjměte ze stojanu (viz obr. 1.vi.) a po osušení je vložte do původního obalu.
- Opakujte postup s druhou dvojicí kapslí.

### 2.2.4. ZÁVĚR

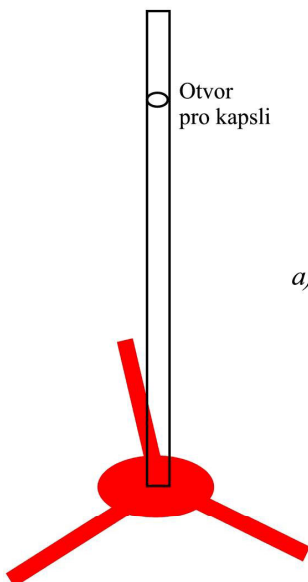
**Důležité:** Pro správné vyhodnocení porovnání je nutné, abyste do protokolu uvedli všechny požadované údaje.

# Obrázek 1: IAEA stojan pro TLD audit fotonových svazků

**Obr. i:**  
Části stojanu

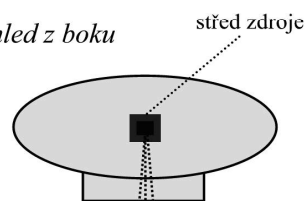


**Obr. ii:**  
Sestavený stojan



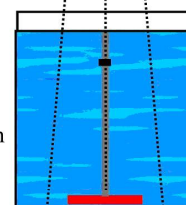
**Obr. iii:**  
Příklad nastavení stojanu vzhledem k svazku

a) pohled z boku

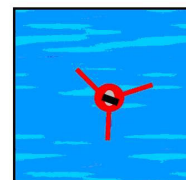


Vertikální směr svazku

nádoba naplněná vodou s vloženým stojanem

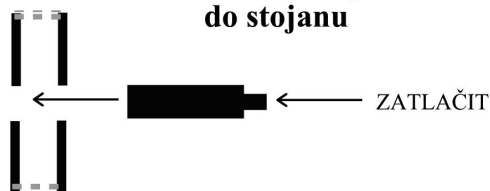


b) pohled shora

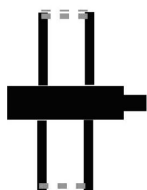


(minimální rozměr nádoby musí být 30 cm)

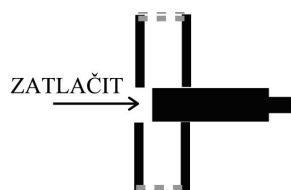
**Obr. iv:**  
Vložení kapsle do stojanu



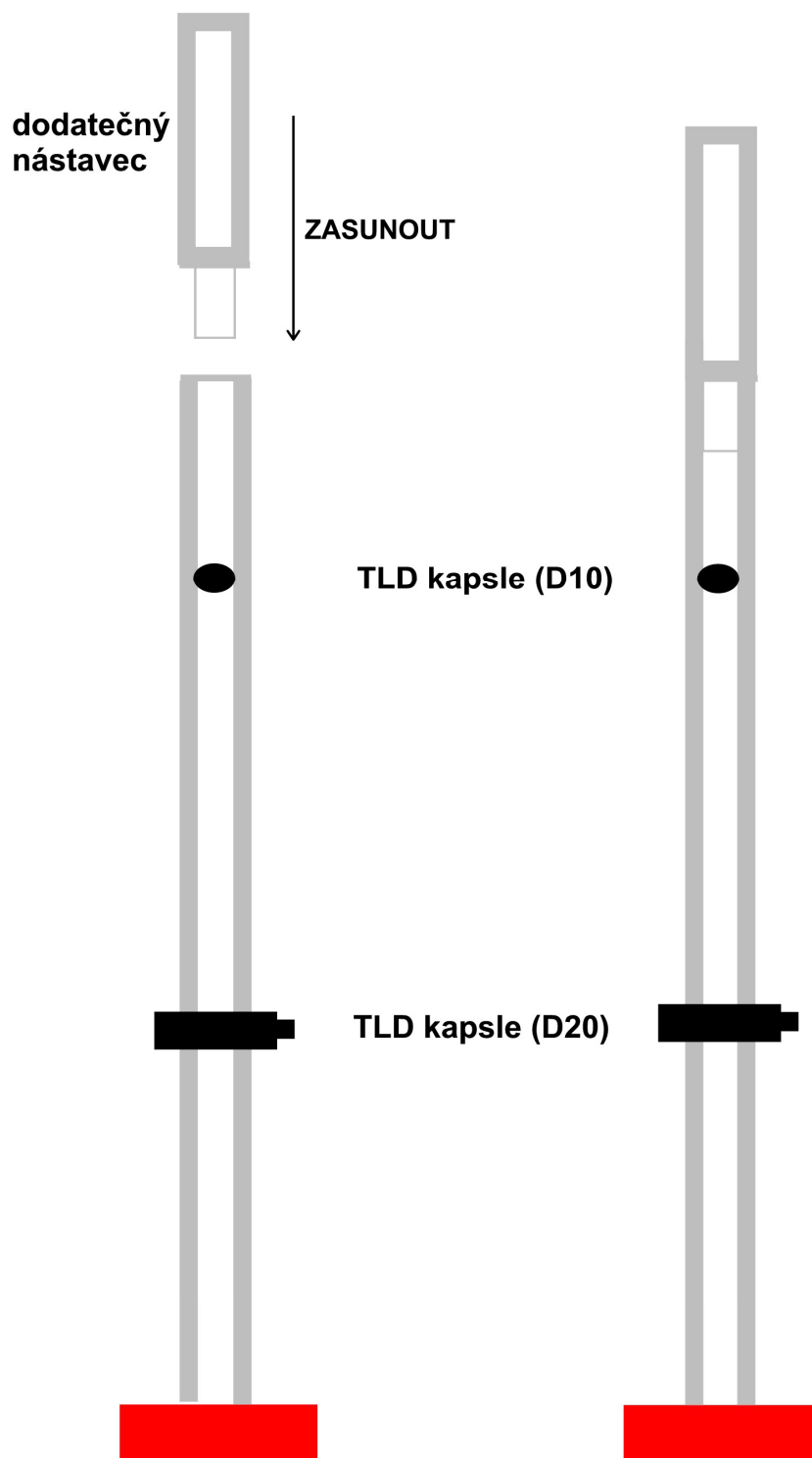
**Obr. v:**  
Poloha kapsle pro ozařování



**Obr. vi:**  
Vyjmutí kapsle ze stojanu po ozáření



**Obrázek 2: Úprava stojanu pro kontrolu kvality svazku**



### 3. POSTUP PRO ELEKTRONOVÉ SVAZKY

TLD audit elektronových svazků sestává ze dvou částí:

#### 3.1. Stanovení dávky $D_{ref}$

Pomocí plánovacího systému se stanoví počet monitorovacích jednotek (MU) tak, aby při nastavení **referenčních podmínek** (vodní fantom, vertikální svazek, hloubka  $z_{max}$ , resp.  $z_{ref}$  – podle toho, s kterou z těchto veličin pracuje plánovací systém, standardně používaná hodnota SSD, pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  na povrchu) dávka byla co nejbližší hodnotě **2 Gy**. Dávku  $D_{ref}$  zapište do protokolu.

#### 3.2. Ozáření TLD

Aby dávka naměřená pomocí TLD byla porovnatelná s dávkou stanovenou (vypočtenou) kontrolovaným pracovištěm, musí být TLD kapsle ozářeny při nastavení odpovídajícím nastavení, pro které byla dávka vypočtena plánovacím systémem. Postup správného ozáření TLD je popsán v následujícím textu.

##### 3.2.1. PŘÍPRAVA STOJANU, VODNÍHO FANTOMU A SVAZKU

Pro přesné umístění TLD kapsle do svazku slouží stojan znázorněný na obr. 3. Stojan tvoří tři tyče fixované v podstavě, plato pro umístění TLD kapsle, tyčky pro fixaci plata, dlouhá tyčka pro vložení a vyjmutí kapsle, sestava nástavců o výšce 20, 10, 5, 2 a 1 mm.

**Upozornění:** Se všemi částmi stojanu je nutné zacházet opatrně, aby nedošlo k jejich deformaci.

- Do otvorů v tyčích stojanu zasuňte malé tyčky.
- Na tyče nasadte potřebnou sestavu nástavců tak, aby po nasazení plata byla vzdálenost středu kapsle od vrcholu stojanu rovna  $z_{max}$ , resp.  $z_{ref}$  (viz obr. 3). Pomocí nástavců lze nastavit různé hloubky s krokem 1 mm.
- Připravený stojan umístěte do středu vodotěsné nádoby s minimálními rozměry 20 cm (délka, šířka a výška). Stojan by měl stát na dně nádoby.
- Nádobu umístěte pod hlavici ozařovače a sjednoťte osu stojanu s centrální osou svazku (viz příklad na obr. 1.iii).
- Nádobu doplňte vodou přesně na úroveň vrcholu stojanu.
- Na ozařovači nastavte vertikální svazek a pole  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  při standardně používané hodnotě SSD.



### 3.2.2.OZÁŘENÍ PRO KONTROLU VYPOČTENÉ DÁVKY

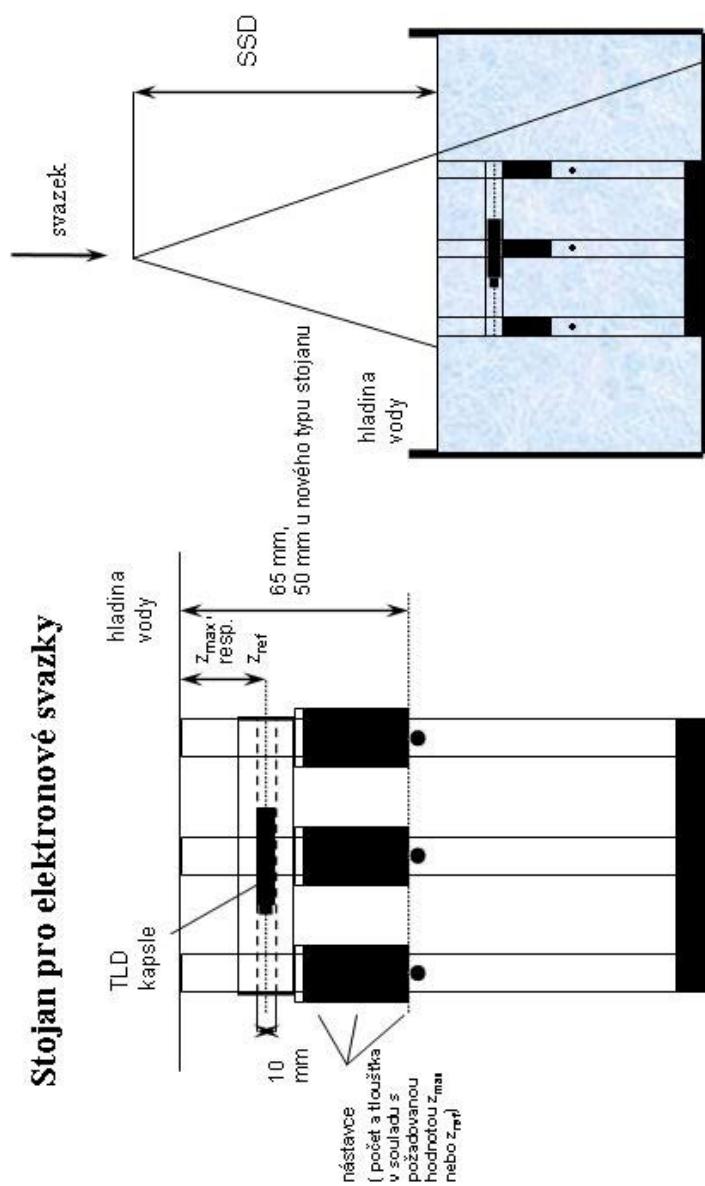
**Důležité :** Pro každou energii svazku jsou určeny 3 kapsle TLD. Vyberte kapsle určené pro daný svazek a energii. Kapsle vyčleněná pro měření pozadí nesmí být ozářena. Před ozářením a po něm musí být však všechny TLD kapsle skladovány společně. Zacházejte s kapslemi opatrně, aby nedošlo k jejich záměně nebo otevření a následné ztrátě TLD prášku.

- Nádobu doplňte vodou **přesně** na úroveň vrcholku stojanu. Otvor pro kapsli je pak přesně v hloubce  $z_{\max}$ , resp.  $z_{\text{ref}}$ . Pro lepší stabilitu stojanu je vhodné jeho podstavu zatížit.
- Výšku stolu nastavte tak, že hodnota SSD odpovídá vámi standardně používané hodnotě.
- Vyndejte stojan z fantomu. Do otvoru v platu vsuňte kapsli a pomocí dlouhé tyčky ji posuňte do středu plata. Celý stojan vložte zpět do fantomu. **Znovu zkontrolujte, zda nastavení osy svazku vůči ose stojanu, úrovně vodní hladiny, velikosti pole a SSD jsou správná.**
- Nastavte počet monitorovacích jednotek tak, aby hodnota absorbované dávky ve vodě v místě TLD byla 2 Gy.
- Proved'te ozáření s tímto počtem monitorovacích jednotek.
- Vyjměte ozářenou kapsli zatlačením na její dno (obr. 1.vi.).
- Poslední čtyři kroky opakujte pro zbývající dvě kapsle.
- Ozářené kapsle dobře osušte, vložte do původního obalu a obal uzavřete.

### 3.2.3.ZÁVĚR

**Důležité:** Pro správné vyhodnocení porovnání je nutné, abyste do protokolu uvedli všechny požadované údaje.

## Obr 3 : Audit elektronových svazků



# TLD AUDIT V RADIOTERAPII

pro svazky záření X a  $\gamma$

*II. Kontrola vypočtené dávkové distribuce s využitím víceúčelového fantomu*

## PODROBNÝ NÁVOD

Nejprve několik **důležitých upozornění:**

### Než začnete

- Po obdržení zásilky s dozimetrickou sestavou uložte TL dozimetry, resp. filmy, na vhodné místo – musí být vyloučeno jejich nežádoucí ozáření (nehoda) a zahřátí nad úroveň pokojové teploty (neukládat např. na slunečné místo).
- Pečlivě prostudujte všechny materiály, které jste v zásilce obdrželi.

### Během auditu

- Ozáření provádějte ve stanoveném termínu – viz protokol. Pokud není možné tento termín dodržet, informujte měřicí centrum (SÚRO – oddělení TL a filmové dozimetrie) a dohodněte si náhradní termín.
- S TL dozimetry manipulujte opatrně. Zabraňte vzájemné záměně kapslí a jejich poškození. Oddělte kapsle určené pro samotný audit od kapslí pro měření pozadí. Kapsle sloužící pro měření pozadí nesmí být ozářeny.

### Nakonec

- Všechny dozimetry vložte do originálních obalů a zabraňte jejich záměně.
- Vyplňte čitelně všechny požadované údaje v protokolech.
- Znovu zkontrolujte.
- Odešlete do SÚRO.

# I. ÚVOD

Účelem auditu prováděného pomocí termoluminiscenční a filmové dozimetrie je ověření přesnosti realizace dávkové distribuce generované plánovacím systémem. Jedná se o komplexní proces, kdy není sledována pouze přesnost výpočtu dávky plánovacím systémem, ale jde o celkové ověření realizace plánované dávky, které je ovlivněno řadou dalších faktorů (kalibrace monitoru dávky, správnost dozimetrických dat zadaných do plánovacího systému, správnost přenosu dat z CT do plánovacího systému, reprodukovatelnost polohy klínového filtru, geometrické nastavení, apod.). V tomto smyslu tedy metoda poskytuje souhrnnou informaci, jak je zabezpečena úroveň radiační ochrany pacientů při radioterapii z hlediska přesnosti realizace plánované dávkové distribuce.

Tento audit zahrnuje:

## 1. MĚŘENÍ ZA REFERENČNÍCH PODMÍNEK

Jedná se o měření dávky a dávkového rozložení za referenčních podmínek shrnutých v následující tabulce:

Tabulka 1: Referenční podmínky

Svazek	$^{60}\text{Co}$ nebo $X_s \text{ TPR}_{20/10} \leq 0,70$	$X_s \text{ TPR}_{20/10} > 0,70$
Hloubka	5 cm	10 cm
Velikost pole	10 cm × 10 cm	10 cm × 10 cm
Vzdálenost TLD od zdroje	SAD	SAD

Předepsaná velikost pole se vztahuje k rovině izocentra.

## 2. MĚŘENÍ ZA ÚČELEM KONTROLY OUTPUT FAKTORŮ

Měření dávky pro dvě různá obdélníková pole v referenční hloubce ve fantomu a v referenční vzdálenosti od zdroje. Jedno z těchto polí může být asymetrické pole nastavené buď stíněním symetrického pole nebo využitím asymetrického kolimátoru (podle možností ozařovače a podle toho, co je nejčastěji používáno v klinické praxi).

Tabulka 2: Obdélníková pole

Svazek	$^{60}\text{Co}$ nebo $X_s \text{ TPR}_{20/10} \leq 0,70$	$X_s \text{ TPR}_{20/10} > 0,70$
Hloubka	5 cm	10 cm
Velikost obdélníkového pole	9 cm × 15 cm	9 cm × 15 cm
Velikost asymetrického obdélníkového pole	7 cm × 10 cm	7 cm × 10 cm
Vzdálenost TLD od zdroje	SAD	SAD

Předepsaná velikost pole se vztahuje k rovině izocentra

### 3. MĚŘENÍ PRO HODNOCENÍ SYMETRIE, HOMOGENITY A ŠÍŘKY POLOSTÍNU SVAZKU

Měření distribuce dávky podél os x a y pro různá pole a geometrie (dle požadavku). Dozimetrické filmy jsou použity k měření dávkových profilů pro kontrolu velikosti pole, symetrie, homogenity a šířky polostínu.

### 4. MĚŘENÍ PRO KLÍNOVÁ POLE

Jde o měření dávky a dávkové distribuce pro pole s kompenzačními klínovými filtry. Toto měření se provádí pro předepsanou geometrii (viz text dále) a všechny klinicky používané klíny.

Tabulka 3: Klínová pole

Svazek	$^{60}\text{Co}$ nebo X s $\text{TPR}_{20/10} \leq 0,70$	X s $\text{TPR}_{20/10} > 0,70$
Hloubka	5 cm	10 cm
Velikost pole	9 cm × 15 cm	9 cm × 15 cm
Klín	všechny	všechny
Vzdálenost TLD od zdroje	SAD	SAD

### 5. MĚŘENÍ PRO KONTROLU KOREKČÍ NA ZAKŘIVENÍ POVRCHU A NEHOMOGENITY UVNITŘ OZAŘOVANÉHO OBJEMU

Měření dávky a jejího rozložení pro geometrii fantomu s nehomogenitami a se zešíkmeným povrchem na straně přivrácené ke zdroji záření.

Tabulka 4: Zkosený povrch

Svazek	$^{60}\text{Co}$ nebo X s $\text{TPR}_{20/10} \leq 0,70$	X s $\text{TPR}_{20/10} > 0,70$
Hloubka	8,3 cm (na ose svazku)	8,3 cm (na ose svazku)
Velikost pole	15 cm × 15 cm	15 cm × 15 cm
Vzdálenost TLD od zdroje	SAD	SAD

Tabulka 5: Nehomogenity

Svazek	$^{60}\text{Co}$ nebo X s $\text{TPR}_{20/10} \leq 0,70$	X s $\text{TPR}_{20/10} > 0,70$
Hloubka	10 cm	10 cm
Velikost pole	15 cm × 15 cm	15 cm × 15 cm
Nehomogenity	Vzduch, plíce	Vzduch, plíce
Vzdálenost TLD od zdroje	SAD	SAD

## II. OBECNÝ POSTUP

Měření s víceúčelovým fantomem probíhá v posloupnosti pěti kroků:

### 1. Sestavení fantomu

Schéma víceúčelového fantomu je znázorněno na obr. A. Postup, jak složit fantom pro danou ozařovací geometrii, je zobrazen na obr. B, D, E, F a G. V každém případě použijte blok E jako podstavu fantomu (kromě geometrie 7 – viz text dále) z důvodu zahrnutí plného zpětného rozptylu.

### 2. Výpočet dávek a dávkového rozložení pomocí plánovacího systému

Pomocí CT vytvořte transversální řez procházející centrální rovinou fantomu (viz modré čáry na fantomu). Orientace fantomu vzhledem k CT musí odpovídat orientaci fantomu vzhledem k ozařovači (viz obr. C). CT snímek přeneste do plánovacího systému a simulujte požadovanou ozařovací geometrii (viz text dále – obr. 1 – 7). Pro výpočet zvolte uspořádání SAD. Předepsaná velikost pole se vztahuje k rovině izocentra, centrální kapsle TLD je v izocentru.

Plánovaná dávka v místě dozimetru na centrální ose svazku musí být rovna hodnotě 2 Gy (nebo co možná nejbližší hodnotě 2 Gy). Vypočtete příslušný ozařovací čas, resp. počet MU. Při výpočtu berte v úvahu složení fantomu (popsáno na obr. A). Vypočtete rozložení dávky v rovině filmů podél os  $x$  a  $y$ .

V případě, že nemáte plánovací výpočetní systém nebo CT, použijte metodu obvykle používanou pro plánování léčby pacientů na pracovišti.

### 3. Nastavení ozařovače a fantomu

Ozařovač nastavte do polohy vertikálního svazku vzhledem k ozařovacímu stolu. Složte fantom do tvaru odpovídajícího příslušné geometrii a umístěte na stůl pod ozařovač (viz obr. B, C). Jednotlivé ozařovací geometrie s odpovídajícím nastavením fantomu jsou znázorněny na obr. 1 – 7. Tyto geometrie je nutno dodržet. Střed fantomu nastavte tak, aby jím procházela centrální osa svazku. Zkontrolujte, zda modré čáry na jednotlivých částech fantomu na sebe navazují, a zda se překrývají s používanými zaměřovači v ozařovně. Zaměření proveďte v souladu s vypočteným ozařovacím plánem. Pokud je pro danou geometrii třeba, nastavte kolimátor do požadované polohy.

### 4. Ozařování TL dozimetrů

- Vložte správný počet kapslí TLD a ucpávek (podle geometrie viz obr. 1 – 7) do připravených otvorů (obr. B). Viz také tabulku 6.
- Při nastavení dané geometrie a času ozařte TL dozimetry.
- Vyjměte kapsle s dozimetry. Pokud je to nutné, zatlačte přítom na spodní část kapslí.

- d) Ujistěte se, že jste před ozařováním správně uložili TL dozimetry do fantomu. Po skončení ozařování uložte ozářené dozimetry tak, aby nedošlo k jejich dalšímu ozáření
- e) Uložte kapsle do příslušných obalů
- f) Do protokolů uveďte všechny požadované údaje.
- g) Spolu s ozářenými dozimetry zašlete i vypočtené izodózní plány s vyznačenou polohou dozimetrů.

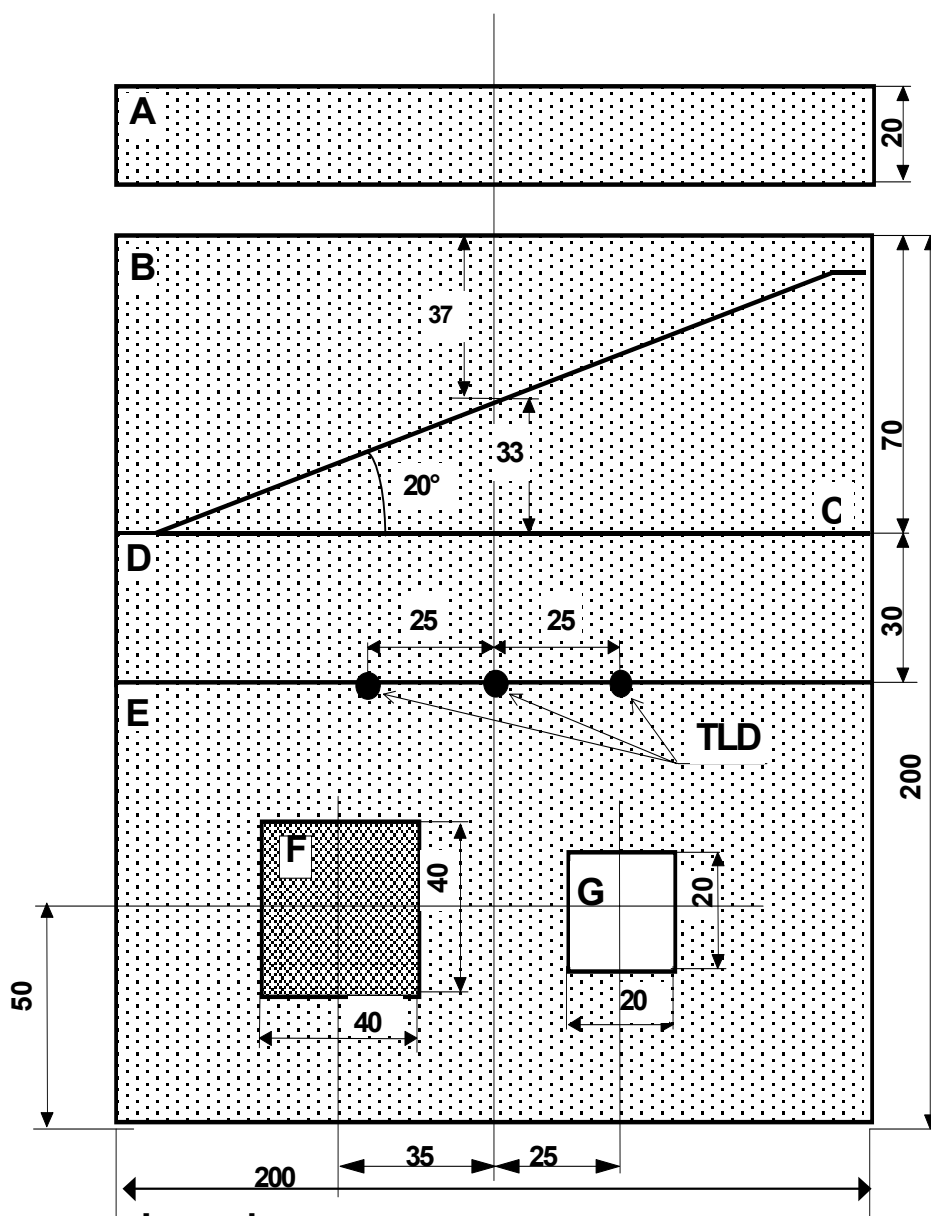
## 5. Ozáření filmu

**Doba ozařování filmu (resp. počet MU) by měla být cca 1/6 ( $D_{\text{film}} \sim 0,3 \text{ Gy}$ ) doby ozařování TL dozimetrů.**

- a) Po ozáření TL dozimetrů připravte fantom pro ozařování filmů (obr. B).
- b) Umístěte film (včetně jeho papírové obálky) podle obr. B, C mezi výměnné centrální bloky pro dané nastavení fantomu. Zkontrolujte polohu nálepky a modrého okraje filmu. Zkontrolujte, že film je vložen v souladu s popisky na výměnných centrálních částech fantomu. Zkontrolujte, že v poloze nad filmem je výměnný centrální blok přiléhající k filmu stranou se čtyřmi značkami (tyto značky budou na filmu promítnuty po jeho vyvolání).
- c) Ozařte film.
- d) Vyjměte film z fantomu.
- e) Na nálepce označte hloubku uložení, datum, dávku, dobu ozáření

**OZÁŘENÝ FILM NEVYVOLÁVEJTE!**

Obr. A: Schéma víceúčelového fantomu



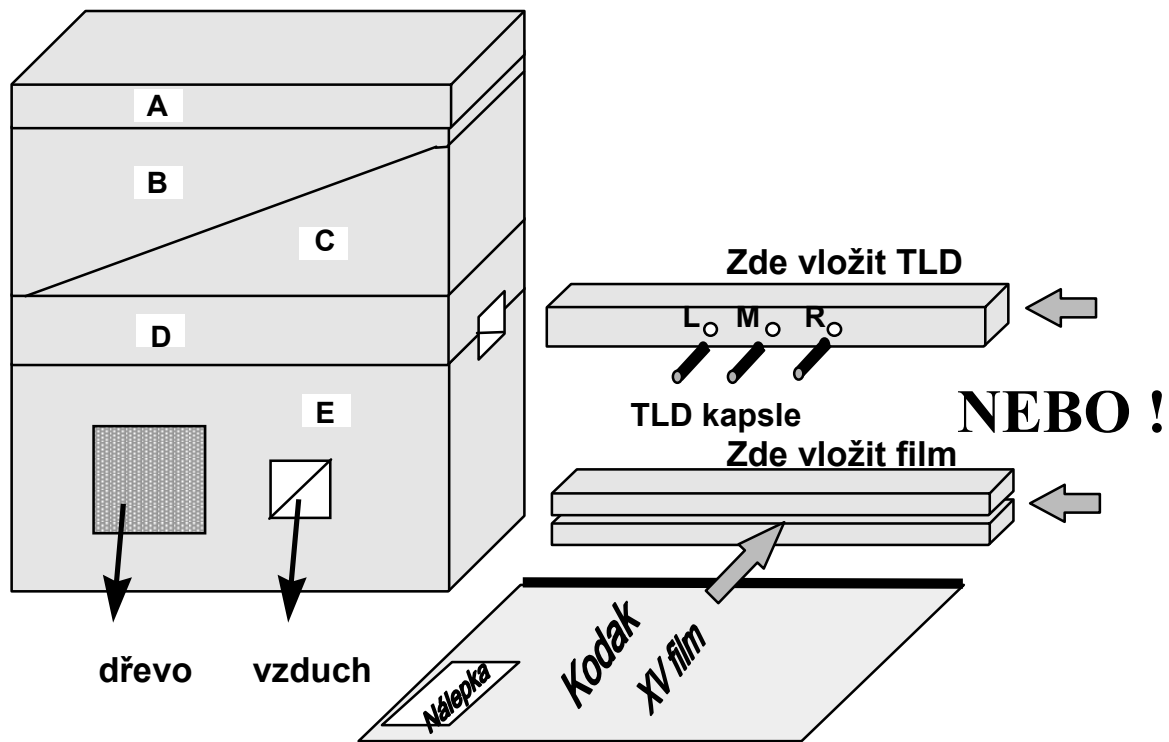
### Legenda

- A - polystyrenový blok 200 x 200 x 20 mm
- B - polystyrenový blok doplňkový k bloku C
- C - polystyrenový blok pro měření se zkosným povrchem fantomu
- D - polystyrenový blok 200 x 200 x 30 mm
- E - polystyrenový blok 200 x 200 x 100 mm s otvory F a G
- F - dřevěný kvádr 40 x 40 x 200 mm
- G - vzduchová nehomogenita 20 x 20 x 200 mm

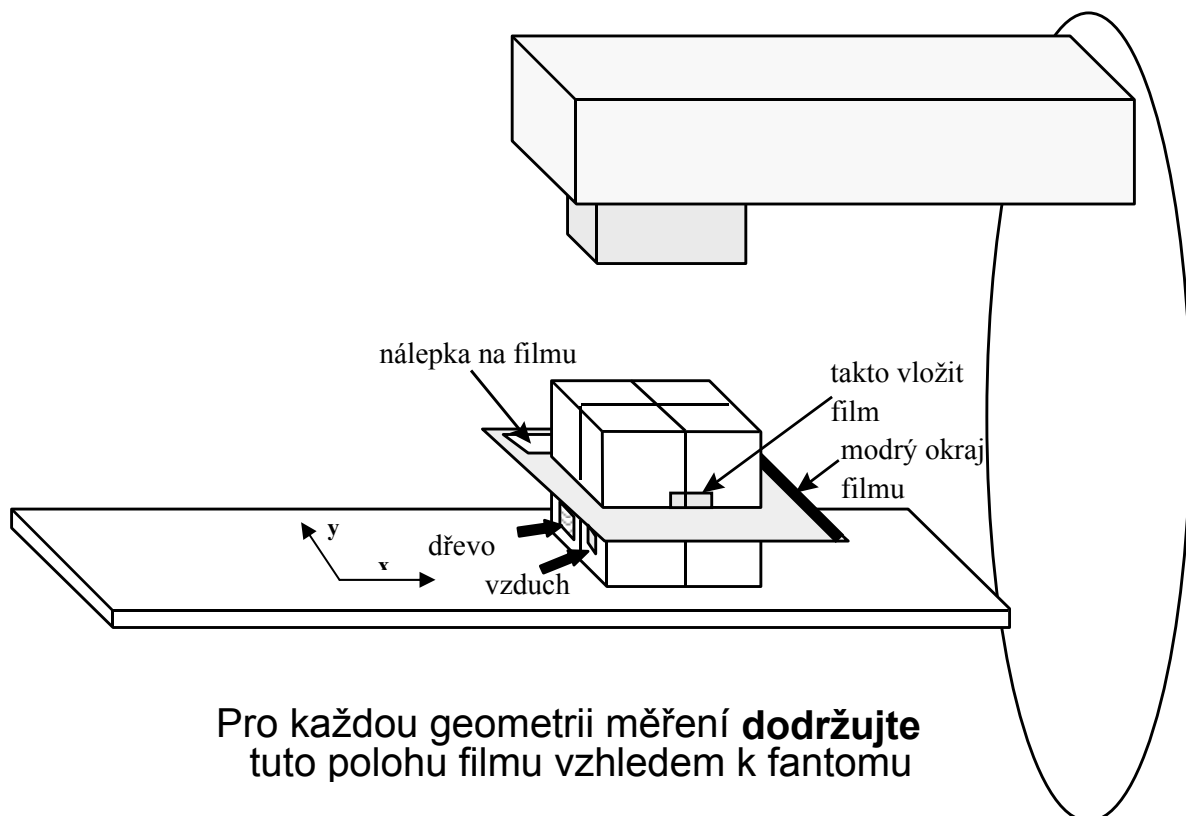
Hustota dřeva = 0,34 g/cm<sup>3</sup>  
 Hustota vzduchu = 0,0012 g/cm<sup>3</sup>  
 Hustota materiálu fantomu = 1 g/cm<sup>3</sup>



Obr. B: Sestavení víceúčelového fantomu



Obr. C: Orientace filmu při ozařování

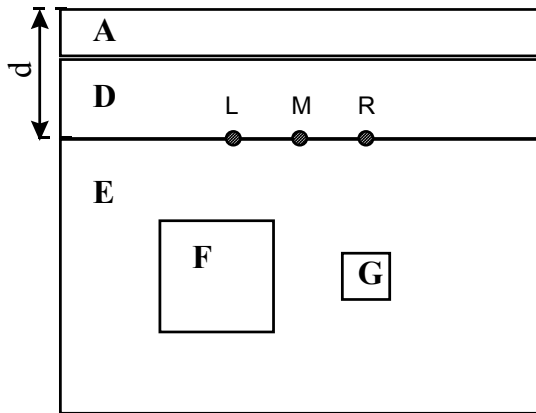


Pro každou geometrii měření **dodržujte** tuto polohu filmu vzhledem k fantomu

## Konstrukce fantomu pro jednotlivé geometrie měření

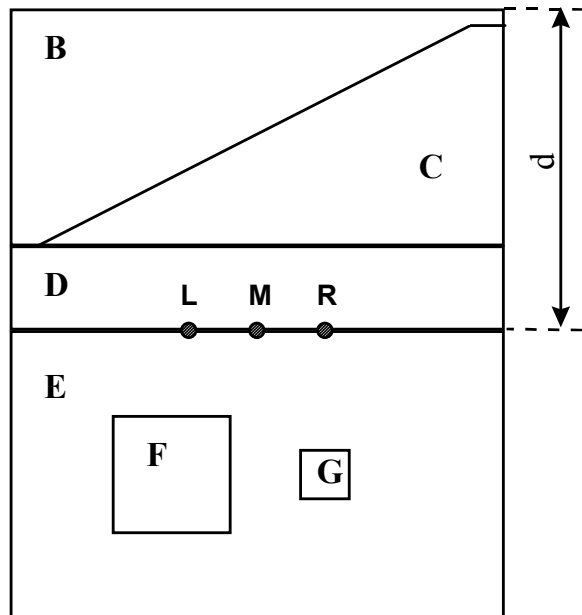
**Obr. D**

$d = 5 \text{ cm}$



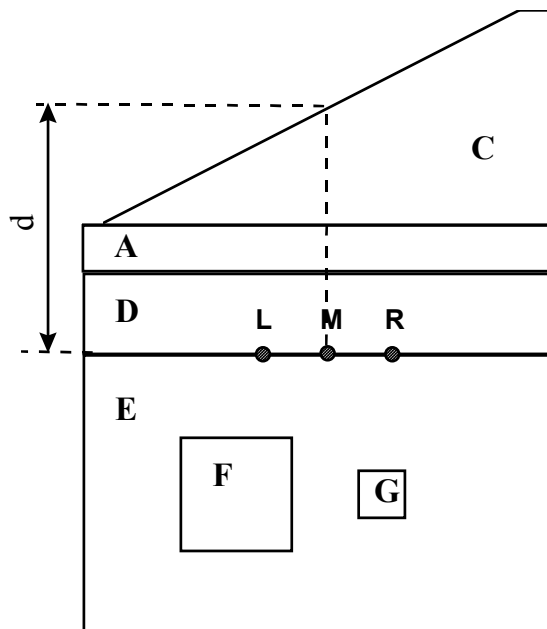
**Obr. E**

$d = 10 \text{ cm}$



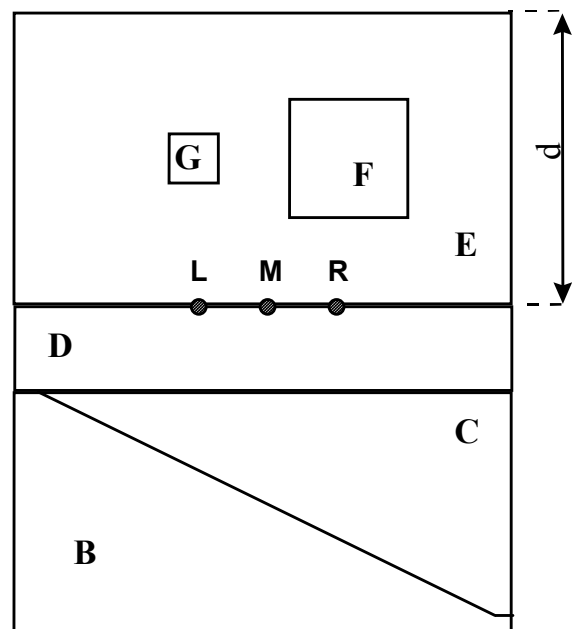
**Obr. F**

$d = 8,3 \text{ cm}$



**Obr. G**

$d = 10 \text{ cm}$



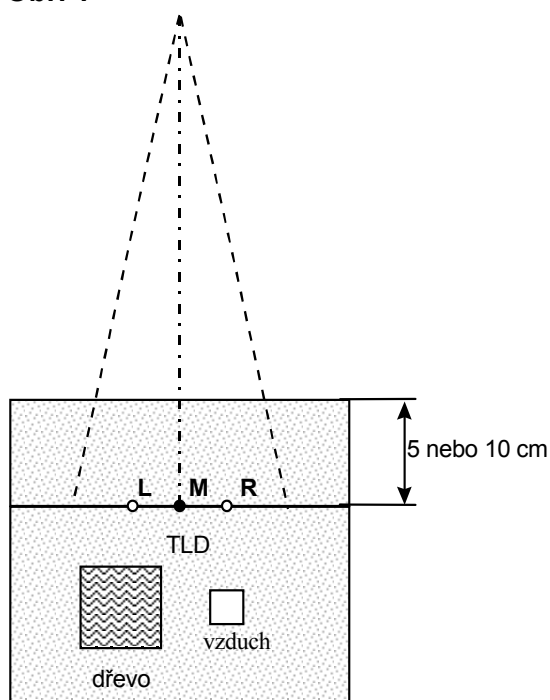
Tabulka 6: Pozice kapslí pro různé geometrie měření

Geometrie měření	Hloubka uložení ve fantomu (cm)	Poloha TLD kapslí			Konstrukce fantomu podle obr.	Počet ozáření
		L (Levá)	M (Střední)	R (Pravá)		
1	5 nebo 10	○	●	○	D nebo E	3
2a nebo 2b	5 nebo 10	○	●	○	D nebo E	3
3	5 nebo 10	○	●	○	D nebo E	3
4	5 nebo 10	●	●	●	D nebo E	3
5	8,3	●	●	●	F	3
6	10	●	●	●	E	3
7	10	●	●	●	G	3

○ - ucpávky  
● - kapsle s TLD

**GEOMETRIE 1 – referenční:** 10 cm x 10 cm – otevřené pole – dozimetry v hloubce 5 cm nebo 10 cm ve fantomu, v izocentru

Obr. 1



Velikost pole: 10 cm x 10 cm v rovině izocentra, otevřené pole

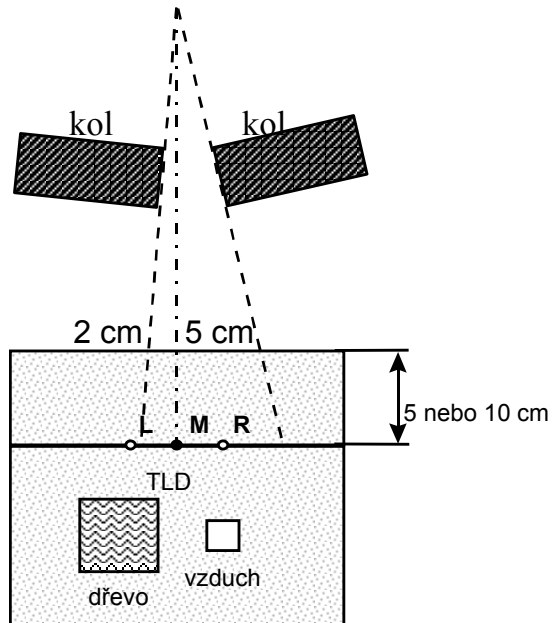
Konstrukce fantomu: viz obr. D (hloubka 5 cm) nebo obr. E (hloubka 10 cm)

TLD (1 kapsle a 2 ucpávky) v referenční hloubce – celkem 3 ozáření (každou ze 3 kapslí zvlášť)

Film v referenční hloubce

**GEOMETRIE 2 – Asymetrické pole** – nastavení pomocí asymetrického kolimátoru (obr. 2a) nebo pomocí stínícího bloku (obr. 2b) – vyberte variantu podle možností pracoviště

Obr. 2a



Velikost pole: 7 cm x 10 cm – asymetrické pole

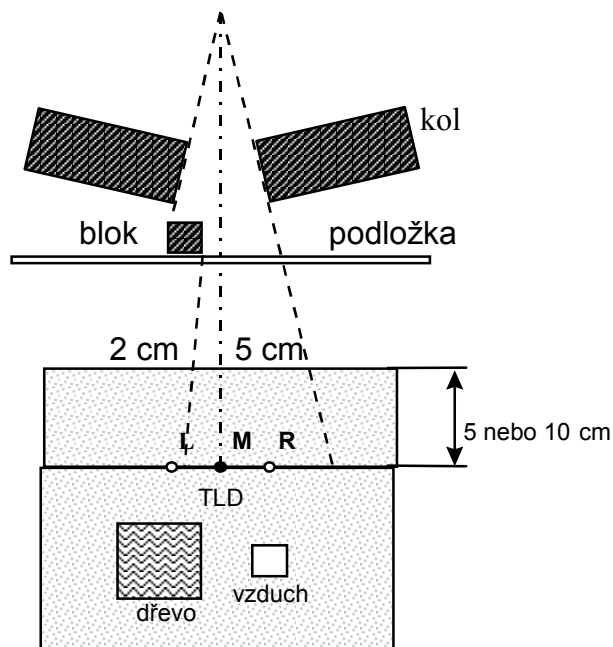
Konstrukce fantomu: viz obr. D (hloubka 5 cm) nebo obr. E (hloubka 10 cm)

TLD (1 kapsle v izocentru a 2 ucpávky) v referenční hloubce

**Poznámka:**

Rozměry pole uvedené na obrázku se týkají roviny izocentra.

Obr. 2b



Velikost pole: 7 cm x 10 cm – asymetrické pole

Konstrukce fantomu: viz obr. D (hloubka 5 cm) nebo obr. E (hloubka 10 cm)

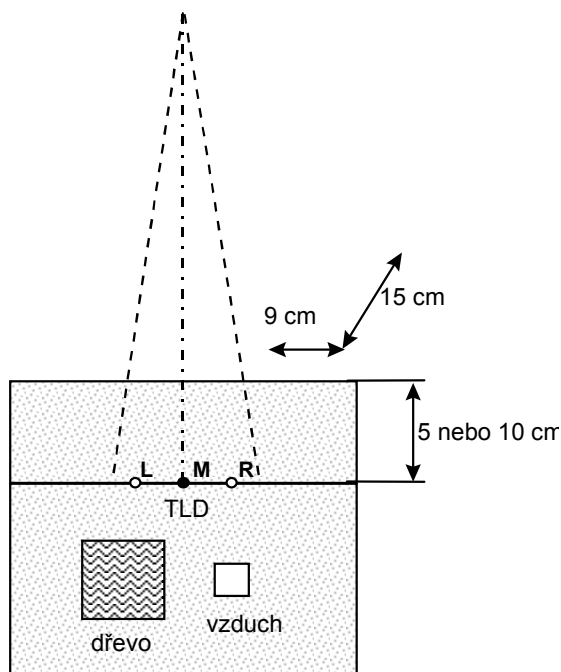
TLD (1 kapsle v izocentru a 2 ucpávky) v referenční hloubce

**Poznámka:**

Rozměry pole uvedené na obrázku se týkají roviny izocentra.

### GEOMETRIE 3 – Obdélníkové pole 9 cm x 15 cm

Obr. 3



Velikost pole: 9 cm x 15 cm – otevřené pole

Konstrukce fantomu:  
viz. obr. D (hloubka 5cm) nebo obr. E (hloubka 10cm)

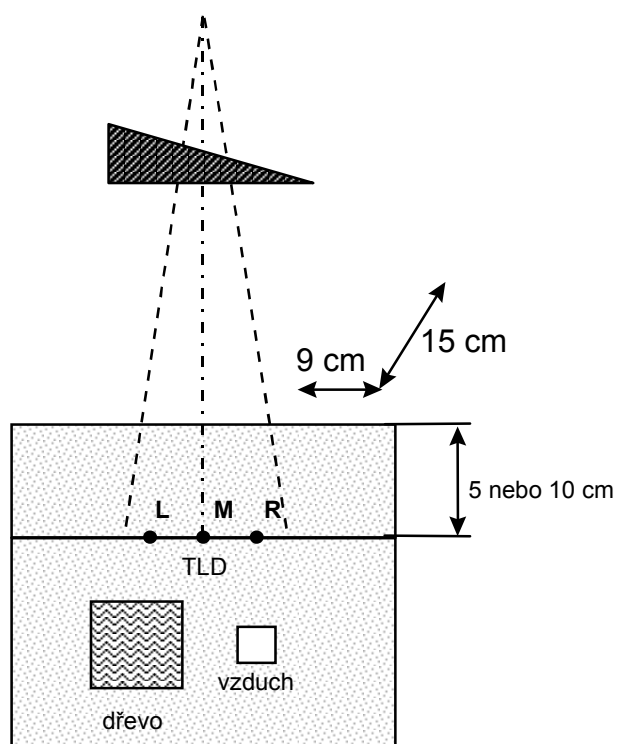
TLD (1 kapsle v izocentru a 2 ucpávky)  
v referenční hloubce

**Poznámka:**

Rozměry pole uvedené na obrázku se týkají roviny izocentra

### GEOMETRIE 4 – Klínové pole 9K cm x 15 cm – pro všechny klinicky používané klíny

Obr. 4



Velikost pole: 9K cm x 15 cm – klínové pole

Konstrukce fantomu:  
viz. obr. D (hloubka 5cm) nebo obr. E  
(hloubka 10cm)

TLD (3 kapsle, centrální kapsle v izocentru)  
v referenční hloubce – ozářit najednou

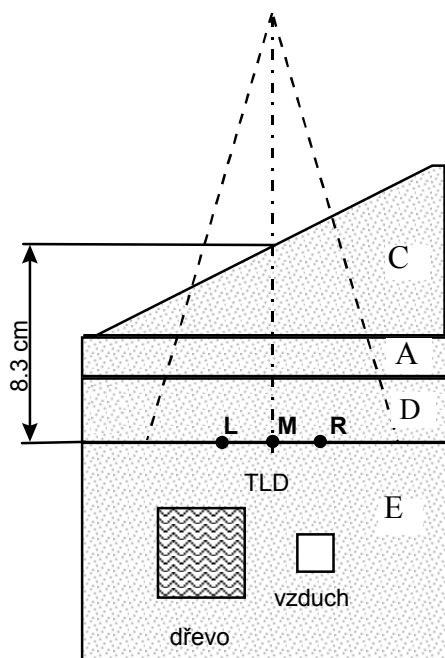
**Poznámka:**

Rozměry pole uvedené na obrázku se  
týkají roviny izocentra.

---

## GEOMETRIE 5 – Fantom se zkoseným povrchem

Obr. 5



Velikost pole: 15 cm x 15 cm – otevřené pole, fantom se zkoseným povrchem

Konstrukce fantomu: viz obr. F

TLD (3 kapsle), prostřední dozimetr v hloubce 8,3 cm ve fantomu, v izocentru – ozářit najednou

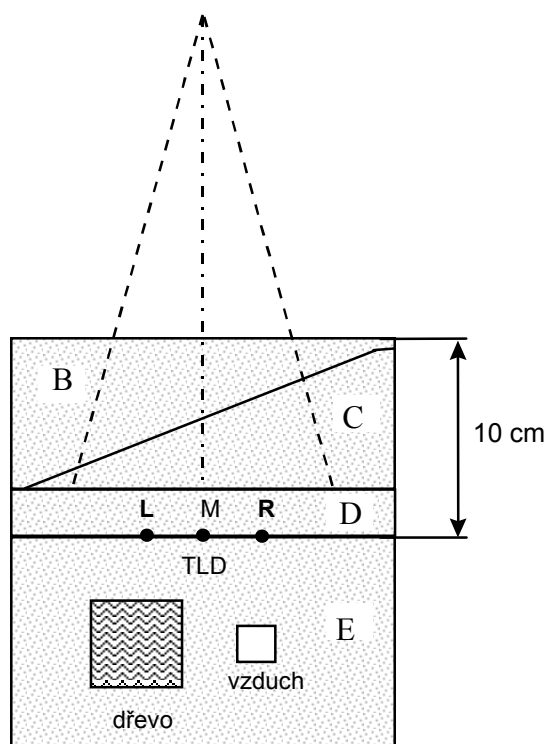
**Poznámka:**

Uvedené rozměry pole se týkají roviny izocentra.

---

## GEOMETRIE 6 – Otevřené pole

Obr. 6



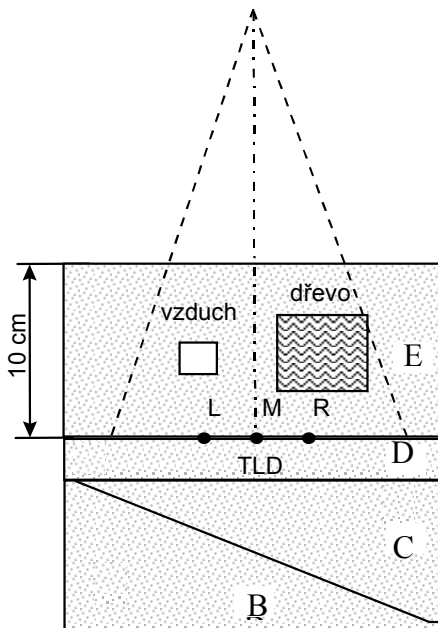
Velikost pole: 15 cm x 15 cm v rovině izocentra, otevřené pole

Konstrukce fantomu: viz obr. E

TLD (3 kapsle, prostřední kapsle v izocentru) v hloubce 10 cm

## GEOMETRIE 7 – Nehomogenity

Obr. 7



Velikost pole: 15 cm x 15 cm – otevřené pole

Konstrukce fantomu: viz obr. G

TLD (3 kapsle, prostřední kapsle v izocentru)  
v hloubce 10 cm

**Poznámka:**

Uvedené rozměry pole se týkají roviny izocentra.

# TLD AUDIT V RADIOTERAPII

## pro vysokoenergetické svazky záření X

### *III. Kontrola vypočtených dávek pro lineární urychlovače s vícelamelovým kolimátorem*

## PODROBNÝ NÁVOD

Nejprve několik **důležitých upozornění:**

#### **Než začnete**

- Po obdržení zásilky s dozimetrickou sestavou uložte TL dozimetry, resp. filmy, na vhodné místo – musí být vyloučeno jejich nežádoucí ozáření (nehoda) a zahřátí nad úroveň pokojové teploty (neukládat např. na slunečné místo).
- Pečlivě prostudujte všechny materiály, které jste v zásilce obdrželi.

#### **Během auditu**

- Ozáření provádějte ve stanoveném termínu – viz protokol. Pokud není možné tento termín dodržet, informujte měřící centrum (SÚRO – oddělení TL a filmové dozimetrie) a dohodněte si náhradní termín.
- S TL dozimetry manipulujte opatrně. Zabraňte vzájemné záměně kapslí a jejich poškození. Oddělte kapsle určené pro samotný audit od kapslí pro měření pozadí. Kapsle sloužící pro měření pozadí nesmí být ozářeny.

#### **Nakonec**

- Všechny dozimetry vložte do originálních obalů a zabraňte jejich záměně.
- Vyplňte čitelně všechny požadované údaje v protokolech.
- Znovu zkontrolujte.
- Odešlete do SÚRO.



## 1. CÍL

Cílem této verze TLD auditu je kontrola vybraných dozimetrických parametrů lineárních urychlovačů vybavených počítačově ovládanými vícelamelovými kolimátory (MLC). Při auditu je kontrolována absorbovaná dávka ve vodě (dále jen dávka) pro 4 různá ozařovací pole (viz následující tabulku), jejichž obrysy a rozměry jsou určeny pomocí MLC. Kontrola spočívá v porovnání dávky vypočtené plánovacím systémem a dávky naměřené pomocí TLD.

Geometrie	Popis	Velikost pole (maximální délka a šířka)
1	Referenční podmínky	10 cm × 10 cm
2	Malé kruhové pole s MLC	6 cm průměr
3	Obrácené “Y” pole s MLC	15 cm × 10 cm
4	Nepravidelné pole s MLC	8 cm × 10 cm

## 2. POSTUP

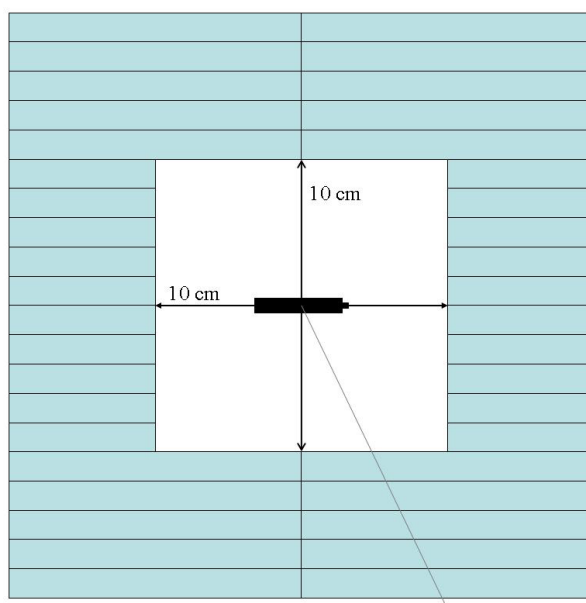
Pomocí plánovacího systému simulujte následující tvary MLC (viz obrázky a popis níže) pro ozáření TLD v SAD nebo při standardně používané hodnotě SSD<sup>1</sup> vertikálním svazkem ve vodním fantomu v hloubce 5 cm ( $TPR_{20/10} \leq 0,70$ ) nebo 10 cm ( $TPR_{20/10} > 0,70$ ). Počet MU volte tak, aby dávka v místě středu TL dozimetru byla co nejbližší hodnotě **2 Gy**. Stanovenou hodnotu dávky zapište do protokolu.

Pro každou geometrii ozáření jsou určeny 3 TLD kapsle (3 identická ozáření). Aby dávka naměřená pomocí TLD byla porovnatelná s dávkou stanovenou pracovištěm, musí být TLD kapsle ozářeny při nastavení odpovídajícím nastavení, pro které byla dávka vypočtena plánovacím systémem. K fixaci TLD kapsle ve vodním fantomu použijte standardní IAEA stojan pro fotonové svazky. Osa stojanu se musí krýt s centrální osou svazku. Zkontrolujte správné nastavení vodní hladiny vzhledem k vrcholu stojanu. Ozáření TLD proveďte přesně v souladu s vypočteným plánem. Do protokolu uveďte všechny vyžadované údaje a spolu s ozářeními dozimetru odešlete k vyhodnocení.

---

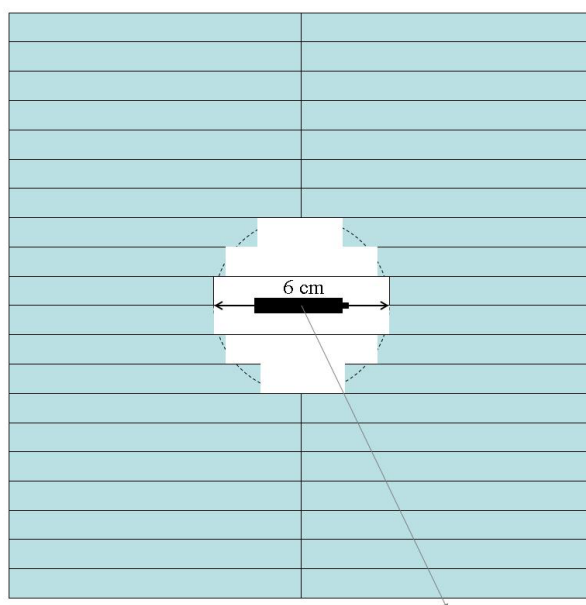
<sup>1</sup> Použijte izocentrickou nebo neizocentrickou techniku, podle toho, která z nich je na vašem pracovišti používána standardně. Velikosti polí se vztahují v případě izocentrické techniky k rovině izocentra (SAD), pro neizocentrické ozařování k rovině povrchu fantomu (standardně používané SSD).

## Geometrie 1 – referenční podmínky



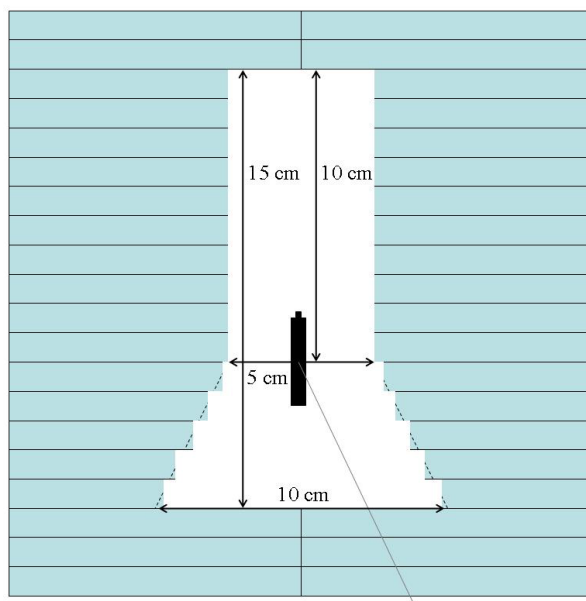
Osa svazku a střed TLD

## Geometrie 2 – malé kruhové pole s MLC



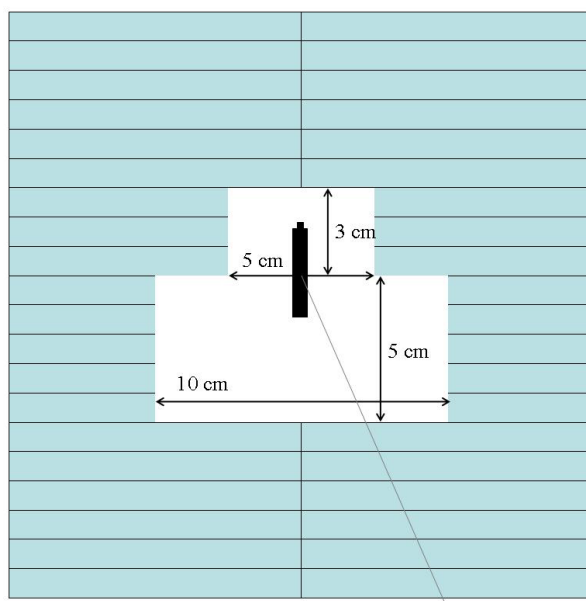
Osa svazku a střed TLD

### Geometrie 3 – obrácené “Y” pole s MLC (asymetrické pole)



Osa svazku a střed TLD

### Geometrie 4 – nepravidelné pole s MLC (asymetrické pole)



Osa svazku a střed TLD

**TLD audit v radioterapii**  
**Kontrola dávky vypočtené plánovacím systémem**

**Protokol o ozáření TLD**



<b>Požadovaný termín ozáření TLD</b>	
--------------------------------------	--

<b>Kód pracoviště</b>
-----------------------

**Údaje o ozařovači**

(zkontrolujte a doplňte správné nebo chybějící údaje)

<b>Typ</b>	
Nainstalován v roce	
Datum poslední výměny zdroje	
Používané svazky a energie	

**Způsob stanovení absorbované dávky v referenčním bodě**

(zaškrtněte Vámi používaný protokol a doplňte datum)

<b>Fotonové svazky</b>	<b>Elektronové svazky</b>
TRS 398 <input type="checkbox"/>	TRS 398 <input type="checkbox"/>
TRS 277 <input type="checkbox"/>	TRS 277 <input type="checkbox"/>
SROBF <input type="checkbox"/>	SROBF <input type="checkbox"/>
Protokol používán od	Protokol používán od

**Údaje o ozáření TLD**

(zapište všechny údaje pro uvedené svazky)

Datum ozáření TLD	Svazek	Nominální energie	SAD nebo SSD [cm] <sup>1)</sup>	Velikost pole [cm×cm]	Hloubka [cm] Z <sub>ref</sub> nebo Z <sub>max</sub> <sup>2)</sup>	TPR <sub>20,10</sub> nebo R <sub>50</sub> <sup>3)</sup>	D [Gy] <sup>4)</sup>

**Poznámky**

- <sup>1)</sup> zaškrtněte příslušný údaj a uveďte hodnotu
- <sup>2)</sup> pro svazky elektronů zaškrtněte příslušný údaj
- <sup>3)</sup> pro svazky záření X uveďte hodnotu indexu kvality TPR<sub>20,10</sub> definovaného jako poměr dávek ve vodním fantomu měřených při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor ve hloubce 20 a 10 cm, pro svazky elektronů uveďte hodnotu hloubky, R<sub>50</sub> [cm], na centrální ose svazku, kde absorbovaná dávka dosahuje 50 % maximální dávky
- <sup>4)</sup> vypočtenou dávku vyplňte s nejvyšším počtem desetinných míst, která Váš plánovací systém uvádí

<b>Ozáření TLD provedl/a</b>	<b>Podpis</b>
------------------------------	---------------



**Požadovaný termín ozáření TLD**

Pracoviště

**Údaje o ozařovači <sup>1)</sup>**

<b>Typ</b>	
Nainstalován v roce	
Energie [MV]	
TPR <sub>20,10</sub> <sup>2)</sup>	
Plánovací systém	
Způsob stanovení absorbované dávky v referenčním bodě (zaškrtněte používaný protokol a doplňte datum)	TRS 398 <input type="checkbox"/> TRS 277 <input type="checkbox"/> SROBF <input type="checkbox"/> Protokol používán od

**Údaje o ozáření TLD <sup>1)</sup>**

Pole	Geometrie ozáření	Hloubka ve vodě [cm]	SAD [cm]	Velikost pole (max. délka a šířka) [cm×cm]	Klín	D [Gy] <sup>4)</sup>		
						L	M	R
1	Referenční podmínky							
2	Asymetrické pole							
3	Obdélníkové pole							
4	Klínové pole (pro všechny klinicky používané klíny)							
5	Fantom se zkoseným povrchem							
6	Otevřené pole							
7	Nehomogenity							

**Poznámky**

- <sup>1)</sup> do tabulky doplňte požadované údaje
- <sup>2)</sup> uveďte hodnotu indexu kvality TPR<sub>20,10</sub> definovaného jako poměr dávek ve vodním fantomu měřených při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor v hloubce 20 a 10 cm
- <sup>3)</sup> vypočtenou dávku vyplňte s nejvyšším počtem desetinných míst, která Váš plánovací systém uvádí

<b>Ozáření TLD provedl/a</b>	<b>Datum ozáření</b>	<b>Podpis</b>
------------------------------	----------------------	---------------



**Požadovaný termín ozáření TLD**

**Pracoviště**

**Údaje o ozařovači <sup>1)</sup>**

<b>Typ</b>	
Nainstalován v roce	
Energie [MV]	
TPR <sub>20,10</sub> <sup>2)</sup>	
Plánovací systém	
Způsob stanovení absorbované dávky v referenčním bodě (zaškrtněte používaný protokol a doplňte datum)	TRS 398 <input type="checkbox"/> TRS 277 <input type="checkbox"/> SROBF <input type="checkbox"/> Protokol používán od

**Údaje o ozáření TLD <sup>1)</sup>**

Pole	Geometrie ozáření <sup>3)</sup>	Hloubka ve vodě [cm]	SAD nebo SSD [cm] <sup>4)</sup>	Velikost pole (max. délka a šířka) [cm×cm]	D [Gy] <sup>5)</sup>
1	Referenční podmínky				
2	Malé kruhové pole s MLC				
3	Obrácené „Y“ pole s MLC				
4	Nepřavidelné pole s MLC				

**Poznámky**

- <sup>1)</sup> do tabulky doplňte požadované údaje
- <sup>2)</sup> uveďte hodnotu indexu kvality TPR<sub>20,10</sub> definovaného jako poměr dávek ve vodním fantomu měřených při konstantní vzdálenosti zdroj-detektor v hloubce 20 a 10 cm
- <sup>3)</sup> pro geometrie 2 až 4 připojte náčrty MLC polí z plánovacího systému
- <sup>4)</sup> zaškrtněte příslušný údaj a uveďte hodnotu
- <sup>5)</sup> vypočtenou dávku vyplňte s nejvyšším počtem desetinných míst, která Váš plánovací systém uvádí

<b>Ozáření TLD provedl/a</b>	<b>Datum ozáření</b>	<b>Podpis</b>
------------------------------	----------------------	---------------

# AUTOŘI

Tuto publikaci vypracovali

Ing. Daniela Ekendahl

Ing. Jiří Valenta

Ing. Ivana Horáková, CSc.

v rámci řešení projektu IGA MZ ČR "3D konformní radioterapie – vývoj metod pro ustanovení systému zabezpečení jakosti na národní úrovni" pod reg. číslem NC7393-3/2003 a programového projektu „Analýza aktuálních problémů radiační ochrany v oblasti expozice obyvatelstva ČR ionizujícímu záření,“ označeného kódem SSUJ 200472004. Veškerá práva podle předpisů na ochranu duševního vlastnictví jsou vyhrazena.