Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Katedra radiologie a toxikologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zpracování výukového programu pro předměty:

„Dozimetrie ionizujícího záření“

„Klinická dozimetrie“

Autor: Bc. Štěpán Leština

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Singer, CSc.

Datum odevzdání: 28.5.2007

Abstract

The problem I am dealing with in the diploma thesis : Processing of education schedule the areas: „Dosimetry of ionising radiation“, „Clinical dosimetry“, is connected with a creating of practical internet applications of formal training of university´s students. To design certain applications which would tend to be more effective in teaching and would lead to easier understading of given curriculum is the main aim of this work. It also concerns a didactic approach to teaching the subjects, such as: „Dosimetry of ionising radiation“, „Clinical dosimetry“, which is included in curriculum of Bachelor and Master degree studies in the Department of Radiology and Toxicology at University of South Bohemia České Budějovice. The important component of the thesis is a teaching program which is accesible also on the web side :

http://www.lestinas.webzdarma.cz

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Zpracování výukového programu pro předměty: „Dozimetrie ionizujícího záření, Klinická dozimetrie“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů které cituji a uvádím v přiložené bibliografii. Souhlasím s použitím práce k vědeckým účelům.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 20.5.2007 Podpis studenta: ……..

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jan Singerovi, CSc. za aktivní pomoc při dokončování práce. Děkuji rodičům, manželce Terezce a dceři Adriance za podporu ve studiu.

Obsah

1.Úvod…… 8

1.1 Výhody výuky studentů pomocí internetových aplikací…….. 8

1.2 Výhody výuky studentů pomocí internetových aplikací pro školitele……..8

1.3 Nevýhody výuky studentů pomocí internetových aplikací…….. 9

1.4 Současný stav…… 9

2. Cíl práce……. 10

2.1 Hypotéza……10

2.2 Předpokládané využití v praxi……...10

3. Internet……11

3.1 Pár slov o Internetu……... 11

3.2 Co je Internet a jaký je jeho význam……11

3.3 Internet jako síť…… 11

3.4 Možnosti Internetu…… 11

3.5 Internet a nákup……12

3.6 World Wide Web…….. 13

3.7 Prohlížeče……..13

4. Webové stránky – úvod……. 14

4.1 Požadavky na webové stránky…….. 14

4.2 Jsou vaše webové stránky skutečně funkční?..... 14

4.3 Návrch webových stránek……15

4.4 Zrození projektu…… 15

4.5 Životushopnost & konkurence…….. 15

4.6 Originalita, nápaditost, pestrost……16

4.7 Koncept…… 16

4.8 Struktura……17

4.9 Navigace……17

4.10 Tipy & rady……17

5. Metodika zpracování výukového programu……...18
5.1 Webdesign…… 18
5.2 Rozbor našich požadavků, návrh struktury webových stránek……18
5.3 Zpracování grafického návrhu…….. 18
5.4 Layout stránek……...18
5.5 Rozlišení obrazovky potažmo velikost okna ……19
5.6 Velikost okna prohlížeče……...19
5.7 Grafika – barvy ……19
5.8 Grafika – formáty…… 20
5.8.1 Formát GIF …… 20
5.8.2 Formát JPEG…….. 20
5.8.3 Formát PNG……. ……..21
5.8.4 Formáty a jejich použití……..…… 21
5.9 Kódování stránek, programování …… 21
5.10 Jazyk HTML……... 22
5.11 HTML a jeho nasazení……22
5.12 Konec cesty……22
5.13 Upozornění……..22
6. Vlastní realizace výukového programu……. 23
6.1 Návrh…… 23
6.2 Zdrojový kód hlavní stránky výukového programu……. 24
6.3 Finální úprava hlavní stránky výukového programu…… 26
6.4 Zdrojový kód stránky „Dozimetrie ionizujícího záření“……27
6.5 Finální úprava stránky „Dozimetrie ionizujícího záření“……. 78
6.6 Zdrojový kód stránky „Klinická dozimetrie“…….……79
6.7 Finální úprava stránky „Klinická dozimetrie“…….. 157
6.8 Zdrojový kód stránky „Testy a fotogalerie“……. 158
6.9 Finální úprava stránky „Testy a fotogalerie“…… 160
6.10 Zdrojový kód stránky „Ke stažení“……161
6.11 Finální úprava stránky „Ke stažení“……163

6.12 Zdrojový kód stránky „Kontakty a odkazy“……164
6.13 Finální úprava stránky „Kontakty a odkazy“……...166
7. Diskuze……...167
7.1 Faktory odmítavého postoje……. 167
7.2 Tradice učebních osnov…….168
7.3 Tradice ústní výuky …….....168
7.4 Nedostatek důvěry v technická řešení problémů výuky……168
7.5 Nedostatek zkušeností s médii…….. 168
7.6 Dosavadní zkušenosti …….. 169
7.7 Vize budoucnosti…….. 169
8. Závěr ……. 170
9. Literatura…… 171
10. Internetové odkazy……171
11. Přílohy…….. 172
I. Seznam obrázků použitých na http://www.lestinas.webzdarma.cz..... 172
II. Zdrojový kód „Testu znalostí z Dozimetrie ionizujícího záření“…… 174
III. Zdrojový kód „Testu znalostí z Klinické dozimetrie“……. 189

1.Úvod

Víte, co je výuka studentů pomocí internetu? Elektronické vzdělávání je moderní a uznávanou formou vzdělávání, která v poslední době prožívá svůj obrovský rozmach. Důvodem je rychlost změn v každodenním životě nás všech. V hektickém světě, kde množství volného času ubývá, ubývá i čas na naše vzdělávání. Výuka studentů pomocí internetu neboli vzdělávání za pomocí výpočetní techniky je hodně diskutovaná věc. Měli bychom o tomto směru, který umožňuje snadný rozvoj studentů, napomáhá sjednocování studijní kultury a může být rychlým testovacím nástrojem znalostí vůbec uvažovat? Co nám může výuka studentů pomocí internetu nabídnout a je pro nás vhodná? Na tyto otázky Vám může pomoci odpovědět několik následujících pohledů z různých úhlů.

1.1 Výhody výuky studentů pomocí internetových aplikací

- sami si mohou určovat místo a čas, kdy a kde se vzdělávají,
- sami si mohou určovat do určité míry studijní tempo a obsah vzdělávání,
- sami si určují, které znalosti si chtějí prohloubit,
- možnost kdykoliv se vracet k již absolvovanému vzdělávání,
- možnost mezioborového vzdělávání, studenti se mohou účastnit kurzů z jiných oblastí,
- možnost využít výhod kolaborativního učení – spolupráce na projektech.

1.2 Výhody výuky studentů pomocí internetových aplikací pro školitele

- možnost průběžného a pružného celoživotního vzdělávání,
- možnost doškolování a přeškolování,
- možnost průběžného testování znalostí,
- zefektivnění diferencovaného vzdělávání jednotlivců a školících týmů,
- snížení cestovních a dalších nákladů spojených se vzděláváním,
- snížení nároků na lidské a materiální zdroje při vzdělávání (učebny, učebnice, ...),
- zkrácení nepřítomnosti studentů ve škole z důvodů vzdělávání,
- rychlé a konzistentní předávání aktuálních informací (změny předpisů, směrnic),
- možnost vytváření specializovaných znalostních kurzů.

1.3 Nevýhody výuky studentů pomocí internetových aplikací

Výuka studentů pomocí internetu není samospasitelná, ale v určité formě bude ve školách v budoucnu samozřejmostí. Proto je třeba se zamyslet nad využitím i netradičních forem výuky. Zpřístupnit alespoň základní dovednosti studentům touto cestou. Pomůžete jim možná překonat strach, ostych a obavy z ukázání své neznalosti před ostatními. Vytvořením soustavy elektronických samotestů. Ty studentům pomohou mimo jiné ukázat znalostní a dovednostní požadavky, které na ně máte.

1.4 Současný stav

Tradiční způsoby vzdělávání studentů ve třídách je dnes třeba doplňovat novými formami vzdělávání využívajících nové technologie. Jde nejenom o multimediální, zábavnější a tím efektivnější učící programy přístupné na CD nebo získatelné po internetu, ale i o on-line výuku ať už formou samostudia, nebo za účasti lektora ve virtuálních třídách.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je vytvoření internetové aplikace se zaměřením na on-line výuku studentů JCU z předmětů „Dozimetrie ionizujícího záření, Klinická dozimetrie“. Její umístnění na internet a zpřístupnění široké veřejnosti a to na adrese:

http://www.lestinas.webzdarma.cz

2.1 Hypotéza

Na základě celosvětově provedených výzkumů je možné prohlásit, že studenti používající ke studiu internetovou podporu výuky předmětu dosáhli minimálně stejných studijních výsledků v oblasti úloh ověřujících zapamatování, porozumění poznatkům a použití vědomostí v problémových situacích jako studenti vyučovaní prezenčně. V případě dobře navrženého a vhodným způsobem realizovaného internetového kurzu jsou tedy výsledky, kterých dosáhnou studenti absolvující internetový předmět srovnatelné s výsledky studentů vyučovaných tradičním způsobem.

Internetové vzdělávání tedy může fungovat jako nástroj k překonaní odmítavého postoje vůči využívání informačních a komunikačních technologií ve vzdělávacích institucích a stát se prostředkem k dosažení širšího uplatňování informačních a komunikačních technologií ve všech oblastech výuky.

2.2 Předpokládané využití v praxi

Výuka studentů prostřednictvím internetu je momentálně velmi perspektivním způsobem vzdělávání. Výhody jsou pochopitelné – převažují finanční, jako je úspora za dopravu, ubytování a další cestovní výdaje, dále úspory za pronájem školících místností, za lektora, tisk materiálů. Druhou oblastí výhod je časové zvýhodnění. Úspora času na dopravu a času na organizaci školení, možnost volby vhodného času pro vzdělávání a jistě si každý představí další, které vzdělávání studentů prostřednictvím internetu přináší.

3. Internet

3.1 Pár slov o Internetu

Pro některé z nás je Internet nedílnou součástí každodenního života. Lze na něm nalézt úplně všechno, od nejrůznějších (textových, grafických, zvukových nebo filmových) informací až po celé virtuální obchodní domy. Pro někoho je výrazem jeho osobitého stylu, pro někoho holou nutností potřebnou k přežití v dnešním tržním světě. Dnes se již nepředpokládá, že jste se s pojmem Internet ještě nesetkali [1].

3.2 Co je Internet a jaký je jeho význam

Určitě víte, že jednotlivé osobní počítače můžete spolu navzájem propojit a to kabelovým nebo bezdrátovým vedením. Tyto propojené počítače najednou mohou nabízet úžasné možnosti to, co je na jednom počítači (třeba obrázek, dokument nebo program nabízející nějaké služby), je náhle k dispozici kterémukoli jinému připojenému počítači. V průběhu asi dvaceti let, nejvíce ale v posledních pěti letech probíhá právě takové propojování skoro každého místa. v civilizovaném světě, buduje se celosvětová síť jménem Internet někdy se jí říká i docela výstižně pavučina [6], protože tak trošku její propojení a provázání vypadá jako obrovská, gigantická pavoučí síť.

3.3 Internet jako síť

Internet tedy znamená jednak tuto síť (jednotlivé dráty a kabely, počítače v uzlech a další elektroniku okolo), jednak to, co tato síť obsahuje a nabízí. Je to podobné jako televize, rozdíl tu však je. Když se připojíte k Internetu, máte k dispozici celý světový Internet, nic z něj vám není skryto to není třicet televizních kanálů nebo několik rozhlasových stanic a pár novin, ale miliony, desítky milionů zdrojů, a navíc ještě spousta. možností, kterých můžete využít to vám televize umožnit nemůže.

3.4 Možnosti Internetu

Na Internetu lze najít časopisy a noviny, nejrůznější služby, rádia a televize, obchody, vědecké a studijní informace a tisíce dalších kategorií. Existují zde stejně jako v reálném světě, ale vy je používáte a pracujete s nimi pomocí obrazovku počítače na

rozdíl od televize si sami vybíráte, co chcete vidět, nemusíte čekat, až vám to někdo nabídne. V současnosti se možnosti Internetu podstatně rozšířily díky novým technologiím, výkonnějším počítačům, zvýšenými komunikačními možnostmi zvýšená rychlost přenosu mezi jednotlivými počítači připojenými k Internetu a větší propustnosti linek, které jsou schopny za stejný okamžik přenést stále více dat [1]. Jak se mění možnosti Internetu, získávají jeho uživatelé přístup k obrazovým i zvukovým datům, z Internetu lze tak sledovat televizní vyslání, poslouchat rozhlas z druhého konce světa nebo mít přístup k elektronické podobě Národní galerie v Londýně. Lze hrát přes Internet hry, s kýmkoliv na světě, stačí jen být k Internetu připojen. Pořádají se videokonference, jejichž jednotliví účastníci jsou od sebe vzdáleni stovky kilometrů. V praxi se tímto způsobem pořádají valné hromady akcionářů, můžete on-line sledovat Newyorskou burzu, dokonce se jí aktivně účastnit, aniž vstanete od svého stolu. Lze telefonovat přes Internet, což díky levnému přenosu šetří kapsu podstatně více než klasická telefonie. Zkrátka možnosti Internetu jsou prakticky nekonečné.

3.5 Internet a nákup

Největším hitem současnosti je však nakupování přes Internet. Není problém si koupit knihu v největším světovém velkoobchodě s knihami, kde naleznete přes několik milionů titulů. Prostřednictvím Internetu můžete dnes už nakoupit prakticky vše, ať už se jedná o již zmíněné knihy, hudební CD, lze si takto vybrat a samozřejmě koupit dovolenou nebo třeba vaši oblíbenou hru či počítač postavený přesně podle vašich požadavků. Díky Internetu mohou existovat také elektronické noviny a časopisy, ať už se jedná o speciálně pro Internet a jeho uživatele tvořená média či jakési odvozeniny od klasických papírových. Každý se dnes může stát vydavatelem, aniž by musel vynaložit přehnaně vysoké částky, jichž by bylo zapotřebí v případě skutečných novin [1]. Možnosti Internetu jsou prostě velice rozsáhlé a byla by škoda jich nevyužít, ať už z pozice uživatele, nebo z pozice tvůrce těchto stránek.

3.6 World Wide Web

Pokud jste sledovali rozmach World Wide Webu [9] (WWW nebo jen webu) v posledních několika letech, jistě jste zaslechli pojem „internetový věk“. Neuvěřitelný růst internetu a webu vedl ke vzniku desítek společností, které vyvinuly tisíce nových aplikací. V závodech s konkurencí vznikají nové aplikace neuvěřitelným tempem a možnosti Internetu se tak stále rozvíjejí.

3.7 Prohlížeče

Tento explosivní nárůst byl zvláště patrný v kategorii prohlížečů. První prohlížeče byly omezeny na prosté zobrazení textu a jednoduchých obrázků.
S postupem času a techniky se jejich možnosti jenom prohlubovaly. Nejnovější verze prohlížečů prodělaly ohromný pokrok a obsahují v sobě technologie jako jsou objektové modely, mocné skriptovací jazyky, možnost řídit vzhled webových stránek a schopnost přímo měnit zobrazení na obrazovce klienta. Nejznámější jsou Microsoft Internet Explorer, Netscape Navigátor, Mozilla Firefox a Opera [19].

4. Webové stránky - úvod

4.1 Požadavky na webové stránky

Kvalitní webové stránky jsou jedním z nejlevnějších propagačních nástrojů. Pokud mají prodávat, nabízet službu či poskytnout informaci, musí být navrženy kvalitně. Webové stránky jsou investice a musí se vrátit. Kvalitní grafický návrh podpoří funkci stránek. Návštěvníka nemusíte oslnit přemírou barev a animací, stačí, když najde co hledá, a podaří se mu to rychle [20]. Pokud člověku pomůžeme lépe procházet www stránky a udržíme jeho pozornost, splníme vše, co se od nás žádá.

4.2 Jsou vaše webové stránky skutečně funkční?

Maximálního účinku dosáhne www prezentace tehdy, když odpoví na tyto základní otázky uživatele:

- na jakém webu se nacházím?
- kdo je jeho provozovatelem?
- co zde najdu?
- jak se dostanu k podrobnějším informacím?
- na které úrovni stránek jsem?
- je vše jasné i v případě vašeho webu?

Špatné webové stránky jsou horší než žádné [21]. Webové stránky jsou vaší vizitkou. Obsah má být srozumitelný, přehledně uspořádaný a gramaticky správný. Jedině tak lze přesvědčivě oslovit budoucí zákazníky. Pamatujte proto, nejlevnější neznamená nejlepší.

4.3 Návrh webových stránek

V této části se budeme zabývat návrhem, jež by měl předcházet samotné realizaci. Začneme tedy hrubým konceptem, pokračovat budeme strukturou webových stránek a nakonec se podíváme na navigaci.

4.4 Zrození projektu

Určitě už vás někdy napadlo rozjet nějaký projekt, nějaké webové stránky, které se budou věnovat nějakému oboru. Zůstaneme u této myšlenky - máme v hlavě nějaký návrh. Musíme si uvědomit, že internet je přehlcen všemožnými weby s nulovou informační hodnotou, proto musíme dopředu vědět, že daný obor bude někoho zajímat. Jistě, osobní stránky jsou sice hezké, ale dobré leda tak k procvičení html tagů [3]. Pokud máte vyšší cíle, čtěte dále, v opačném případě není tato část určena pro vás. Musíme si tedy udělat takový malý osobní průzkum.

4.5 Životaschopnost & konkurence

K tomu, abychom docílili opravdu kvalitního a životaschopného projektu je potřeba nesmírná dávka chtíče, musíte chtít být lepší a musí vás to bavit. Když něco opravdu chcete, nakonec to dokážete. Co to tedy znamená? Umět řešit a vypořádat se s problémy (tedy pokud narazíte na složitější problém, musíte se snažit a musíte chtít ho vyřešit). Pokud se budete opravdu snažit, můžete uspět. Nemusíte, ale můžete. Samozřejmě je to riziko. Vraťme se ale k samotnému projektu, máme velké ambice něco dokázat, něco stvořit, ale na internetu jsou podobných stránek stovky. Jsme u dalšího problému: konkurenceschopnost [3]. A zde platí podobné pravidlo, pokud se budete snažit, můžete konkurenci předstihnout. Základním kamenem je opět chtíč, chuť jít do toho, dokázat něco. Ovšem jen s těmito předpoklady se neuchytíte, musíte také přijít na něco nového, co konkurenci chybí, co by potencionální návštěvníky zajímalo.

4.6 Originalita, nápaditost, pestrost

Nemluvíme o grafice, ale stále jsme u myšlenky. Pokud máme výše uvedené předpoklady, musíme být navíc originální [17]. Pokud nevymyslíme nic, čím bychom zaujmuli, můžeme se v klidu posadit na pohovku a přemýšlet, o čem bude náš nový projekt, poněvadž originalita je klíčem k úspěchu. Vemte si tyto webové stránky. I když je na internetu tolik podobných stránek, proč jste si vybrali zrovna tyto? Museli vás něčím zaujmout, překvapit. Myslíte, že jsem začal programovat tyto webové stránky bez nějakého cíle? Kdybych neměl ambice, určitě by tyto webové stránky nebyli tam kde jsou teď. Z toho všeho tedy plyne: pokud nemáte nápad, chuť a trpělivost, nepouštějte se do toho. Pouze s těmito vlastnostmi máte základní předpoklady k úspěšnosti. Chtěl bych ještě připomenout, že se zde nebavíme o stránkách internetového šílenství, čímž jsou stránky s erotickou tématikou a melodiemy zdarma. U těchto stránek je návštěvníkům jedno, zda je pozadí bílé a na něm žlutý text, zde hrají roli jiné vlastnosti, kterými se ale zabývat nebudeme.

4.7 Koncept

Nyní jsme se již dostali k samotným webovým stránkám. Obecně bychom si mohli říct, že nám stačí nějaké logo, menu a část s obsahem. Ale my budeme myslet dál - kolik informací plánujeme na web uveřejnit? Bude nám stačit jeden sloupec s navigací? Budeme chtít později umístnit reklamu, či začít od začátku využívat výměnnou reklamu? Jaké další informace zobrazíme - přihlašování, kontakt, nejčtenější články, statistiky? Je dobré si dopředu navymýšlet všechno [2], co bychom chtěli na stránkách. Poněvadž v případě zvolení pouze jednoho navigačního sloupce můžete později dojít do úzkých kam umístnit tento blok, aby byl viděn, poněvadž je celkem důležitý? Je tedy důležité, aby jste si dopředu naplánovali všechny budoucí informace na stránce. Rozmístnit si jednotlivé bloky, vyhradit místo pro reklamu (jen předběžně), pro logo a další aplikace.

4.8 Struktura

Jakmile máme jakýsi koncept našich stránek, měli bychom si ujasnit, co je prioritní pro nás a naše čtenáře [3]. Formulář pro přihlašování by měl být určitě viděn bez nutnosti scrollování, ale taktéž vyhledávání. Hlavní menu stránek také nemůže být někde dole, to je pro nás nejpodstatnější. Co reklama, bude viděna bez nutnosti scrollování? Je to jakási návaznost na koncept, kde si ale určujeme priority. Jistě lze velmi jednoduše bloky řadit a určovat jim prioritu, nicméně my jsme stále v návrhu, kde si vytváříme budoucí podobu. Neopomínejte tento krok!

4.9 Navigace

A dostali jsme se k navigaci, tedy k našemu menu a ovládání celých stránek. Opět zde musíme myslet na budoucí rozšíření a naše rubriky vhodně pojmenovat tak, aby naše menu nezabíralo několik desítek řádků rubrik. Je vhodné vytvořit rubrik co nejméně a k nim přiřazovat podrubriky postupně tak, jak bude v budoucnosti požadováno. Tím se vyhneme několika možným pozdějším nepříjemnostem. Navíc čtenář nebude dezorientován ihned po navštívení stránek [20]. V jednoduchosti je krása, a také síla!

4.10 Tipy & rady

Nechte si poradit. Opravdu budete někdy překvapeni, jak dokážou lidé pomoci i v maličkosti, která vám, jak později zjistíte, zásadně ulehčí práci. Co člověk, to názor, a proto toho využívejte! Každý vám řekne jeho návrh, co mu by se líbilo a tím vy zjistíte opravdu cenné informace. Nad každým nápadem se pozastavte a přemýšlejte, zda je realizovatelný, zajímavý a zda by nepřinesl něco nového [6].

Tímto bych uzavřel úvodní část a dále bych se věnoval vlastní metodice stavby výukového programu.

5. Metodika zpracování výukového programu

5.1 Webdesign

Webdesign aneb jak se dělají webové stránky. Zde bych rád napsal pár slov o tom, jak taková internetová stránka vzniká. Stručně řečeno jde o soubor činností, který zahrnuje rozbor našich požadavků, návrh struktury stránek, zpracování grafické podoby a následné odsouhlasení návrhu, vlastní převedení našich představ a našeho návrhu do reálného světa internetu, konečná úprava stránek a umístění webu na veřejný server.

5.2 Rozbor našich požadavků, návrh struktury webových stránek

Naším cílem je spokojenost nejen naše, ale také návštěvníků našich stránek a proto je tato část tvorby velice důležitá. Rozebereme si kompletně naše požadavky a navrhneme řešení. Vybereme vhodný systém nebo naprogramujeme administraci stránek přímo na míru [22]. Provedeme analýzu klíčových slov a postavíme na nich strategii. Může se také stát, že budete potřebovat pouze redesign, tady zkontrolujeme kód naší stávající stránky a navrhneme částečnou nebo celkovou přestavbu našich stránek. Teprve potom přistoupíme k další části tvorby, kterou je grafický návrh.

5.3 Zpracování grafického návrhu

Na základě poznatků, které jsme nasbírali při rozborech aktuální situace si připravíme formou obrázku grafický návrh webu, ve kterém budou zohledněny všechny naše požadavky a naše postřehy. Návrh si prohlédneme a zapracujeme další připomínky. Výsledkem je schválený návrh [17].

5.4 Layout stránek

Co vůbec tento pojem znamená? Layout je rozvržením stránky, udržuje její logickou organizaci nejen pro počítač, ale hlavně pro uživatele, který vnímá jednotlivé části stránky jako logické celky (například logo, navigační menu, vlastní obsah, zápatí a další). Každý tento celek by měl mít svou stálou pozici, aby jej mohl uživatel rychle a bez problémů najít očima, kdykoli to potřebuje. Úkolem webdesignéra je co nejlépe prvky na stránce rozmístit [24].

5.5 Rozlišení obrazovky potažmo velikost okna

Aby tvůrci stránek neměli jednoduchý život, staví se jim do cesty ještě otázka rozlišení. Na rozlišení se musí webdesigner ohlížet zejména pokud vytváří grafiku ke stránkám. V současnosti je zřejmě nejpoužívanější rozlišení 800x600, postupně se ale prosazuje rozlišení vyšší, tedy 1024x768. Stále však můžete najít spoustu počítačů, které používají rozlišení 640x480. Většinou vytváříme stránky pro rozlišení 800x600, potažmo 1024x768, ovšem s tím, že stránky musí být 100% funkční jak v rozlišení nižším, tak i ve vyšším [18]. S příchodem nových zařízeních, které se umí připojit na internet, se ale začíná tato otázka pozvolna měnit. Už dnes není problém najít spoustu platforem, které např. mají černobílý displej či rozlišení 320x240, atd. Stránky by měly být vytvořeny tak, aby byly použitelné (i když třeba s obtížemi) i na těchto platformách.

5.6 Velikost okna prohlížeče

Velikost okna prohlížeče se nemusí měnit jen rozlišením obrazovky, ale je také závislá na velikosti okna. Tvůrce stránek by neměl počítač s tím, že uživatel se bude na jeho stránky dívat z celoobrazového režimu Internet Exploreru (tj. známá klávesa F11). Na druhou stranu musím uznat, že je také velmi obtížné vytvářet stránky když ani rámcově nevíte jak velké bude okno [18]. Proto většinou přepokládáme, že uživatel bude mít relativně standardní rozlišení a maximalizované okno. Dalo by se to nazvat jako něco mezi komfortem většiny a maximální funkčností všech.

5.7 Grafika – barvy

Další věc související s růzností platform je počet najednou zobrazitelných barev na obrazovce. Tak jako jsem uvedl standardy rozlišení, uvedu standardy počtu barev. Díky technickému pokroku se počítače dostávají do situace, kdy na většině můžete najednou zobrazit alespoň 65 tisíc barev (tj. 16-bitové barvy), což podle zkušeností je dostačující. Často se můžete také setkat s ještě více barvami – 16 mil. (24-bitové barvy), potažmo i 32 bitové barvy [17]. Nicméně, mělo by nám 16-bitů stačit. Občas se nám stane, že při kontrole stránek při 16-bitech najdu drobné odchylky v přechodu barev, ale tohle jde s troškou optimalizace v grafickém programu spravit.

5.8 Grafika – formáty

Jak určitě víte, při tvorbě www stránek se používají dva základní formáty *GIF* a *JPEG*. Nevím kolik toho o těchto formátech víte, tak shrnu aspoň základní vlastnosti.

5.8.1 Formát GIF

GIF (Graphics Interchange Format) – formát vyvinutý společnosti Compuserve. Jde o patentovaný formát – tzn. při ukládání se používá paleta, v tomto případě max. 256 barevná [26]. Obecně se vyznačuje tím, že umožňuje ukládat transparentní obrázky (průhledné) a také animace. U každého snímku také povoluje nastavit délku zobrazení a komentář. Vyskytuje se ve dvou verzích 87a a 89a. Hlavní rozdíl mezi verzemi je v tom, že ta starší nezvládá průhlednost. Formát také podporuje tzv. prokládané ukládání (interlaced) řádky bodů se ukládají napřeskáčku, takže při pomalejším natahování přes internet se natáhne obrázek v nižší kvalitě a ta se postupně zvětšuje. Výsledná velikost souboru je velmi závislá na počtu barev v komprimovaném obrázku.

5.8.2 Formát JPEG

JPEG – formát se ztrátovou kompresí [25]. Není patentovaný, nicméně také zde platí, že čím méně použijete barev, tím méně bude uložený obrázek zabírat na disku. Při ukládání je většinou možno zvolit ze standardní a progresivní komprese. Každá je trošku jiná, nicméně vliv na velikost není až tak obrovský jak by člověk čekal. Na druhou stranu pokud vím, stále ještě existují prohlížeče, které ono progresivní kódování nepodporují. Dále se při ukládání nastavuje poměr komprese. Formát JPEG pracuje mimo jiné na kompresi pomocí vzorů – tzn. snaží se najít (případně vytvořit) v obrázku určité shodné vzory. Čím větší je kompresní poměr, tím je obrázek menší, ale také tím více je deformován těmito vzory.

5.8.3 Formát PNG

V poslední době se můžete setkat také s formátem *PNG*, který je v mnoha ohledech kombinací předchozích dvou, tzn. umožňuje použití více než 256 barev, ale zvládá i třeba průhlednost (novinkou je částečná průhlednost) [27]. Jeho momentální nevýhoda spočívá v tom, že je to relativně mladý formát a není ještě příliš ustálen v prohlížečích. Vždyť ani skoro poslední verze Internet Explorer nezvládá onu částečnou průhlednost.

5.8.4 Formáty a jejich použití

Přímo pro internetové stránky většinou používám pouze prvních dvou formátů. Pro fotky se jednoznačně hodí více *JPEG*. U pestrých fotek si můžete dovolit kompresní poměr okolo 20 až 30 [25]. Vždy je ale nutné výsledný soubor zkontrolovat, můžete tam mít velké plochy černé na kterých se komprese podepíše až přespříliš. Zvolení formátu pro normální grafiku je závislé hlavně na její různorodosti. Pokud jde spíše o velké plochy několika barev, dosáhnete lepších výsledků s *GIFem* [26], na druhou stranu pokud je na obrázku více detailů či barev, může se vám vyplatit *JPEG*, ale musíte si dát pozor na kompresní poměr, který by měl být nižší než u fotek (většinou to vychází na 10 až 15).

5.9 Kódování stránek, programování

Dalším krokem je vytvoření internetové podoby původně pouze obrázkového návrhu (tzv. html podoba). Jakmile je i tato část hotová, můžeme doplnit data. Po celou dobu tvorby musíme stále sledovat rodící se prezentaci. Zbývá ještě provést kontrolu obsahu (korektura textů).

5.10 Jazyk HTML

Jazyk HTML (Hypertext Markup Language) je základní technologie řídící to, co kterýkoliv prohlížeč zobrazuje na obrazovce [3]. Bez ohledu na to, jak detailně budete znát jakékoliv jiné webové technologie, zjistíte, že bez znalosti jazyka HTML není vytváření webových stránek možné.

5.11 HTML a jeho nasazení

Jazyk HTML byl původně navržen tak, aby umožňoval vytvářet textové dokumenty, které budou obsahovat jednak klasické formátovací příkazy (označované jako markup) a jednak odkazy na jiné dokumenty (takzvané hypertext nebo hyperlinks). Například dokument o zemětřesení může obsahovat odkaz na jiný dokument o tektonice zemských desek, napsaný jiným autorem. Tvůrci jazyka HTML netušili, že jejich technologie se ukáže natolik mocná a užitečná, že se zaslouží o obrovský rozvoj webu a potažmo celého Internetu [3].

5.12 Konec cesty

A jsme na konci naší pomyslné cesty. Překontrolujeme funkčnost a po zpracování našich finálních připomínek umístíme stránky na předem připravený prostor na internetu. Pokud si to budeme přát, zajistíme si registraci webových stránek do nejznámějších českých vyhledávačů. Jestliže je součástí webu administrace, zaškolíme si obsluhu.

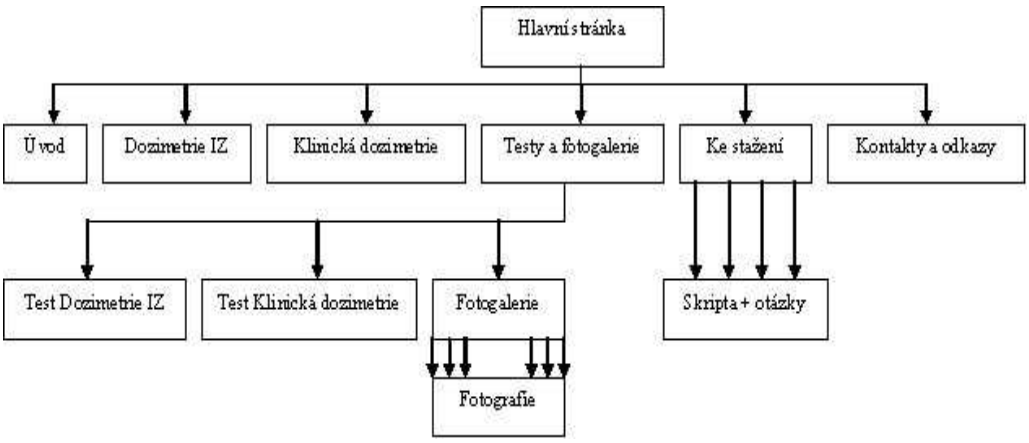
5.13 Upozornění

Uvedený postup je velice zjednodušen a účelem je seznámit vás se základním postupem tvorby internetových stránek. Nedílnou součástí uvedených postupů je celá řada dalších činností, jako je návrh textů pro web (copywriting), optimalizace pro vyhledávače tzv. SEO, cílená reklama na internetu pro rychlé zviditelnění atd.

6. Vlastní realizace výukového programu

6.1 Návrh

Obrázek č.2 Návrh hlavní stránky výukového programu



Obrázek č.3 Blokové schéma výukového programu

6.2 Zdrojový kód hlavní stránky výukového programu

```
<!-------------------------------------HLAVIČKA---------------------------------------->
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
<div id="wrap">
<div id="header"><img src="images/main_header.jpg"/></div>
<!-----------------------------------------HLAVIČKA KONEC---------------------------------->
<!-------------------------------------PANEL ODKAZY------------------------------------->
<div id="nav">   
<ahref="index.htm"class="navlink">Úvod</a>
      
<ahref="dozimetrie.htm"class="navlink">Dozimetrie ionizujícího záření</a>
      
<a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická dozimetrie</a>
      
<a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a fotogalerie</a>
      
<a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke stažení</a>
      
<a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a odkazy</a>
      </div>
<!-----------------------------------PANEL ODKAZY KONEC ------------------------------->
<!-------------------------------------LEVÝ SLOUPEC ------------------------------------>
<div id="lcont"><br><br>
<h3><center>JIHOČESKÁ  UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH<br>
     ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA</h3></center>
<h4><center>Katedra radiologie a toxikologie</h4></center>
<br><br><center>
<img width=197 height=184 src="klinicka_soubory/image001.jpg">
</center><br><br><br>
<p>     Tradiční způsoby vzdělávání studentů ve třídách je dnes třeba doplňovat novými formami vzdělávání využívajících nové technologie. Jde nejenom o multimediální, zábavnější a tím efektivnější učící programy přístupné na CD nebo získatelné po internetu, ale i o on-line výuku ať už  formou samostudia, nebo za účasti lektora ve virtuálních třídách.
</p><p>     Výuka  studentů  prostřednictvím  internetu  je momentálně velmi perspektivním způsobem vzdělávání. Výhody jsou pochopitelné
 – převažují finanční,

jako je úspora  za dopravu, ubytování a další cestovní výdaje, dále úspory za pronájem školících místností, za lektora, tisk materiálů. Druhou oblastí výhod je časové zvýhodnění. Úspora času  na dopravu a času na organizaci školení, možnost volby vhodného času pro vzdělávání a jistě si každý představí další, které vzdělávání studentů prostřednictvím internetu přináší. </p>
<p>     Cílem tohoto webu je internetová aplikace se zaměřením na on-line výuku studentů JCU z předmětů "Dozimetrie ionizujícího záření, Klinická dozimetrie".
</p>
<center>&copy; 2007   Štěpán Leština   
<a  href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img  SRC="images/mail.gif"  height=10  width=14 border="0" alt="e-mail"></a>
</center>
</div>
<!-------------------------------------LEVÝ SLOUPEC KONEC ------------------------------>
<!-------------------------------------PRAVÝ SLOUPEC ----------------------------------->
<div id="rcont"> <br><br><br><div class="sub-section">
<h3><center>Ankety</center></h3>
Zde můžete zcela anonymně hlasovat o kvalitě stránek a úrovni studia na katedře "Radiologie a toxikologie" <br><br><br><br>
<!—-------------------------------------Anketa kvalita stránek ------------------------->
<center>
```

```
<iframe src="http://ne-e.net/poll.phtml?id=937" width="130" height="200" frameborder="0"
scrolling="no"></iframe>
</center>
<!—------------------------------------Anketa kvalita stránek KONEC ------------------>
<br><br><br>
<!—------------------------------------Anketa kvalita výuky -------------------------->
<center>
<iframe src="http://ne-e.net/poll.phtml?id=935" width="130" height="102" frameborder="0"
scrolling="no"></iframe>
</center>
<!—------------------------------------Anketa kvalita výuky KONEC -------------------->
<br><br>
<!------------------------------------- POCITADLO ------------------------------------->
<br><br><center><a href="http://www.toplist.cz/" target="_top"><img
src="http://toplist.cz/count.asp?id=187900&logo=mc"  border="0"  alt="TOPlist"  width="88"
height="60"/></a>
<!------------------------------------- POCITADLO KONEC ------------------------------>
</center>
</div></div></div></div></div></center></body>
</html>
<!---------------------------------------PRAVÝ SLOUPEC KONEC -------------------------->
```

6.3 Finální úprava hlavní stránky výukového programu

Obrázek č.4 Finální úprava hlavní stránky výukového programu [18]

6.4 Zdojový kód stránky „Dozimetrie ionizujícího záření“

```
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
<div id="wrap">
<div id="header"><img src="images/main_header.jpg" alt="Your site" /></div>
<div id="nav">
   
<a href="index.htm" class="navlink" >Úvod</a>      
<a href="dozimetrie.htm" class="navlink" >Dozimetrie ionizujícího záření</a>
      
<a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická dozimetrie</a>
      
<a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a fotogalerie</a>
      
<a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke stažení</a>
      
<a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a odkazy</a>
      
</div>
<div id="lconti">
<br><br>



<p align=center style='text-align:center'><b><span
style='font-size:20.0pt'>JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH</span></b></p>
<p align=center style='text-align:center'><span
style='font-size:16.0pt'>Zdravotně sociální fakulta</span></p><br><br>
<p align=center style='text-align:center'><img width=197
height=184 src="dozimetrie_soubory/image001.jpg"></p><br><br>
<p align=center style='text-align:center'><b><span
style='font-size:20.0pt'>Dozimetrie ionizujícího záření</span></b></p><br><br>



<center>
<FORM name="formular">
<SELECT name="odkazy" style="font size: 12px; font style: bold; background-
color:#ccffff">
<OPTION SELECTED>-- Přejdi na kapitolu --</OPTION><OPTION
value="#obsah">Obsah</OPTION><OPTION value="#1">1. Úvod</OPTION><OPTION value="#2">2.
Pole a stínění ionizujícího záření</OPTION><OPTION value="#2.1">2.1 Veličiny
charakterizující pole záření v prostoru</OPTION><OPTION value="#2.2">2.2 Součinitelé
interakce ionizujícího žáření s látkou</OPTION><OPTION value="#2.3">2.3 Některé
dozimetrické veličiny</OPTION><OPTION value="#2.4">2.4 Metody výpočtu
stínění</OPTION><OPTION value="#2.5">2.5 Metody rychlého odhadu tloušťky stínících
vrstev pro záření gama</OPTION><OPTION value="#2.6">2.6 Výpočty polí záření od zdrojů
konečných rozměrů</OPTION><OPTION value="#2.7">2.7 Vliv rozptýleného
záření</OPTION><OPTION value="#2.8">2.8 Materiály používané pro konstrukci stínění
záření gama
</OPTION>
<OPTION value="#2.9">2.9 Další problémy s návrhem stínění</OPTION>
<OPTION value="#3">3. Měření některých základních veličin</OPTION>
<OPTION value="#3.1">3.1 Měření aktivity</OPTION>
<OPTION value="#3.2">3.2 Měření dávkového příkonu</OPTION>
<OPTION value="#3.3">3.3 Měření expozičního (kermového) příkonu</OPTION>
<OPTION value="#3.4">3.4 Měření expozice (kermy ve vzduchu)</OPTION>
<OPTION value="#3.5">3.5 Vliv pozadí při měření</OPTION>
<OPTION value="#4">4. Osobní dozimetrie</OPTION>
<OPTION value="#4.1">4.1 Historie osobní dozimetrie</OPTION>
<OPTION value="#4.2">4.2 Zevní ozáření člověka</OPTION>
```

```
<OPTION value="#4.3">4.3 Vnitřní kontaminace</OPTION>
<OPTION value="#4.4">4.4 Počítačový systém osobní dozimetrie</OPTION>
<OPTION value="#5">5. Standardní člověk</OPTION>
<OPTION value="#6">6. Kontaminace a odpady</OPTION>
<OPTION value="#6.1">6.1 Povrchová kontaminace</OPTION>
<OPTION value="#6.2">6.2 Radioaktivní odpady z hlediska radiační ochrany</OPTION>
<OPTION value="#7">7. Otázky ke zkoušce</OPTION>
<OPTION value="#8">8. Literatura</OPTION>
</SELECT>
<INPUT type="button" style="font size: 12px; font style: bold; background-color:#ccffff"
name="prechod"value="Hledej"
onClick="window.location=document.formular.odkazy.options[document.formular.odkazy.selec
tedIndex].value">
</FORM>
</center>



<br><br>

  <p align=center style='text-align:center'><a name="obsah"></a><b>OBSAH</b></p>
  <p>1. ÚVOD</p>
  <p>2. POLE A STÍNĚNÍ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ</p>
  <p>     2.1. Veličiny charakterizující pole záření v
prostoru</p>
  <p>     2.2. Součinitelé interakce ionizujícího žáření s
látkou</p>
  <p>     2.3. Některé dozimetrické veličiny</p>
  <p>     2.4. Metody výpočtu stínění</p>
  <p>     2.5. Metody rychlého odhadu tloušťky stínících vrstev
pro záření gama</p>
  <p>     2.6. Výpočty polí záření od zdrojů konečných
rozměrů</p>
  <p>     2.7. Vliv rozptýleného záření</p>
  <p>     2.8. Materiály používané pro konstrukci stínění
záření gama</p>
  <p>     2.9. Další problémy s návrhem stínění</p>
  <p>3. MĚRENÍ NĚKTERÝCH ZÁKLADNÍCH VELIČIN</p>
  <p>     3.1. Měření aktivity</p>
  <p>     3.2. Měření dávkového příkonu</p>
  <p>     3.3. Měření expozičního (kermového) příkonu</p>
  <p>     3.4. Měření expozice (kermy ve vzduchu)</p>
  <p>     3.5. Vliv pozadí při měření</p>
  <p>4. OSOBNÍ DOZIMETRIE</p>
  <p>     4.1. Historie osobní dozimetrie</p>
  <p>     4.2. Zevní ozáření člověka</p>
  <p>     4.3. Vnitřní kontaminace</p>
  <p>     4.4. Počítačový systém osobní dozimetrie</p>
  <p>5. STANDARDNÍ ČLOVĚK</p>
  <p>6. KONTAMINACE A ODPADY</p>
  <p>     6.1. Povrchová kontaminace</p>
  <p>     6.2. Radioaktivní odpady z hlediska radiační
ochrany</p>
  <p>7. OTÁZKY KE ZKOUŠCE</p>
  <p>8. LITERATURA</p>

  <p><b><a name="1"></a>1. ÚVOD</b></p>
  <p>     Dozimetrie ionizujícího záření je obor, který prošel
více
    než stoletou historií <i>(Literatura 1)</i>. Zabývá se řadou problémů, jež
    přináší ionizující záření. To vystupuje ze zdroje do okolí, vytváří pole,
    interaguje s prostředím - a co je nejdůležitější -i s lidským organizmem. </p>
  <p><i>     Dozimetrie se tedy zabývá:</i></p>
  <p>     a) zdroji ionizujícího záření. Zdroje mohou být podle
    svého tvaru rozděleny na bodové, lineární, plošné a objemové. Množství záření,
    které vystupuje zdroje (je emitováno) je dáno nejen uvedenými geometriemi,
    rozměry a hmotnostmi, ale také parametry radionuklidů v tomto zdroji jako na
    příklad aktivita, poločas, typ a energie záření. Vzájemná interakce těchto
    parametrů a rozměrů určuje, že jen část ionizujícího záření se může dostat do
```

okolí a část se může absorbovat ve vlastním zdroji. Pak mluvíme o samoabsorpci ve zdroji. Při této samoabsorpci se nemusí jen snížit počet částic alfa, beta nebo fotonů či neutronů, ale také se může změnit typ, energie a směr tohoto záření. Pokud se záření dostane ven ze zdroje, vytváří v jeho okolí pole ionizujícího záření.

     b) polem ionizujícího záření. Tvary a charakteristiky tohoto pole jsou důležité pro další, v tomto poli se vyskytující, objekty, ať je to vzduch nebo jiné subjekty interagující s ionizujícím zářením. Základní veličinou pole je emise (tok) částic nebo energie, což lze považovat za celkové množství částic nebo energie, které se dostane ze zdroje za jednotku času. Důležité jsou rovněž parametry popisující rozložení pole záření v prostoru. Při úvaze o všesměrovosti záření se pole vztahuje k infinitezimálnímu objemu kulového tvaru. Pak se definují takové veličiny, jako je fluence, hustota toku, radiance apod. Pole se uvažují bud' ve vakuu, nebo v reálném prostředí. V tomto případě dochází k interakci ionizujícího záření s hmotou.

     c) interakcí s hmotou. Interakce lze specifikovat jako celek, tj. bez zřetele na to, ke kterému procesu dochází, nebo pro jednotlivé typy interakce dané částice ionizujícího záření s daným materiálem samostatně. Interakci lze obecně definovat jako pravděpodobnost jakékoliv reakce částice s hmotou. Tato interakce je tím silnější, čím větší je podíl pravděpodobnosti na jednu částici ionizujícího záření a na jednu částečku hmoty (tj. atom nebo jádro). V konečném důsledku je tedy efekt tím větší, čím větší je hustota částic záření, nebo hustota částeček hmoty, nebo obojí. Lze to laicky připodobnit střelbě do lesa. Pokud střílíme puškou na jeden strom, je efekt zásahu daleko menší než při střelbě samopalem nebo střelbě do hustého lesa.

     d) interakcí s živou hmotou. Je to specifický případ interakce s hmotou a interferuje s oborem ochrany životního prostředí. Ještě specifičtější je interakce s lidským organizmem, jíž se zabývá osobní dozimetrie (především pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření), nebo radiační kontrola okolí zdroje (zejména pro obyvatelstvo), anebo klinická dozimetrie (ochrana pacientů i zdravotnického personálu při lékařských použitích ionizujícího záření). Ochrana před zářením, jak již bylo popsáno (Literatura 1), zabránit účinkům ionizujícího záření (deterministické, přímé, okamžité) a omezit účinky ionizujícího záření (stochastické, pozdní, somatické i genetické). Nejlepší ochranou je nevystavit se zvýšenému poli ionizujícího záření. Protože v praxi to vždy nejde, je nutno se bránit aktivně, tj. snížením toku ionizujícího záření a jeho energie přímo u zdroje (např. snížením aktivity radionuklidu, snížením napětí a proudu na rentgence apod.), nebo pasivně známými: časem, vzdáleností a stíněním. Tuto obranu lze podpořit výpočty nebo lepším měřením dávek a energií ionizujícího záření. V dozimetrii jsou dnes, jako všude, důležité informace a také dokonalé informační toky o měřených veličinách a především o dávkách. Zejména jsou důležité v jaderných elektrárnách, a proto j e zde uveden systém v JE Temelín. Tam byly v 90. letech minulého století navrženy vztahy osobní dozimetrie k ostatním útvarům JE i k orgánům vnějším (Literatura 2). Je zřejmé, že informace o dávkách „putují“ nejvíce mezi osobní dozimetrií (měření, vyhodnocení a interpretace dávek) a radiační kontrolou provozu (stanovení radiační situace, výkonné řízení radiační ochrany), a to pomocí vnitřní sítě radiační kontroly. Pomocí Informačního systému elektrárny se hodnoty převádějí i do jiných t~tvarů elektrárny a dodavatelům. Celostátní registr profesionálních ozáření (CRPO) obdrží v této fázi od osobní dozimetrie výsledky monitorování obvykle na přenosném elektronickém médiu.

2. POLE A STÍNĚNÍ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

     Je nejvýše vhodné si opět (Literatura 1) něco povědět o veličinách a jednotkách vztahujících se k ionizujícímu záření. Objevy nových zákonitostí, stejně jako rozvoj technické praxe vedou k zavádění nových veličin. Určitou část veličiny, kterou jsme zvolili za základ jejího měření, nazýváme měrné jednotky. Koherentní soustavou je mezinárodní soustava základních jednotek SI. Pomocí definičních vztahů se vytvářejí ze základních jednotek odvozeně jednotky, u kterých lze vyjádřit z těchto vztahů jejich rozměry. S ohledem na velmi malé rozměry mikrokosmu a velké počty částeček v něm se vytvářejí také násobky a díly pomocí předpon (nejčastěji třetí mocnina deseti).Viz tabulka č.1.

Tabulka č.1

<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >

<tr>

<td> exa (E) <sub><img width=29 height=21

```
  src="dozimetrie_soubory/image002.gif"></sub></p></td>
      <td><p>peta (P) <sub><img width=29 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image003.gif"></sub></p></td>
      <td><p>tera (T) <sub><img width=29 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image004.gif"></sub></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>giga (G) <sub><img width=25 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image005.gif"></sub></p></td>
      <td><p>mega (M) <sub><img width=25 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image006.gif"></sub></p></td>
      <td><p>kilo (k) <sub><img width=25 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image007.gif"></sub></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>mili (m) <sub><img width=31 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image008.gif"></sub></p></td>
      <td><p>mikro (µ)<sub><img width=31 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image009.gif"></sub></p></td>
      <td><p>nano (n) <sub><img width=31 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image010.gif"></sub></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>piko (p) <sub><img width=35 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image011.gif"></sub></p></td>
      <td><p>femto (f) <sub><img width=35 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image012.gif"></sub></p></td>
      <td><p>atto (a) <sub><img width=35 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image013.gif"></sub></p></td>
    </tr>
  </table>
  <p><b><a name="2.1"></a>2.1. Veličiny charakterizující pole záření v prostoru</b></p>
  <p>     Nejobecnější veličinou je tok částic</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=79
height=19
src="dozimetrie_soubory/image014.gif"></sub>
(1.1)</p>
  <p>     kde „<i>dN</i>“ je přírůstek počtu částic za jednotku
času „<i>dt</i>“.
    V tomto případě jde o emisi zdroje, tedy počet částic do celého prostoru <sub><img
width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub>. Uvažujeme-li
    úhlové rozložení toku částic, lze k jeho popisu použít úhlové hustoty toku
    částic</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=85
height=24
src="dozimetrie_soubory/image016.gif"></sub>
(1.2)</p>
  <p>     kde „<i>dn</i>“ je tok částic šířící se do
prostorového úhlu
    „<i><sub><img width=25 height=19
src="dozimetrie_soubory/image017.gif"></sub></i>“.</p>
  <p>     Chceme-li popsat rozložení pole záření, tedy počet
částic,
    které prošly daným místem v prostoru, definujeme veličinu fluence</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=80
height=19
src="dozimetrie_soubory/image018.gif"></sub>
(1.3)</p>
  <p>     což je počet částic „<i>dN</i>“ na jednotku plochy
„<i>da</i>“.
    Změnu fluence „<i><sub><img width=25 height=19
src="dozimetrie_soubory/image019.gif"></sub></i>“ za jednotku času „<i>dt</i>“ nebo
    tok částic „<i>dn</i>“na jednotku plochy „<i>da</i>“ nazýváme příkon fluence</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=76
height=21
src="dozimetrie_soubory/image020.gif"></sub>
(1.4)</p>
  <p>     nebo hustota toku částic</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=73
```

height=21
src="dozimetrie_soubory/image021.gif"></sub>
(1.5)
     Pak radiance částic
<sub><img width=89
height=24
src="dozimetrie_soubory/image022.gif"></sub>
(1.6)
     Analogické veličinu počtu částic jsou veličiny vztahující se
k energii částic
<sub><img width=65
height=27
src="dozimetrie_soubory/image023.gif"></sub> (1
.7)
     Pak tok energie
<sub><img width=69
height=19
src="dozimetrie_soubory/image024.gif"></sub>
(1.8)
     fluence energie
<sub><img width=79
height=19
src="dozimetrie_soubory/image025.gif"></sub>
(1.9)
     Příkon fluence energie
<sub><img width=79
height=21
src="dozimetrie_soubory/image026.gif"></sub>
(1.10)
     Hustota toku energie
<sub><img width=73
height=21
src="dozimetrie_soubory/image027.gif"></sub>
(1.11)
     Radiance energie
<sub><img width=93
height=24
src="dozimetrie_soubory/image028.gif"></sub>
(1.12)
     Všechny veličiny popsané předešlými diferenciálními vztahy
lze získat integrací přes energii „E“, plochu „a“, čas „t“
nebo prostorový úhel „<sub><img width=17 height=17
src="dozimetrie_soubory/image029.gif"></sub>“. Např.
<sub><img width=65
height=29
src="dozimetrie_soubory/image030.gif"></sub> (1
.13)
2.2. Součinitelé interakce ionizujícího záření s látkou
     Základní veličinou této skupiny je účinný průřez „a“
jako podíl pravděpodobnosti interakce „p“ pro jednu částici terčového
materiálu (atom, jádro, elektron) a fluence „<sub><img width=17 height=16
src="dozimetrie_soubory/image031.gif"></sub>“
<sub><img width=64
height=21
src="dozimetrie_soubory/image032.gif"></sub>
(2.1)
     v jednotkách „m²“ nebo ve starších jednotkách „barn“
kde _{<img width=85 height=21 src="dozimetrie_soubory/image033.gif">}.
     Další veličinou definovanou pro nenabité částice je lineární
součinitel zeslabení
<sub><img width=132 height=27
src="dozimetrie_soubory/image034.gif"></sub> (2.2)
     v jednotkách „<sub><img width=27 height=21

src="dozimetrie_soubory/image035.gif"></sub>“, kde „<sub><img width=15
height=17 src="dozimetrie_soubory/image036.gif"></sub>“ je hustota toku a
„x“vzdálenost.
Hmotnostní součinitel zeslabení
<sub><img width=71 height=24
src="dozimetrie_soubory/image037.gif"></sub>
(2.3)
     v jednotkách „<sub><img width=51 height=24
src="dozimetrie_soubory/image038.gif"></sub>“kde „<sub><img width=16 height=17
src="dozimetrie_soubory/image039.gif"></sub>“je měrná hmotnost látky, ve které
dochází k interakci.
     Vedle součinitele zeslabení existují podobní součinitelé
přenosu energie (s indexem „K“) a součinitelé absorpce energie (s indexem „e“).
Každý z nich se dále dělí na samostatné veličiny podle toho, zda se týká např.
fotoelektrického jevu (označ. „<sub><img width=13 height=15
src="dozimetrie_soubory/image040.gif"></sub>“), Comptonova rozptylu („<sub><img
width=16 height=15 src="dozimetrie_soubory/image041.gif"></sub>“) nebo tvorby
párů („_{<img width=15 height=13 src="dozimetrie_soubory/image042.gif">}“).
(Obrázek č. 1)
      <img width=502 height=343
src="dozimetrie_soubory/image043.jpg">
     Prochází-li látkou nabitá částice, definujeme lineární
brzdnou schopnost
<sub><img width=84
height=19
src="dozimetrie_soubory/image044.gif"></sub>
(2.4)
     kde „-dE“je změna energie nabité částice při jejím průletu
látkou po dráze „dx“.
     Pokud je veličina „S“ limitována energií určité
hodnoty a nepočítá se z ztrátou energie brzdným zářením, hovoříme o lineárním
přenosu energie
<sub><img width=140
height=24
src="dozimetrie_soubory/image045.gif"></sub>
(2.5)
     kde „<sub><img width=15 height=17
src="dozimetrie_soubory/image046.gif"></sub>“ je horní omezující hodnota
energie.
2.3. Některé dozimetrické veličiny
     Všechny veličiny dozimetrie se odvozují od sdělené energie „<sub><img
width=13 height=15 src="dozimetrie_soubory/image047.gif"></sub>“, tj. energie,
kterou ionizující záření předalo objemovému elementu látky „dm“, s níž
intereagovalo. Pak dávka „D“
<sub><img width=81
height=19
src="dozimetrie_soubory/image048.gif"></sub>
(3.1)
     Od „<sub><img width=13 height=15
src="dozimetrie_soubory/image047.gif"></sub>“ se liší veličina označená „<sub><img
width=24 height=23 src="dozimetrie_soubory/image049.gif"></sub>“ a nazvaná
součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic ve hmotě
uvolněných při interakci nenabitých částic s touto hmotou. (Obr. 2) Liší se
zejména u vyšších počátečních energií elektronů, kde část energie se ztrácí ve
formě brzdného záření. Pak takovýto přenos energie nenabitých částic na částice
nabité definuje veličina kerma „K“
<sub><img width=91
height=24
src="dozimetrie_soubory/image050.gif"></sub>
(3.2)
     U obou veličin (D i K) je jednotkou 1 Gray.
Dávka, nebo kerma za jednotku času se nazývá dávkový, nebo kermový příkon.
Dalšími veličinami používanými v praxi pro definování dozimetrických vlastností

daného radionuklidu jsou kermová vydatnost
_{<img width=116 height=27 src="dozimetrie_soubory/image051.gif">}
(3.3)
     kde „_{<img width=48 height=19 src="dozimetrie_soubory/image052.gif">}“je kermový prikon a „x“ je vzdálenost od zdroje. Veličina kermová konstanta gama
_{<img width=68 height=24 src="dozimetrie_soubory/image053.gif">}
(3.4)
     je kermová vydatnost „_{<img width=21 height=23 src="dozimetrie_soubory/image054.gif">}“ na jednotku aktivity radionuklidu „A“. Jednotkou je „_{<img width=119 height=24 src="dozimetrie_soubory/image055.gif">}“. Pak lze z této již tabelované hodnoty stanovit kermu „K “při znalosti času „t“, aktivity „A“ a vzdálenosti „x“ podle vztahu
_{<img width=112 height=29 src="dozimetrie_soubory/image056.gif">}
(3.5)
      <img width=588 height=781 src="dozimetrie_soubory/image057.jpg">
2.4. Metody výpočtu stínění
     Základní otázkou při výpočtu stínění je, kolikrát je zapotřebí záření z daného zdroje zeslabit, aby bylo v určitém místě dosaženo potřebné malé hodnoty dozimetrické veličiny. Účinek stínění se nejčastěji vyjadřuje pomocí tzv. násobnosti zeslabení, která je poměrem sledované veličiny „_{<img width=17 height=24 src="dozimetrie_soubory/image058.gif">}“ v daném místě bez stínění a „I“ ve stejném místě se stíněním
_{<img width=63 height=24 src="dozimetrie_soubory/image059.gif">}
(4.1)
     Veličinou může být fluence, dávka, kerma apod. V případě bodového zdroje fotonového záření je nejjednodušší stanovit kermu „_{<img width=23 height=24 src="dozimetrie_soubory/image060.gif">}“ podle vzorce 3.5. Z něho je zřejmé, že ochrana bez stínění je jednoduchá, kerma se mění úměrně s aktivitou a časem a nepřímo úměrně se čtvercem vzdálenosti. Pro zdroj konečných rozměrů, tj. lineární, plošný nebo objemový, je výpočet rozložení pole záření složitější. Nejjednodušší z výpočtových metod se nazývá metoda bodových elementů. Pak zdroj konečných rozměrů je sestaven ze sumy bodových zdrojů a jeho odezva je integrálem odezev těchto bodových zdrojů prostřednictvím rozměru a energie. Pro jednoduchost si stanovíme dvě pravděpodobnosti. „_{<img width=20 height=25 src="dozimetrie_soubory/image061.gif">}“ je pravděpodobnost, že foton opustí zdroj a dopadne na detektor o účinné ploše „da“ ve vzdálenosti „x“
_{<img width=103 height=27 src="dozimetrie_soubory/image062.gif">}
(4.2)
      „_{<img width=19 height=24 src="dozimetrie_soubory/image063.gif">}“ je pravděpodobnost, že foton dopadne na detektor a nebude po cestě absorbován, nebo rozptýlen
_{<img width=75 height=29 src="dozimetrie_soubory/image064.gif">}
(4.3)
     Potom příkon fluence (hustota toku) fotonů dopadajících z bodového zdroje na infinitezimální detektor je
_{<img width=108 height=25 src="dozimetrie_soubory/image065.gif">}
(4.4)
     Pokud odezva „I“(dávka, kerma aj.) je úměrná hustotě toku částic „_{<img width=15 height=17 src="dozimetrie_soubory/image036.gif">}“
<sub><img width=59

height=21
src="dozimetrie_soubory/image066.gif"></sub>
(4.5)
     kde „C“ je empirická konstanta, pak
<sub><img width=147
height=28 src="dozimetrie_soubory/image067.gif"></sub> (4.6)
     Až dosud jsme předpokládali, že se v odezvě neuplatní rozptýlené fotony. To by vedlo k nežádoucímu podhodnocení pole v daném místě. Proto se zavádí tzv. vzrůstový faktor „B“ jako veličina empirického charakteru. Pak platí
<sub><img width=165
height=28 src="dozimetrie_soubory/image068.gif"></sub> (4.7)
     Tuto odezvu je pak nutno integrovat pomocí energie „E“
(protože ne vždy zdroj emituje monoenergetické fotony) a prostřednictvím vzdálenosti „x“ (protože ne všechny elementy zdroje jsou stejně vzdáleny od detektoru). Jednou z metod, jak vyhodnotit tyto integrály, konstantu „C“, vzrůstový faktor „B“ a další interakce částic s hmotou, je metoda Monte Carlo. Byla poprvé publikována již v roce 1949, v době, kdy se očekával rychlý rozvoj počítačových systémů. Specifickou variantu tvoří postupy, při kterých se úplně modeluje řešený problém. V aplikaci na problematiku interakce ionizujícího záření to znamená, že se jednotlivé částice nechávají procházet látkou a prodělávat na své dráze různé interakce s jejími atomy. Zjednodušit a zkrátit výpočet pro metodu Monte Carlo lze ukončením sledování osudu částice v okamžiku, kdy částice proběhla jinými hraničními plochami systému, nebo kdy se absorbovala při srážce s atomy, nebo její energie klesla pod určitý práh apod. Jinými metodami ke zkrácení výpočtu jsou metoda statických vah nebo metoda větvení drah apod.
     Získané hodnoty z metody Monte Carlo jsou podkladem pro
tabelaci potřebných dat. Nicméně tam, kde lze využít analytického přístupu k řešení problému, je zpravidla efektivnější tento analytický přístup. Proto metodě Monte Carlo v řadě případů úspěšně konkuruje transportní metoda. Teorie transportu ionizujícího záření látkou je ve své podstatě analogická teorii difúze plynů. To znamená, že na jednotlivé částice je nahlíženo v principu analogicky jako na molekuly plynu, pronikající materiálem a řídící se Boltzmanovou transportní rovnicí. Uvažuje se vždy rovnovážný stav, tj. počet částic opouštějící a vstupující do elementárního objemu (event. tam vznikající a zanikající) musí být v rovnováze. V transportní rovnici se objevuje vyjádření procesů způsobujících úbytek a přírůstek fotonů v elementárním objemu „dV“. Tato rovnice je tvořena třemi prostorovými souřadnicemi určujícími tento elementární objem
<sub><img width=105
height=21 src="dozimetrie_soubory/image069.gif"></sub>
(4.8)
     dále dvěma souřadnicemi vyjadřujícími směr pohybu částice „<sub><img
width=25 height=19 src="dozimetrie_soubory/image017.gif"></sub>“ a energii „dE“.
Pak počet částic vznikající ve zdroji „S“ vznikající v bodě „r“ s energií „E“ a směru „<sub><img width=17 height=17
src="dozimetrie_soubory/image029.gif"></sub>“ zobrazuje funkce zdroje
<sub><img width=123
height=23 src="dozimetrie_soubory/image070.gif"></sub>
(4.9)
     Pak transportní rovnice je integrálem přes všechny energie,
úhly a objem. Zjednodušení lze dosáhnout pro zdroje, u nichž si definujeme jeden určitý směr transportu z izotropního rovinného zdroje záření. Např. pro štěpný zdroj neutronů <sub><img width=32 height=21
src="dozimetrie_soubory/image071.gif"></sub> může být rovnice popsána Wattovou formulí
<sub><img width=187
height=28 src="dozimetrie_soubory/image072.gif"></sub> (4.10)
     K řešení kompletní transportní rovnice bylo vypracováno
několik metod, schopných s větší či menší mírou aproximativnosti podat výsledky pro různé konfigurace. Nejpoužívanější jsou Momentová metoda a Metoda diskrétních ordinát. K řešení časově nezávislé transportní rovnice byla vypracována řada výpočetních programů pro její přímou numerickou integraci nebo

pro výpočet pomocí matic. (Literatura 4)
2.5. Metody rychlého odhadu tloušťky stínících vrstev pro záření gama
     Metoda Monte Carlo a transportní metoda jsou sice poměrně exaktní, ale pro běžné praktické využití jsou v řadě případů příliš složité. Např. pro různá pohotovostní stínění a kryty radionuklidů, kde vzrůst nákladů při zvýšení tloušťky stěn není tak závažný, aby se vyplatilo používat těchto složitých metod. Základním požadavkem však je, aby na základě jednodušších metod dávalo stínění požadovanou úroveň ochrany. Pro popis pole lze nejvýhodněji použít veličinu Kerma ve vzduchu podle vztahu (3.5). Zde lze vzduchovou kermu považovat, při splnění elektronové rovnováhy, za rovnou dávce ve vzduchu a přibližně rovnou dávce ve tkáni (pro vyšší energie fotonů). Jak bylo řečeno v minulých kapitolách, lze snižovat dávku časem, aktivitou, vzdáleností. Ne vždy je možno dosáhnout tímto způsobem odpovídající ochrany, a proto je nutno přistoupit ke konstrukci a použití stínění. Uvažujme v této první fázi, že zářič emituje monoenergetické záření a stínící vrstva je homogenní. Pak hustota toku za stínící vrstvou (_{<img width=15 height=17 src="dozimetrie_soubory/image036.gif">}) je
_{<img width=79 height=25 src="dozimetrie_soubory/image073.gif">} (5.1)
     kde „_{<img width=16 height=17 src="dozimetrie_soubory/image074.gif">}“ je zeslabovací koeficient, „x“ tloušťka stínící vrstvy a „_{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image075.gif">}“ hustota toku před vrstvou. Z tohoto vztahu lze definovat veličinu polovrstva „_{<img width=28 height=24 src="dozimetrie_soubory/image076.gif">}“, tj. tloušťku vrstvy materiálu, při které se hustota toku sníží na polovinu. Pak
_{<img width=96 height=24 src="dozimetrie_soubory/image077.gif">} (5.2)
     V obecném případě, kdy záření gama není monoenergetické a stínící vrstva není homogenní, je nutno hustotu toku integrovat prostřednictvím energie „“E a tloušťky „x“ jednotlivých vrstev materiálu. V jednodušším případě lze použít vztah
_{<img width=153 height=31 src="dozimetrie_soubory/image078.gif">} (5.3)
     V praxi nebývá vždy svazek záření gama úzký a stává se, že v místě detekce budou registrovány i jiné fotony než ty, které prošly materiálem bez interakce. Může se jednat např. o rozptýlené fotony při Comptonově jevu nebo při anihilaci pozitronů. Pak se vztah koriguje vzrůstovým faktorem „B“, uvedeným již při metodě bodových elementů. Tento faktor se definuje jako poměr zvýšené primární hustoty toku „“_{<img width=21 height=25 src="dozimetrie_soubory/image079.gif">} o sekundární hustotu toku „_{<img width=19 height=24 src="dozimetrie_soubory/image080.gif">}“ ku nezvýšené primární hustotě toku
_{<img width=112 height=25 src="dozimetrie_soubory/image081.gif">} (5.4)
     Oč jednodušší je definice vzrůstového faktoru, o to složitější je jeho stanovení, protože závisí na celé řadě veličin (energii, úhlovém rozložení a geometrickém uspořádání zdroje, tloušťce, geometrii a složení stínění apod.). Proto se ve většině případech stanovuje jednoduše na základě empirických vztahů. Nejznámější vztahy jsou Bergerův
_{<img width=113 height=24 src="dozimetrie_soubory/image082.gif">} (5.5)
     a Taylorův
_{<img width=173 height=24 src="dozimetrie_soubory/image083.gif">} (5.6)
      kde písmena _{<img width=77 height=21 src="dozimetrie_soubory/image084.gif">} znamenají empirické koeficienty.
     Řada autorů se snažila zjednodušit vyhodnocení stínění v závislosti na reálných potřebách zeslabení dávkového příkonu nebo jiných

veličin. Nejznámější jsou univerzální tabulky násobnosti zeslabení „k“, které sestavil Gusev pro řadu stínících materiálů a energie fotonů v intervalu 100keV až 10MeV pro bodový zdroj v nekonečném prostoru. Veličina „k“ je zde definována

_{<img width=101 height=24 src="dozimetrie_soubory/image085.gif">}
(5.7)

     Pokud v tabulce není uvedena odpovídající hodnota „k“, je nutno sousední hodnotu korigovat změnou aktivity, času nebo čtverce vzdálenosti a naopak, je-li změna těchto parametrů, je nutno změnit i násobnost zeslabení. Při více energiích daného radionuklidu je nutno stanovit „k“ pro každou energii zvlášť. Energie, pro kterou vychází největší tloušťka stínění, je určující. Energie, pro které vychází stínění 50 až 100% z největší tloušťky, se nazývají konkurující a je nutno je brát v potaz, pokud jejich výtěžek (tj. počet fotonů na jeden rozpad v %) je podstatný. Někdy se používá odhad tloušťky. stínění na základě polovrstev. V úzkém svazku fotonů, jejichž spektrální složení se nemění, lze celkovou násobnost zeslabení vyjádřit ve tvaru

_{<img width=44 height=21 src="dozimetrie_soubory/image086.gif">}
(5.8)

     respektive

_{<img width=99 height=21 src="dozimetrie_soubory/image087.gif">}
(5.9)

     kde „n“ je počet polovrstev materiálu, kterým svazek prochází. Pak tloušťka stínění „x“ je

_{<img width=68 height=24 src="dozimetrie_soubory/image088.gif">}
(5.10)

     kde „_{<img width=28 height=24 src="dozimetrie_soubory/image076.gif">}“ je polovrstva.

     Ve svazku, kde se spektrální složení záření mění, se stanovuje několik polovrstev „_{<img width=55 height=24 src="dozimetrie_soubory/image089.gif">}“ tak, až

_{<img width=59 height=24 src="dozimetrie_soubory/image090.gif">}
(5.11)

     U dobře filtrovaného rentgenového spektra stačí 2 - 4 polovrstvy. V praxi se používají také grafy zeslabení pro jednotlivé radionuklidy a jednotlivé materiály. Jedná se o závislosti reciproké hodnoty „k“ (v logaritmické stupnici) na tloušťce daného materiálu. Křivky jsou zde vytvořeny na základě konzervativně použitých vzrůstových faktorů (tj. izotropní bodový zdroj a nekonečné homogenní prostředí. (Literatura 4)

2.6. Výpočty polí záření od zdrojů konečných rozměrů

     Budeme se zde zabývat izotropními a homogenními zdroji emitujícími fotony nebo neutrony do celého prostorového úhlu _{<img width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image015.gif">}. Geometricky se budeme zabývat popisy těchto zdrojů (bodovým zdrojem o aktivitě „A“ v jednotce Bq a s emisí „S“ v jednotce _{<img width=23 height=21 src="dozimetrie_soubory/image091.gif">} jsme se již zabývali):

     a) lineární (délkový) zdroj s délkovou aktivitou „_{<img width=21 height=23 src="dozimetrie_soubory/image092.gif">}“ (jednotka _{<img width=45 height=24 src="dozimetrie_soubory/image093.gif">}) a délkovou emisí zdroje „_{<img width=20 height=23 src="dozimetrie_soubory/image094.gif">}“ (jednotka _{<img width=45 height=21 src="dozimetrie_soubory/image095.gif">})

     b) plošný zdroj s plošnou aktivitou „_{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image096.gif">}“ (jednotka <sub><img

width=47 height=24 src="dozimetrie_soubory/image097.gif"></sub>) a plošnou
emisí zdroje „<sub><img width=21 height=23
src="dozimetrie_soubory/image098.gif"></sub>“
(jednotka <sub><img width=47 height=21
src="dozimetrie_soubory/image099.gif"></sub>)
     c) objemový zdroj s objemovou aktivitou „<sub><img
width=23
height=24 src="dozimetrie_soubory/image100.gif"></sub>“ (jednotka <sub><img
width=45 height=24 src="dozimetrie_soubory/image101.gif"></sub>) a objemovou
emisi zdroje „<sub><img width=21 height=24
src="dozimetrie_soubory/image102.gif"></sub>"
(jednotka <sub><img width=47 height=21
src="dozimetrie_soubory/image103.gif"></sub>)
ad a) Lineární zdroje
     Pokud je zdroj bez stínění, pak jeho hustota toku
<sub><img width=109
height=23 src="dozimetrie_soubory/image104.gif"></sub>
(6.1)
     a příkon kermy
<sub><img width=121
height=23 src="dozimetrie_soubory/image105.gif"></sub>
(6.2)
     kde „a“ je kolmá vzdálenost detektoru od
zdroje a „<sub><img
width=17 height=19 src="dozimetrie_soubory/image106.gif"></sub>“ je úhel, pod
kterým je z detektoru vidět délka zdroje „x“. Pokud záření z lineárního
zdroje prochází vrstvou materiálu o tloušťce „b“ a nekonečné ploše, je
pak hustota toku
<sub><img width=109
height=23 src="dozimetrie_soubory/image107.gif"></sub>
(6.3)
     kde „F“ je integrál funkce <sub><img width=55
height=21 src="dozimetrie_soubory/image108.gif"></sub> prostřednictvím úhlu „<sub><img
width=17 height=19 src="dozimetrie_soubory/image106.gif"></sub>“. Někdy je pro
„F“
použít aproximativních výrazů, a to když „<sub><img width=17 height=19
src="dozimetrie_soubory/image106.gif"></sub>“a „b“ jsou malá
<sub><img width=77
height=21
src="dozimetrie_soubory/image109.gif"></sub>
(6.4)
     a pro případy, kdy „b“ je velké, pak
<sub><img width=117
height=27 src="dozimetrie_soubory/image110.gif"></sub>
(6.5)
ad b) Plošné zdroje
     Nejtypičtějšími formami plošných zdrojů jsou kruhové
nebo
obdélníkové. Pro kruhový zdroj bez stínění platí
<sub><img width=131
height=23 src="dozimetrie_soubory/image111.gif"></sub>
(6.6)
     kde „<sub><img width=17 height=19
src="dozimetrie_soubory/image106.gif"></sub>“ je opět úhel, pod kterým detektor
vidí poloměr zdroje. Pro stíněný kruhový zdroj materiálem o tloušťce „b“
platí
<sub><img width=95
height=23 src="dozimetrie_soubory/image112.gif"></sub><sub><img width=12
height=23 src="dozimetrie_soubory/image113.gif"></sub>
(6.7)
     kde funkce „F“ je integrálem <sub><img
width=120
height=24 src="dozimetrie_soubory/image114.gif"></sub>.
     Pro nestíněný obdélníkový zdroj platí
<sub><img width=104
height=23 src="dozimetrie_soubory/image115.gif"></sub>
(6.8)
     kde funkce „f“ je závislá na vzdálenosti
detektoru od

zdroje „a“, rozměrech zdroje („x“, „h“) pro poměry m = x/a <br> a n = h / x . Obdélníkový zdroj stíněný vrstvou matriálu o tloušťce „b“ se počítá podle vztahu

_{<img width=125 height=23 src="dozimetrie_soubory/image116.gif">} (6.9)

     kde funkce „F“ navíc obsahuje nezávislou „_{<img width=23 height=21 src="dozimetrie_soubory/image117.gif">}“. Součin „_{<img width=37 height=21 src="dozimetrie_soubory/image118.gif">}“ bývá tabelován v závislosti na vzdálenosti zdroje od detektoru „a“, rozměrech zdroje („x“, „h“), tloušťce stínění „b“ a zeslabovacím koeficientem „μ“, který je, jak známo, sám závislý na energii záření a typu stínícího materiálu.

ad c) Objemové zdroje záření

     V tomto případě je nutno namodelovat několik standardních tvarů, které se používají v praxi k výrobě zdrojů ionizujícího záření. Jsou to:

     - deska konečné tloušťky nekonečného rozměru

     - poloprostor vyplněný radionuklidem

     - válcový tvar

     - kulový tvar

     Pro hustotu toku zdroje ve tvaru desky o tloušťce „h“ ve vzdálenosti „a“ od detektoru stíněného rovnoběžnou vrstvou jiného materiálu o tloušťce „b“ dostaneme výraz

_{<img width=113 height=24 src="dozimetrie_soubory/image119.gif">} (6.10)

     kde „_{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image120.gif">}“ je koeficient zeslabení ve vlastním zdroji. Funkce „F“ je integrálem přes celou tloušťku „h“ a nekonečnou velikost zdroje a tento integrál obsahuje koeficient zeslabení „μ“ v tloušťce „b“ stínícího materiálu a konečně také vzdálenost detektoru od zdroje „a“. Hustota toku válcového zdroje o poloměru „r“ a výšce „h“ ve vzdálenosti od detektoru „a“obráceného k němu válcovou plochou a stíněného rovnoběžnou vrstvou materiálu o tloušťce „b“ se vypočítá podle vztahu

_{<img width=121 height=24 src="dozimetrie_soubory/image121.gif">} (6.11)

     kde funkce „G“ je tvořena trojným integrálem, který obsahuje oba koeficienty zeslabení „_{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image120.gif">}“ a „μ“, výšku „h“, poloměr „r“, vzdálenost zdroje od detektoru „a“ a který je tabelován pro parametry „a / r“, „h / r“ a „_{<img width=39 height=24 src="dozimetrie_soubory/image122.gif">}“. Hustota toku stíněného válcového zdroje obráceného k detektoru svou podstavou se vypočítá podle vztahu

_{<img width=115 height=24 src="dozimetrie_soubory/image123.gif">} (6.12)

     kde funkce „_{<img width=20 height=23 src="dozimetrie_soubory/image124.gif">}“, závislá na poloměru „r“ výšce „h“ vzdálenosti „a“ , tloušťce stínění „b“ a koeficientech zeslabení „_{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image120.gif">}“ a μ je rovněž tabelovaná. Posledním tvarem, kterého si povšimneme, je nestíněný kulový zdroj o poloměru „r“ ve vzdálenosti „a“ středu zdroje od detektoru. Pak

_{<img width=116 height=24 src="dozimetrie_soubory/image125.gif">} (6.13)

     kde funkce „H“ závislá na poměru „a/r“ a „_{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image120.gif">}“ je rovněž tabelována. (Literatura 4)

2.7. Vliv rozptýleného záření

     V kapitole 6 byly výpočty konstruovány tak, že byl zanedbán vliv rozptýleného záření, který je zpravidla vyjadřován prostřednictvím vzrůstového faktoru „B“ (viz kapitoly 4 a 5). Faktor „B“ lze zanedbat pouze pro úzce kolimované svazky. V předešlých kapitolách byl tento faktor počítán pro bodový izotropní zdroj v nekonečném prostředí a pro jeho závislost na měřené veličině (tj. fluence, kerma apod.) dále na energii záření, tloušťce a typu zeslabujícího materiálu. Vlivem rozptylu záření Comptonovým jevem se pole záření mění nejen kvantitativně ale i kvalitativně a tuto změnu nemůže takto stanovený faktor „B“ postihnout. Kvalita pole a tedy hodnota měřené veličiny se liší pro různá geometrická uspořádání, energie fotonů a typy a tloušťky materiálu. U nebodových zdrojů nelze faktor „B“ použít jako jednoduchý koeficient, kterým vynásobíme měřenou veličinu, ale je nutno ho odvodit. Je vždy větší než pro zdroj bodový. Jeho výpočet je složitý, zavádí se v něm řada aproximací v závislostech na objemu zdroje „V“, energii záření „E“, protonovém čísle stínění „Z“ apod. Jedna z metod, která bere v úvahu vliv rozměrů zdroje, je taková která zavádí se zde veličina ekvivalentní délku zeslabení „_{<img width=21 height=17 src="dozimetrie_soubory/image126.gif">}“. Ta je větší než normální tloušťka stínění „_{<img width=23 height=21 src="dozimetrie_soubory/image117.gif">}“. Pak faktor „_{<img width=25 height=24 src="dozimetrie_soubory/image127.gif">}“ (pro nebodový zdroj) je dán vztahem

_{<img width=121 height=24 src="dozimetrie_soubory/image128.gif">}
(7.1)

     kde hodnota „B“ se vypočítá jako vzrůstový faktor pro bodový zdroj, ale s použitím ekvivalentní délky zeslabení „_{<img width=21 height=17 src="dozimetrie_soubory/image126.gif">}“ místo „_{<img width=23 height=21 src="dozimetrie_soubory/image117.gif">}“. Tato ekvivalentní tloušťka zeslabení je definována vztahem

_{<img width=109 height=24 src="dozimetrie_soubory/image129.gif">}
(7.2)

     kde „“G je funkce popisující zeslabení daného zdroje stínění o tloušťce „b“ a „_{<img width=21 height=24 src="dozimetrie_soubory/image130.gif">}“ je funkce pro nestíněný zdroj (Literatura 4)

2.8. Materiály používané pro konstrukci stínění záření gama

     Zabýváme-li se materiálem pro konstrukcí stínění, musíme brát v úvahu závislost účinných průřezů „_{<img width=45 height=17 src="dozimetrie_soubory/image131.gif">}“ na protonovém čísle „Z“ stínícího materiálu, dále měrnou hmotnost materiálu „_{<img width=16 height=17 src="dozimetrie_soubory/image039.gif">}“ a opracovatelnost a dostupnost materiálu. Např. pro fotoefekt platí, že

_{<img width=45 height=21 src="dozimetrie_soubory/image132.gif">}
(8.1)

     Proto velkého využití doznalo olovo, které splňuje uvedená kritéria. Čisté olovo má však některé špatné mechanické vlastnosti - je měkké - a proto musí být často zpevňováno nosnou ocelovou konstrukcí. Olovo se též hojně používá jako příměs do skel, výplň mezi beton a omítku apod. Jinou možnosti, jak konstruovat stínící kobky, je materiál ochuzený uran. Vzhledem k vysokému protonovému číslu Z = 92 a vysoké měrné hmotnosti _{<img width=109 height=24 src="dozimetrie_soubory/image133.gif">} jsou tloušťky stínících vrstev menší než u olova. Stínící kryty jsou tedy menší a lehčí. Nevýhodou materiálu je vlastní radioaktivita uranu. I když jeho dávkový výkon na povrchu prázdného krytu je plně přípustný a neznamená žádné radiační nebezpečí, je nutné s ním počítat při stanoveni celkové dávky. Pro velké systémy, pro něž by olovo a ochuzený uran bylo příliš drahé, se jako stínění nejčastěji používají železo a beton. Beton je nejlevnějším stínícím materiálem. Další výhodami je jeho snadná výroba v rozmanitých potřebných tvarech a možnost

měnit jeho vlastnosti změnou jeho složení a technologie výroby. Pro záření gama je v některých případech výhodné používat těžké betony s příměsí barya případně i těžkých kovů. Stavba velikých betonových stínění je náročná po technologické stránce zejména tam, kde prochází stěnou značný počet potrubí a průchodek. Je pak důležité, aby v betonu nevznikaly dutiny nebo trhliny, aby nedocházelo k tzv. „průstřelům“ a nezvyšoval se lokální dávkový příkon. Železo, které nemá příměsi radionuklidů, se s úspěchem používá pro stínění celotělových počítačů, tj. kobek, kde je potřeba dosáhnout nízkého pozadí. Používá se dvou druhů ocelí. Ocel ze starých konstrukcí (starých mostů, lodí apod.) vyrobených před rokem 1945, kdy se do nich ještě nemohly dostat umělé radionuklidy, se ocelářsky zpracovává velmi nákladně. Jednodušší je výroba tzv. panenské oceli (virgin steel). Při jejíž výrobě se používá pouze železné rudy z podzemí (bez použití železného šrotu), čímž se zamezí přítomnosti umělých radionuklidů, a pomocí speciální technologie se vytěsní přírodní radionuklidy. Taková ocel byla vyvinuta a patentována i v ČR.

2.9. Další problémy spojené s návrhem stínění

     Část energie při interakci ionizujícího záření s látkou se v konečné formě objeví jako teplo. Vzrůst teploty je úměrný dávce ve stínícím materiálu a závisí i na odvodu tepla z něho. Na jedné straně se tento jev využívá při kalorimetrickém měření dávek, ale na druhé straně, především u jaderných reaktorů, může způsobit řadu omezení, zejména v použitelnosti materiálů, v dosažitelném výkonu reaktoru apod. Teplo vzniká absorpcí záření gama vznikajícího štěpením jader, při radiačním záchytu neutronů, rozpadu štěpných produktů, aktivaci chladiva a konstrukčních materiálů apod. Základní vztah pro výpočet tepla „Q“ při absorpci fotonů může být zapsán jako

_{<img width=144 height=24 src="dozimetrie_soubory/image134.gif">} (9.1)

     kde „E“ je energie fotonů, „_{<img width=21 height=24 src="dozimetrie_soubory/image135.gif">}“ je lineární součinitel absorpce energie, „_{<img width=15 height=17 src="dozimetrie_soubory/image036.gif">}“ hustota toku fotonů daných energií a „C“ je převodní konstanta (z jednotek „MeV“ na „Ws“). Při pružném, nebo nepružném rozptylu neutronů je ve vzorci místo „_{<img width=21 height=24 src="dozimetrie_soubory/image135.gif">}“ použito počtu atomů intereagujícího nuklidu v objemové jednotce stínícího materiálu; dále účinného průřezu pružného, nebo nepružného rozptylu „_{<img width=16 height=15 src="dozimetrie_soubory/image041.gif">}“ a také „g“ jako střední frakce energie přenesené neutronem o počáteční kinetické energii „E“. Pak

_{<img width=155 height=21 src="dozimetrie_soubory/image136.gif">} (9.2)

     Z praxe je zřejmé, že teplo vyvinuté ve stínícím materiálu interakcemi neutronů je podstatně menší než při interakcích fotonů. anály a dutiny ve stínění jsou často zdrojem tzv. „průstřelů“. Jsou někdy pozorovatelné na jaderných elektrárnách v podobě zvýšeného dávkového příkonu neutronů nebo fotonů. Při výpočtech je výhodné rozdělit pole záření na složky způsobené různými vlivy uvnitř nebo v blízkostí nehomogenit. Pak celkovou hustotu toku „_{<img width=15 height=17 src="dozimetrie_soubory/image036.gif">}“, která dosáhne detektoru, lze rozdělit na tyto složky

_{<img width=175 height=24 src="dozimetrie_soubory/image137.gif">} (9.3)

     kde „_{<img width=21 height=25 src="dozimetrie_soubory/image079.gif">}“ je složka daná nerozptýleným zářením procházejícím přímo „kanálem“, „_{<img width=21 height=24 src="dozimetrie_soubory/image138.gif">}“ je záření, které prochází „kanálem“ a rozptýlí se ve stěně kanálu, „_{<img width=19 height=24 src="dozimetrie_soubory/image080.gif">}“ je záření, které vstoupilo nejdříve do stěny stínění, kde se rozptýlilo a vystoupilo z něho a konečně „_{<img width=20 height=23 src="dozimetrie_soubory/image139.gif">}“ je záření z částí zdroje, které nejsou detektorem přímo viditelné, přičemž toto záření po průchodu částí stěny dopadá bez rozptylu na detektor. Podobně je možno uvažovat i další kombinace s vícenásobným rozptylem nebo se vznikem sekundárního záření jiného typu (např. gama z neutronů aj.). Pro výpočet jednotlivých komponent pole záření byla vypracována řada různých metod, počítačových programů i tabulek. Dalším problémem jsou tzv. rezonanční energie fotonů nebo neutronů v

různých materiálech. Při těchto energiích jsou absorpční účinné průřezy velmi nízké, takže činí stínící materiály téměř průchodné. Nejtypičtější jsou energie fotonů kolem 85 keV pro olovo a energie neutronů kolem 25 keV pro železo. Zabránit „pronikání" těchto energií lze bud' příměsí jiného kovu (např. niklu do železa), nebo sendvičovým uspořádání stínění (např. k olovu přidat cín, měď, nebo železo apod.).
Přílohy ke kapitole 2.
<sub><img width=79 height=19
src="dozimetrie_soubory/image014.gif"></sub>
(1.1)
<sub><img width=85 height=24
src="dozimetrie_soubory/image016.gif"></sub>
(1.2)
<sub><img width=80 height=19
src="dozimetrie_soubory/image018.gif"></sub>
(1.3)
<sub><img width=76 height=21
src="dozimetrie_soubory/image020.gif"></sub>
(1.4)
<sub><img width=73 height=21
src="dozimetrie_soubory/image021.gif"></sub>
(1.5)
<sub><img width=89 height=24
src="dozimetrie_soubory/image022.gif"></sub>
(1.6)
<sub><img width=65 height=27
src="dozimetrie_soubory/image023.gif"></sub>
(1.7)
<sub><img width=69 height=19
src="dozimetrie_soubory/image024.gif"></sub>
(1.8)
<sub><img width=79 height=19
src="dozimetrie_soubory/image025.gif"></sub>
(1.9)
<sub><img width=79 height=21
src="dozimetrie_soubory/image026.gif"></sub>
(1.10)
<sub><img width=73 height=21
src="dozimetrie_soubory/image027.gif"></sub>
(1.11)
<sub><img width=93 height=24
src="dozimetrie_soubory/image028.gif"></sub> (1.12)</p
>
<sub><img width=65 height=29
src="dozimetrie_soubory/image030.gif"></sub>
(1.13)
<sub><img width=64 height=21
src="dozimetrie_soubory/image032.gif"></sub>
(2.1)
<sub><img width=132 height=27
src="dozimetrie_soubory/image034.gif"></sub> (2.2)
<sub><img width=71 height=24
src="dozimetrie_soubory/image037.gif"></sub>
(2.3)
<sub><img width=84 height=19
src="dozimetrie_soubory/image044.gif"></sub>
(2.4)
<sub><img width=139 height=27
src="dozimetrie_soubory/image140.gif"></sub> (2.5)
<sub><img width=81 height=19
src="dozimetrie_soubory/image048.gif"></sub>
(3.1)
<sub><img width=91 height=24
src="dozimetrie_soubory/image050.gif"></sub>
(3.2)
<sub><img width=116 height=27
src="dozimetrie_soubory/image051.gif"></sub> (3.3)
<sub><img width=68 height=24

```
src="dozimetrie_soubory/image053.gif"></sub>
(3.4)</p>
  <p><sub><img width=112 height=29
src="dozimetrie_soubory/image056.gif"></sub>                                (3.5)</p>
  <p><sub><img width=63 height=24
src="dozimetrie_soubory/image059.gif"></sub>
(4.1)</p>
  <p><sub><img width=103 height=27
src="dozimetrie_soubory/image062.gif"></sub>                                  (4.2)</p>
  <p><sub><img width=75 height=29
src="dozimetrie_soubory/image064.gif"></sub>
(4.3)</p>
  <p><sub><img width=108 height=25
src="dozimetrie_soubory/image065.gif"></sub>                                 (4.4)</p>
  <p><sub><img width=59 height=21
src="dozimetrie_soubory/image066.gif"></sub>
(4.5)</p>
  <p><sub><img width=147 height=28
src="dozimetrie_soubory/image067.gif"></sub>                       (4.6)</p>
  <p><sub><img width=165 height=28
src="dozimetrie_soubory/image068.gif"></sub>                  (4.7)</p>
  <p><sub><img width=105 height=21
src="dozimetrie_soubory/image069.gif"></sub>                                  (4.8)</p>
  <p><sub><img width=123 height=23
src="dozimetrie_soubory/image070.gif"></sub>                            (4.9)</p>
  <p><sub><img width=187 height=28
src="dozimetrie_soubory/image072.gif"></sub>             (4.10)</p>
  <p><sub><img width=79 height=25
src="dozimetrie_soubory/image073.gif"></sub>
(5.1)</p>
  <p><sub><img width=96 height=24
src="dozimetrie_soubory/image077.gif"></sub>                                    (5.2)</p>
  <p><sub><img width=153 height=31
src="dozimetrie_soubory/image078.gif"></sub>                      (5.3)</p>
  <p><sub><img width=112 height=25
src="dozimetrie_soubory/image081.gif"></sub>                                (5.4)</p>
  <p><sub><img width=113 height=24
src="dozimetrie_soubory/image082.gif"></sub>                                (5.5)</p>
  <p><sub><img width=173 height=24
src="dozimetrie_soubory/image083.gif"></sub>                (5.6)</p>
  <p><sub><img width=101 height=24
src="dozimetrie_soubory/image085.gif"></sub>                                  (5.7)</p>
  <p><sub><img width=44 height=21
src="dozimetrie_soubory/image086.gif"></sub>
    (5.8)</p>
  <p><sub><img width=99 height=21
src="dozimetrie_soubory/image087.gif"></sub>                                  (5.9)</p>
  <p><sub><img width=68 height=24
src="dozimetrie_soubory/image088.gif"></sub>
(5.10)</p>
  <p><sub><img width=59 height=24
src="dozimetrie_soubory/image090.gif"></sub>
(5.11)</p>
  <p><sub><img width=109 height=23
src="dozimetrie_soubory/image104.gif"></sub>                                 (6.1)</p>
  <p><sub><img width=121 height=23
src="dozimetrie_soubory/image105.gif"></sub>                              (6.2)</p>
  <p><sub><img width=109 height=23
src="dozimetrie_soubory/image107.gif"></sub>                                 (6.3)</p>
  <p><sub><img width=77 height=21
src="dozimetrie_soubory/image109.gif"></sub>
(6.4)</p>
  <p><sub><img width=117 height=27
src="dozimetrie_soubory/image110.gif"></sub>                                (6.5)</p>
  <p><sub><img width=131 height=23
src="dozimetrie_soubory/image111.gif"></sub>                           (6.6)</p>
  <p><sub><img width=95 height=23
src="dozimetrie_soubory/image112.gif"></sub><sub><img width=12 height=23
src="dozimetrie_soubory/image113.gif"></sub>                                 (6.7)</p>
```

```
  <p><sub><img width=104 height=23
src="dozimetrie_soubory/image115.gif"></sub>                                    (6.8)</p>
  <p><sub><img width=125 height=23
src="dozimetrie_soubory/image116.gif"></sub>                              (6.9)</p>
  <p><sub><img width=113 height=24
src="dozimetrie_soubory/image119.gif"></sub>                                (6.10)</p>
  <p><sub><img width=121 height=24
src="dozimetrie_soubory/image121.gif"></sub>                              (6.11)</p>
  <p><sub><img width=115 height=24
src="dozimetrie_soubory/image123.gif"></sub>                               (6.12)</p>
  <p><sub><img width=116 height=24
src="dozimetrie_soubory/image125.gif"></sub>                               (6.13)</p>
  <p><sub><img width=121 height=24
src="dozimetrie_soubory/image128.gif"></sub>                              (7.1)</p>
  <p><sub><img width=109 height=24
src="dozimetrie_soubory/image129.gif"></sub>                                 (7.2)</p>
  <p><sub><img width=45 height=21
src="dozimetrie_soubory/image132.gif"></sub>
    (8.1)</p>
  <p><sub><img width=144 height=24
src="dozimetrie_soubory/image134.gif"></sub>                        (9.1)</p>
  <p><sub><img width=155 height=21
src="dozimetrie_soubory/image136.gif"></sub>                     (9.2)</p>
  <p><sub><img width=175 height=24
src="dozimetrie_soubory/image137.gif"></sub>                (9.3)</p></center><br><br>
  <p><b><a name="3"></a>3. MĚŘENÍ NĚKTERÝCH ZÁKLADNÍCH VELIČIN</b></p>
  <p><b><a name="3.1"></a>3.1. Měření aktivity</b></p>
  <p>     Aktivita je definována jako podíl středního počtu
    samovolných radioaktivních přeměn z daného energetického stavu v určitém
    množství radionuklidu za dobu „<i>dt</i>“ a této doby.</p>
  <p>     Obecně lze říci, že pro měření veličin, tedy i
aktivity, se
    používají dva druhy dozimetrie.</p>
  <p>     a) relativní, kdy naměřené hodnoty srovnáváme s
etalonem o
    známé aktivitě a známém energetickém spektru za stejných podmínek. Tohoto druhu
    se však používá při běžné praxi, kdy doba stanovení j e omezená.</p>
  <p>     b) absolutní, kdy skutečná aktivita se zjišťuje
přímým
    měřením za přesně definovaných podmínek a korekcí naměřených hodnot. K tomuto
    absolutnímu měření aktivity jsou používány zejména tyto metody: </p>
  <p>1. Metoda absolutního počítáni částic</p>
  <p>     • Počítače s vymezeným prostorovým úhlem</p>
  <p>     • Počítače s geometrií <sub><img width=24 height=19
src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub></p>
  <p>     • Interní počítače </p>
  <p>2. Koincidenční metoda</p>
  <p>3. Elektrostatická metoda</p>
  <p>4. Iontometrická metoda</p>
  <p>5. Kalorimetrická metoda</p>
  <p>6. Chemická metoda</p>
  <p><b>3.1.1. Metoda absolutního počítání částic</b></p>
  <p>     Nejčastěji jsou zde používány GM počítače,
proporcionální
    počítače a scintilační detektory.</p>
  <p>     a) Počítače s vymezeným prostorovým úhlem (Obrázek
č.3)</p>
  <p>D - okénkový detektor </p>
  <p>C - kruhová clona</p>
  <p>• - bodový zdroj záření</p>
  <p>     Obrázek č.3</p>
  <p align=center style='text-align:center'><img width=386
height=276 src="dozimetrie_soubory/image141.jpg"></p>
  <p>Uvažujme:</p>
  <p><b>     • </b>izotropní bodový zdroj
    Z záření o aktivitě A, kdy na 1 radioaktivní přeměnu připadá emise 1 částice</p>
  <p><b>     • </b>každá
    částice, která vnikla do účinného objemu detektoru D, je zaregistrována</p>
  <p>     Neuvažujeme-li
```

```
    rušivé jevy, pak mezi počtem zaregistrovaných částic „<i>N</i>“ a stanovovanou
    aktivitou „<i>A</i>“ platí:</p>
  <p align=center style='text-align:center;text-autospace:none'><sub><img
width=125                                                                  height=23
src="dozimetrie_soubory/image142.gif"></sub>                            (3.1.1)</p>
  <p>     kde „<i>t“</i> je doba měření.</p>
  <p>     Velikost prostorového úhlu lze
    vyjádřit vztahem</p>
  <p align=center style='text-align:center;text-autospace:none'><sub><img
width=221 height=28 src="dozimetrie_soubory/image143.gif"></sub>    (3.1.2)</p>
  <p>     <i>l </i> je vzdálenost mezi
    zdrojem a vymezující clonou <i>C</i>, <i>d</i> je průměr clony.</p>
  <p>     Ze vztahu je
    zřejmé, že při malých vzdálenostech mezi zdrojem a detektorem závisí velikost
    prostorového úhlu i na nepatrných změnách vzdálenosti.</p>
  <p>Např.: </p>
  <p><b>     • </b>k
    tomu, aby chyba ve stanovení prostorového úhlu nepřevyšovala 0,5%, je nutné
    fixovat polohu zdroje s přesností vyšší než <sub><img width=15 height=16
src="dozimetrie_soubory/image144.gif"></sub>0,04 mm, jestliže se vzdálenost
    mezi zdrojem a detektorem pohybuje od 5 do 10 mm</p>
  <p><b>     • </b>pro <i>l </i>= 5 cm je nutno fixovat polohu
zdroje s přesností <sub><img width=15
height=16 src="dozimetrie_soubory/image144.gif"></sub> 0,1 mm</p>
  <p>     V praktických
    podmínkách je nutno brát ohled na nebodovost zdroje, samoabsorpci ve zdroji,
    odraz od podložky, absorpci v okolním prostředí, účinnost počítače, atd. Je
    možno psát:</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=195
height=24 src="dozimetrie_soubory/image145.gif"></sub>          (3.1.3)</p>
  <p>kde</p>
  <p style='text-autospace:none'><sub><img width=21 height=23
src="dozimetrie_soubory/image146.gif"></sub>- korekce na mrtvou dobu</p>
  <p style='text-align:justify;text-autospace:none'><sub><img
width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image147.gif"></sub>- korekce na
    geometrické uspořádání a vliv konečných rozměrů zdroje</p>
  <p style='text-align:justify;text-autospace:none'><sub><img
width=23 height=24 src="dozimetrie_soubory/image148.gif"></sub> - účinnost
    detektoru</p>
  <p style='text-autospace:none'><sub><img width=23 height=23
src="dozimetrie_soubory/image149.gif"></sub> - korekce na absorpci záření v
    okénku (pouzdru) detektoru </p>
  <p style='text-autospace:none'><sub><img width=23 height=24
src="dozimetrie_soubory/image150.gif"></sub> - korekce na absorpci záření mezi
    zdrojem a detektorem</p>
  <p style='text-autospace:none'><sub><img width=23 height=24
src="dozimetrie_soubory/image151.gif"></sub> - korekce na samoabsorpci a
    rozptyl ve zdroji</p>
  <p style='text-autospace:none'><sub><img width=23 height=24
src="dozimetrie_soubory/image152.gif"></sub> - korekce na zpětný odraz od
    podložky zdroje</p>
  <p>     Korekce na mrtvou dobu <sub><img
width=21 height=23 src="dozimetrie_soubory/image146.gif"></sub></p>
       <p    align=center    style='text-align:center'><sub><img
width=155
height=24 src="dozimetrie_soubory/image153.gif"></sub>                    (3.1.4)</p>
  <p>     kde „<sub><img width=19 height=24
src="dozimetrie_soubory/image154.gif"></sub>“ je četnost impulzů zaznamenaná
    detekčním zařízením o mrtvé době „<sub><img width=13 height=15
src="dozimetrie_soubory/image040.gif"></sub>“, „<i>n</i>“ je skutečná četnost
    impulzů            (při            <sub><img            width=13            height=15
src="dozimetrie_soubory/image040.gif"></sub> =
    0).</p>
  <p>     Hraje roli při měření vysokých aktivit.</p>
  <p>Mrtvá doba:</p>
  <p><b>     • </b>Desítky nanosekund pro scintilační počítače
s
    organickými scintilátory</p>
  <p><b>     •</b> Stovky mikrosekund pro GM počítače</p>
```

Mrtvou dobu lze stanovit:
     a) metodou dvou vzorků o nepříliš rozdílné aktivitě a měřením
jednak každého vzorku zvlášť („_{<img width=37 height=23 src="dozimetrie_soubory/image155.gif">}“) a jednak obou vzorků dohromady
(„_{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image156.gif">}“).
Pak
_{<img width=151 height=23 src="dozimetrie_soubory/image157.gif">}
(3.1.5)
     b) opakovaným měřením velmi krátkodobého radionuklidu a
extrapolací křivky logaritmu četnosti na čase k času = 0
     c) sadou vzorků o stoupající aktivitě (např. kapalných o
různé měrné aktivitě) a extrapolací závislosti křivky četnosti na této aktivitě
k nule.
Geometricky faktor _{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image147.gif">}
     Geometrie měření vyjadřuje prostorový úhel, z něhož se
částice dostávají do detekčního objemu. Pro nejjednodušší případ, kdy zářič lze
považovat za bodový a jde o okénkový detektor, lze tento úhel a tedy
geometrický faktor stanovit vztahem:
_{<img width=193 height=31 src="dozimetrie_soubory/image158.gif">} (3.1.6)
     V praxi, kdy zdroj není bodový, je nutno přihlédnout k jeho
rozměrům a tvaru, který je nejčastěji kruhový. Korekční faktor tvoří vztah, v
němž vystupují mocniny poloměru zdroje, mocniny poloměru kruhového okénka a
mocniny vzdálenosti středu zdroje od okénka tak, jak bylo popsáno v předešlé
kapitole.
Korekční faktor _{<img width=23 height=24 src="dozimetrie_soubory/image148.gif">}
     Číselně je roven převrácené hodnotě účinnosti detektoru na
příslušný druh záření. Detekční účinnost je dána poměrem počtu zaregistrovaných
částic k počtu částic, které na detektor dopadly.
     • Pro protony, částice _{<img width=16 height=15 src="dozimetrie_soubory/image159.gif">} popř. těžší nabité částice -
účinnost většiny počítačů blízká 100%.
     • Pro elektrony účinnost nižší.
     • Účinnost plynem plněných počítačů pro záření X a _{<img width=13 height=17 src="dozimetrie_soubory/image160.gif">}je 0,1 -10%
     Nízká účinnost plynem plněných počítačů na fotonové záření
souvisí s jeho malou absorpcí v plynu. Fotonové záření o vyšších energiích je
zaznamenáno tehdy, jestliže jeho kvanta budou absorbováno stěnami počítače a
vzniklé elektrony vniknou do počítače a budou zaregistrovány. Účinnost je dána
součinitelem absorpce fotonového záření ve stěnách počítače a koeficientem
vyjadřujícím tu část elektronů, která po vzniku ve stěně počítače pronikne do
plynové náplně. U scintilačních počítačů je účinnost detekce mimo jiné závislá
na tloušťce stěn počítače a na vzdálenosti zdroj - počítač.
Korekční faktory _{<img width=48 height=24 src="dozimetrie_soubory/image161.gif">}
_{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image149.gif">}- korekce na absorpci záření v
okénku detektoru
_{<img width=23 height=24 src="dozimetrie_soubory/image150.gif">} - korekce na absorpci záření v
prostoru mezi zdrojem a okénkem detektoru (ve vzduchu)
_{<img width=213 height=24 src="dozimetrie_soubory/image162.gif">} (3.1.7)
     kde
      • _{<img width=28 height=24 src="dozimetrie_soubory/image163.gif">} a _{<img width=28 height=24 src="dozimetrie_soubory/image164.gif">} jsou hmotnostní součinitele

zeslabení materiálu okénka a vzduchu pro příslušný druha energii záření
     • a jsou plošné hmotnosti okénka počítače a vzduchového sloupce mezi zdrojem a počítačem
Absorpce záření alfa a beta ve vzduchu a v okénku se v praxi stanovuje:
     a) experimentálně extrapolací absorpčních křivek na nulovou hodnotu. K tomu se používají tzv. extrapolační komory s pohyblivou elektrodou;
     b) výpočtem z efektivní tloušťky absorpční vrstvy vzduchu (při plošné hmotnosti vzduchu 0,0125 kg/m²) a okénka počítače.
Korekční faktor
     Vzorky, kde se neuplatňuje samoabsorpce (nebo je zanedbatelná) se nazývají nekonečně tenké, ty, u nichž zvyšování hmoty nevede ke snížení emise částic, se nazývají nekonečně tlusté. Přes pečlivou přípravu vzorku nelze v praxi samoabsorpci, resp. rozptyl záření v samotném preparátu zanedbat. Míra uplatnění tohoto procesu je závislá na:
     • druhu a energii částic
     • tloušťce vzorku
     • efektivním atomovém čísle zářiče
     • na geometrii
 V praxi můžeme samoabsorpci vyloučit třemi způsoby:
     a) zhotovením samoabsorpční křivky měřením různě tenkých vzorků a extrapolací na nekonečně tenký vzorek;
     b) metodou tlusté vrstvy, kdy vyrobíme nekonečně tlustý vzorek. Pak stanovíme koncentrace radionuklidu měřením a při známé hmotnosti vzorku i jeho aktivitu;
     c) výpočtem nebo experimentálním stanovení korekčního faktoru.
Kvantitativně lze účinek samoabsorpce a rozptylu záření uvnitř zdroje vyjádřit vztahem:
 (3.1.8)
     kde je hmotnostní součinitel zeslabení, je plošná hmotnost radioaktivního preparátu.
Korekční faktor
     Korekce na zpětný rozptyl od podložky a zdroje samotného se vypočítá podle vzorce

(3.1.9)
kde
     • je počet částic emitovaných do vymezeného prostorového úhlu
     • je počet částic, které byly původně vyslány mimo měřený úhel, ale v důsledku zpětného rozptylu dopadly na detektor
     Přesnost měření touto metodou, v důsledku velkého počtu oprav, je kolem 5 - 10 %. V současné době není z metrologického hlediska postačující, používá se pouze v rutinním měření. Korekce se zmenšuje s klesajícím atomovým číslem a klesající tloušťkou podložky.
b) Počítače s geometrií (Obr. 4)
     Způsob měření je založen na registraci částic v celém prostorovém úhlu

src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub>. Aktivní prostor počítače
zcela obklopuje zdroj záření. Používají se:
     • GM detektory,
     • proporcionální detektory,
     • scintilační detektory s kapalným nebo tekutým
scintilátorem.
     Jde o spojení dvou <sub><img width=24 height=19
src="dozimetrie_soubory/image173.gif"></sub> počítačů, jejichž anody jsou
paralelně spojeny. Výsledný signál, se zpracovává a vyhodnocuje v jednom
společném kanálu. Výhodou ve srovnání s metodou detekce v malém prostorovém
úhlu je, že odpadá určování:
     • geometrického korekčního faktoru <sub><img width=23
height=23 src="dozimetrie_soubory/image147.gif"></sub>
     • korekčního faktoru na absorpci ve vzduchu a v
okénku
počítače <sub><img width=48 height=24
src="dozimetrie_soubory/image174.gif"></sub>.
Obrázek č. 4 - Počítače s geometrií <sub><img width=24
height=19 src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub>
<img width=481
height=333 src="dozimetrie_soubory/image175.jpg">
<sub><img width=41 height=23
src="dozimetrie_soubory/image176.gif"></sub> - anody počítačů
Z - měřený zdroj
<sub><img width=44 height=23
src="dozimetrie_soubory/image177.gif"></sub> - otvory pro průtok plynu
     Musí se však uvažovat oprava na mrtvou dobu, oprava
na
samoabsorpci ve zdroji a oprava na absorpci v podložce zdroje. Počítače jsou
vhodné zejména pro měření aktivity zářičů <sub><img width=17 height=21
src="dozimetrie_soubory/image178.gif"></sub>, jsou konstruovány jako
rozebíratelné, což je nutné z hlediska manipulace spojené s vkládáním
radioaktivního preparátu. Zdroj záření je zpravidla nanášen na tenkou blanku,
která je součástí katody počítače. Rozměry počítače se volí s ohledem na rozměry
zdroje záření a jeho energii tak, aby ionizační objem byl co nejmenší. Při
nadměrných rozměrech se ve zvýšené míře uplatňuje vliv pozadí.
c) Interní počítače
     • Plynové počítače - u nich měřený radionuklid
součástí
plynové náplně
     • Scintilační detektory s kapalnými scintilátory -
radioaktivní preparát rozpuštěn ve scintilátoru
     Jde o zvláštní případ počítání částic v geometrii
<sub><img
width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub>.
Radioaktivní atomy jsou rovnoměrně rozptýleny v aktivním objemu detektoru.
Každý atom měřeného vzorku je obklopen detekčním médiem, v němž mohou být
emitované částice zcela absorbovány. Jako plynové počítače se používají GM
počítače nebo proporcionální počítače v nejčastějším provedení ve tvaru válce,
který tvoří katodu. Anoda (ve formě drátu) prochází středem. Zde je nutno vzít
v úvahu:
     • Koncový efekt - na okrajích válcového počítače je
elektrické pole deformováno, z toho vyplývá zhoršení sběru iontů a tím
snížení detekční účinnosti na obou koncích detektoru. V praxi se nejčastěji
stanovuje pomocí dvou detektorů o stejném poloměru a různé délce.
     • Stěnový efekt - vliv se projevuje tím, že částice
emitovaná z atomu měřeného radionuklidu v blízkostí stěny počítače nestačí v
důsledku krátké dráhy vyvolat ionizaci dostatečnou k tomu, aby byl vzniklý
impulz zaznamenán. Počet nezaregistrovaných impulzů je tím větší, čím větší je
poměr povrchu počítače k jeho objemu. Pro válcové počítače s větším poloměrem
katody bude oprava na stěnový efekt menší. Experimentálně lze vliv stěnového
efektu stanovit jako výsledek aproximace měření s několika počítači o stejné
délce, ale různých poloměrech pláště. Velikost efektu závisí i na tlaku plynové
náplně. Tlakem plynu je dán dosah nabitých částic a tím i minimální vzdálenost
atomu radionuklidu od stěny počítače, kde se stěnový efekt neuplatňuje. Tedy: s
rostoucím tlakem se stěnový efekt postupně zmenšuje, až v limitním případě
(tlak nekonečně velký) klesne na nulu. Na tom je založena další metoda
stanovení stěnového efektu. Vychází se z řady měření provedených jedním počítačem
s různými tlaky plynové náplně. Výsledek vzniká extrapolací naměřených hodnot

pro tlak blížící se nekonečnu. U počítačů s kapalnými scintilátory se používá scintilátorů s rozpouštědlem toluenem, xylenem nebo dioxanem (popř. etanolem). Jsou používány zejména pro stanovení aktivity zářičů beta a alfa. Měřená radioaktivní látka je rozpuštěna ve scintilátoru. Scintilace jsou registrovány jedním, nebo dvěma fotonásobiči. Mezi nádobkou se scintilátorem a fotokatodou fotonásobiče je nutno zajistit dobrý optický kontakt. Toho se nejčastěji dosahuje silikonovým olejem, někdy se užívá i speciálně tvarovaných světlovodičů. Zbývající část nádobky je bud' samotná pokryta reflexní vrstvou, nebo je celá pokryta reflektorem vhodného tvaru z hlediska maximálního sběru vyzářených světelných fotonů.

     Hlavní oblast použití jako interních počítačů: standardizace zářičů (_{<img width=24 height=24 src="dozimetrie_soubory/image179.gif">}a _{<img width=24 height=24 src="dozimetrie_soubory/image180.gif">}a zářičů, jejichž radioaktivní přeměna je charakterizována záchytem orbitálního elektronu. Přesnost: 0,2 - 0,3 % u zářičů emitujících záření beta o maximální energii > 150 keV; 1% u ostatních včetně _{<img width=24 height=20 src="dozimetrie_soubory/image181.gif">}(_{<img width=39 height=24 src="dozimetrie_soubory/image182.gif">} = 19 keV) a _{<img width=25 height=21 src="dozimetrie_soubory/image183.gif">} (_{<img width=39 height=24 src="dozimetrie_soubory/image182.gif">}= 157 keV). Aplikace metody interního počítání je možná pouze u radionuklidů, které vykazují určité vlastnosti.

     • u plynových počítačů - radionuklidy, které se buď samy, nebo ve vhodných sloučeninách vyskytují v plynné fázi - _{<img width=200 height=24 src="dozimetrie_soubory/image184.gif">}atd.

     • scintilačními detektory je možno měřit uvedené prvky a dále např. _{<img width=143 height=24 src="dozimetrie_soubory/image185.gif">}směs radionuklidů _{<img width=260 height=24 src="dozimetrie_soubory/image186.gif">}atp.

3.1.2. Koincidenční metoda

     Patří mezi nepřesnější metody absolutního stanovení aktivity radionuklidů. Je založena na současné detekci dvou druhů částic, které jsou emitovány jádrem při radioaktivní přeměně. Má však svá omezení, je vhodná pouze pro měření aktivity radionuklidů vyznačujících se tím, že při jejich přeměně dochází k emisi dvou částic - např. zářiče emitují záření beta doprovázené fotony gama, dva fotony v kaskádě (_{<img width=33 height=21 src="dozimetrie_soubory/image187.gif">}) apod.

     Princip:

     Sestává ze dvou detekčních kanálů a koincidenčního obvodu. První kanál je tvořen detektorem pro detekci záření typu A a obvody pro zpracování a časové vyhodnocení signálu (především zesilovač a amplitudový selektor, na jehož výstupu je unifikovaný impulzní signál) Druhý kanál - dtto pro záření typu B. Koincidenční obvod - na jeho výstupu se objeví impulz pouze tehdy, jestliže se současně vyskytnou impulzy na obou jeho vstupech.

<img width=493 height=277 src="dozimetrie_soubory/image188.jpg">

Obrázek č. 5 - Principiální uspořádání koincidenční aparatury

a) Měření aktivity metodou _{<img width=40 height=21 src="dozimetrie_soubory/image189.gif">} koincidencí

Kanál A - detekce částic _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">}

Kanál B - detekce záření _{<img width=13 height=17 src="dozimetrie_soubory/image160.gif">}

Předpoklady:

     • Měřený radionuklid o aktivitě A - bodový zdroj

     • Detektory citlivé pouze na jeden druh záření

     Mějme nejjednodušší případ radioaktivní přeměny charakterizované současnou emisí částic _{<img width=40 height=21 src="dozimetrie_soubory/image189.gif">} a kvant _{<img width=13 height=17 src="dozimetrie_soubory/image160.gif">}

<img width=427

height=286 src="dozimetrie_soubory/image190.jpg">
Obrázek č.6 - Příklad rozpadového schématu radionuklidů s přeměnou _{<img width=40 height=21 src="dozimetrie_soubory/image189.gif">}
     Pro četnosti impulzů v kanálech A, B a četnost koincidencí platí:
_{<img width=111 height=25 src="dozimetrie_soubory/image191.gif">} (3.2.1)
_{<img width=105 height=25 src="dozimetrie_soubory/image192.gif">} (3.2.2)
_{<img width=163 height=25 src="dozimetrie_soubory/image193.gif">} (3.2.3)
_{<img width=52 height=25 src="dozimetrie_soubory/image194.gif">}- geometrické faktory
_{<img width=41 height=25 src="dozimetrie_soubory/image195.gif">} - účinnosti detektorů
Součin _{<img width=49 height=25 src="dozimetrie_soubory/image196.gif">} - pravděpodobnost registrace částice _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} detektorem
     Dtto pro záření _{<img width=139 height=25 src="dozimetrie_soubory/image197.gif">} - výsledná pravděpodobnost, že dojde k současné registraci částice _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} a kvanta _{<img width=13 height=17 src="dozimetrie_soubory/image160.gif">} emitovaných při jedné radioaktivní přeměně
     Úprava vztahů:
_{<img width=120 height=25 src="dozimetrie_soubory/image198.gif">} (3.2.4)
     Z toho vyplývá, že koincidenční metodou lze stanovit aktivitu pouze na základě měření četností impulzů _{<img width=77 height=25 src="dozimetrie_soubory/image199.gif">}.
3.1.3. Elektrostatická metoda
     Je založena na měření náboje elektrostaticky izolované radioaktivní látky, jejíž přeměna je spojena s emisí alespoň 1 nabité částice. Při vyzáření nabité částice z elektricky neutrálního radionuklidu, získává tento radionuklid stejně velký náboj opačného znaménka. Ze změny celkového náboje vzorku za určitý časový interval se stanoví aktivita. Jde o velmi malé hodnoty náboje, proto je nutno použít vysoce citlivé elektrometry. Princip jednoduchý, ale v praxi nastávají problémy spočívající v:
     1. emisi sekundárních elektronů nízké energie, které jsou uvolňovány z atomů látky; nabitými částicemi vznikajícími při rozpadu;
     2. dopadu sekundárních elektronů na měřený radionuklid - mohou uvolnit nabité částice z povrchu měřicího zařízení;
     3. dopadu nabitých částic zpět na zdroj záření po odrazu od stěn měřící komory;
     4. absorpci nabitých částic v samotném zdroji, popř. v podložce.
     K tomu, aby se sekundární elektrony vrátily do místa, odkud byly emitovány, se používá vhodně orientované elektrické nebo magnetické pole.
     Příklad uspořádání pro měření aktivity zářičů _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">}(obrázek č.7)
<img width=476 height=358 src="dozimetrie_soubory/image200.jpg">
Obrázek č. 7 - Měřící uspořádání při stanovení aktivity elektrostatickou metodou
     • Evakuovaná komora, v ní dvě vodivé elektrody, jejichž

tloušťka převyšuje dosah částic
     • Na povrch měrné elektrody umístěn měřený radionuklid
     Mezi elektrodami - vložena tenká mřížka se záporným potenciálem. Funkce: vracení sekundárních elektronů zpět na elektrody, z nichž byly emitovány (možno zajistit i magnetickým polem)
Předpokládejme:
     • rozměry zdroje _{<img width=20 height=16 src="dozimetrie_soubory/image201.gif">} délka elektrod
     • součinitel zpětného odrazu pro materiál elektrod je R
Potom počet _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} částic emitovaných z elektrody - podložky je:
_{<img width=117 height=23 src="dozimetrie_soubory/image202.gif">} (3.3.1)
Počet N sestává z
     • částic _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} emitovaných ve směru protilehlé elektrody do prostorového úhlu _{<img width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image173.gif">}
     • částic _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} emitovaných v opačném směru, které se po odrazu od podložky dostaly do opačného směru
     Přítomnost protilehlé elektrody má za následek, že z počtu částic _{<img width=21 height=23 src="dozimetrie_soubory/image203.gif">} které opustily měrnou elektrodu, se na ní po odrazu vrací _{<img width=33 height=23 src="dozimetrie_soubory/image204.gif">} částic. Z _{<img width=33 height=23 src="dozimetrie_soubory/image204.gif">} částic se opět vrací do prostoru protilehlé elektrody _{<img width=39 height=24 src="dozimetrie_soubory/image205.gif">}částic, atd..... až do okamžiku, kdy poklesne počet odražených částic na 0. Pak celkový počet částic _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">}, které opustily měrnou elektrodu:
_{<img width=543 height=24 src="dozimetrie_soubory/image206.gif">}
     tj.
_{<img width=252 height=24 src="dozimetrie_soubory/image207.gif">} (3.3.2)
     Z toho, vzhledem k tomu, že R< 1 a
_{<img width=196 height=24 src="dozimetrie_soubory/image208.gif">}
     dostaneme pro A:
A = 2n (3.3.3)
     Praktická hranice použitelnosti metody (nutno brát korekci na samoabsorpci a absorpci v podložce) je pro zářiče _{<img width=16 height=15 src="dozimetrie_soubory/image159.gif">} a _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} s aktivitou nad zhruba 100 keV
3.1.4. Iontometrická metoda
     Je založena na úplné absorpci nabitých částic v plynu ionizační komory pracující v integrálním režimu a je vhodná pro radionuklidy emitující nabité částice s velkou ionizační schopností, zejména záření _{<img width=16 height=15 src="dozimetrie_soubory/image159.gif">}. Jde-li o dostatečně malý vzorek (neuplatňuje se samoabsorpce a absorpce v podložce), potom:
_{<img width=115 height=24 src="dozimetrie_soubory/image209.gif">} (3.4.1)
     I - nasycený proud, w - střední energie potřebná na vytvoření 1iontového páru, e - náboj elektronu
     Tuto metodu lze použít i pro stanovení aktivity zářičů <sub><img

width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif"></sub> za předpokladu,
že _{<img width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif">} částice
jsou v komoře zcela absorbovány. Toho lze dosáhnout zvětšením rozměrů komory
nebo zvýšením tlaku plynové náplně. Místo <sub><img width=23 height=24
src="dozimetrie_soubory/image210.gif"></sub> je potom dosazována střední
energie záření <sub><img width=17 height=21
src="dozimetrie_soubory/image178.gif"></sub>.
Aktivita je měřena absolutně a přesnost stanovení je dána:
     • Přesností měření nasyceného proudu
     • Přesností použitých dat (energie záření,
w)
     • Přesností korekce na samoabsorpci
     a) Měření čistých zářičů <sub><img width=17
height=21
src="dozimetrie_soubory/image178.gif"></sub>
Princip:
     Měřený radionuklid o hmotnosti „m“ je
homogenně
rozptýlen ve stěně komory takové tloušťky, aby v místě ionizační komory byla
splněna podmínka elektronové rovnováhy. Jsou-li rozměry dutiny a tlak plynu
natolik malé, že komora elektronovou rovnováhu nenarušuje, potom pro hmotnostní
aktivitu inkorporovanou do stěn platí:
<sub><img width=212
height=25 src="dozimetrie_soubory/image211.gif"></sub>
(3.4.2)
<sub><img width=19 height=23
src="dozimetrie_soubory/image212.gif"></sub>- brzdná schopnost pro materiál
stěn komory, <sub><img width=21 height=25
src="dozimetrie_soubory/image213.gif"></sub> -
brzdná schopnost plynové náplně, V-objem dutiny, <sub><img width=16
height=17 src="dozimetrie_soubory/image039.gif"></sub> - měrná hmotnost plynu v
dutině
     Metoda je vhodná pro kapalné a práškové zářiče
<sub><img
width=17 height=21 src="dozimetrie_soubory/image178.gif"></sub> a má tu výhodu,
že odpadají korekce na absorpci a samoabsorpci v zářiči. Nevýhodou je, že
vzorek zapracovaný do stěn komory je nutno po skončení měření likvidovat jako
odpad.
     b) Měření aktivity zářičů <sub><img width=13
height=17
src="dozimetrie_soubory/image160.gif"></sub>
     Pomocí ionizačních komor lze měřit pouze relativně
(záření
není v prostoru komory nikdy zcela absorbováno). Používá se geometrie blízké
<sub><img
width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image015.gif"></sub>, pro sníženi
vlivu pozadí komora v olověném stínění. V praxi např. nukleární medicíny je
možno volit převodní konstanty proud - aktivita pomocí tlačítek. Nastavení
převodních konstant se provádí pomocí standardů aktivity o stejném objemu, s
jakým se měří vzorky.
3.1.5. Kalorimetrická metoda
     Patří mezi nejstarší metody používané pro měření IZ.
Prvně
byla použita těsně po objevu přirozené radioaktivity - P. Curie a A. Laborde
použili jednoduchý kalorimetr pro měření aktivity radia.
     Princip:
      Energie uvolněná při radioaktivní přeměně se plně
nebo částečně pohltí v absorbátoru kalorimetru. Měří se tepelná energie „<sub><img
width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image214.gif"></sub>“. Potom lze
určit aktivitu „A“ ze vztahu
<sub><img width=113
height=23
src="dozimetrie_soubory/image215.gif"></sub>
(3.5.1)
     kde E - energie vznikající při 1 radioaktivní
přeměně, p - stupeň pohlcení energie v absorbátoru, t - doba
měření
     Místo tepelné energie je často měřen tepelný výkon
<sub><img

width=93 height=23 src="dozimetrie_soubory/image216.gif"></sub>
     Aby se veškerá uvolněná energie převedla na tepelnou energii
(p=1) je měřený vzorek vkládán do absorbátoru. Ten je nejčastěji ve
tvaru válce nebo koule ve snaze, aby médium vyplňující prostor mezi
absorbátorem a vnějším obalem kalorimetru vykazovalo co nejmenší přenos tepla.
Plášť je obvykle udržován na konstantní teplotě (používány metody
termostatování) a lze na něj tedy pohlížet jako na těleso s nekonečně velkou
tepelnou kapacitou. Poměry v libovolném kalorimetru lze vyjádřit vztahem:
_{<img width=179 height=24 src="dozimetrie_soubory/image217.gif">}
(3.5.2)
kde
     • _{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image218.gif">}- tepelný výkon dodávaný do
absorbátoru IZ,
     • t - čas,
     • _{<img width=23 height=23 src="dozimetrie_soubory/image219.gif">} - tepelná kapacita absorbátoru;
definována jako množství tepla potřebného ke zvýšení teploty o 1 K
     • K - součinitel charakterizující přenos tepla mezi
absorbátorem a pláštěm
     • T - teplota absorbátoru,
     • _{<img width=17 height=24 src="dozimetrie_soubory/image220.gif">} - teplota pláště
     Za předpokladu, že na počátku měřeni (t=0) je T =_{<img width=17 height=24 src="dozimetrie_soubory/image220.gif">} ,
dostaneme:
_{<img width=241 height=24 src="dozimetrie_soubory/image221.gif">} (3.5.3)
     Pro _{<img width=29 height=16 src="dozimetrie_soubory/image222.gif">} nekonečno platí
_{<img width=100 height=24 src="dozimetrie_soubory/image223.gif">}
(3.5.4)
     tj. po uplynutí dostatečně dlouhé doby (postačí _{<img width=72 height=23 src="dozimetrie_soubory/image224.gif">}) se rozdíl mezi
teplotou absorbátoru a pláště ustálí - závisí pouze na tepelném výkonu, k jehož
měření se využívá.
Jde o měření velmi malých výkonů, např. pro aktivitu 1 GBq a p=1 jsou tepelné výkony:
     • Pro _{<img width=24 height=20 src="dozimetrie_soubory/image181.gif">} 0,0009 mW (_{<img width=41 height=25 src="dozimetrie_soubory/image225.gif">} = 19 keV)
     • Pro _{<img width=25 height=21 src="dozimetrie_soubory/image183.gif">} 0,0085 mW (_{<img width=41 height=25 src="dozimetrie_soubory/image225.gif">} = 157 keV)
     • Pro _{<img width=27 height=20 src="dozimetrie_soubory/image226.gif">} 0,091 mW (_{<img width=41 height=25 src="dozimetrie_soubory/image225.gif">} = 1,71 MeV)
     • Pro _{<img width=33 height=21 src="dozimetrie_soubory/image187.gif">} 0,417 mW (_{<img width=21 height=25 src="dozimetrie_soubory/image227.gif">} = l,17; 1,33 MeV; _{<img width=41 height=25 src="dozimetrie_soubory/image225.gif">} = 318 keV)
     Výhodou této metody je, že odpadají všechny korekce zejména
na absorpci a samoabsorpci, neboť i takto vzniklé teplo je zahrnuto do měření. Nevýhodou
metody je její použitelnost až pro vyšší aktivity - řádově desítky MBq.
3.1.6. Chemická metoda
     V chemických dozimetrech se používají radiačně chemické
změny ozářených látek. Tyto dozimetry mohou být ve skupenství plynném, kapalném
i pevném. Z chemických reakcí lze v dozimetru použít radiolýzy, radiooxydace,
radioredukce, změny barvy, polymerace, depolymerace apod. Jako příkladu můžeme
jmenovat jednoduché: dvoufázový kapalinový dozimetr chloroform-voda nebo (pro

vysoké dávky) jednofázový dozimetr vodného roztoku trichloretylénu, kde se v obou případech ozářením uvolňuje HCl a měří se změna pH. Nejznámější však je tzv. Frickeho dozimetr založený na oxidaci dvojmocného železa na trojmocné, což je způsobeno volnými radikály a peroxidem vodíku (primární produkty při ozáření vodných roztoků). Pak se měří změna barvy kolorimetricky nebo změna redox potenciálu elektricky. Obdobně se používá oxidace manganu z dvojmocného na sedmimocný nebo redukce čtyřmocného ceru.

3.2. Měření dávkového příkonu

     K měření dávkového příkonu se využívá Bragg - Grayova principu, podle něhož za určitých předpokladů je počet iontových párů vytvořených v ionizační komoře umístěné v dutině tělesa úměrný dávce fotonového záření v materiálu, který dutinu obklopuje. Používá se k tomu malé plynové dutiny (např. ionizační komůrky) „A“ o objemu „V“, která je obklopena materiálem „B“ (např. fantomu) s efektivním atomovým číslem „Z“.

 Pak musí být splněny Bragg - Grayovy podmínky:

     - hustota toku primárního fotonového záření je všude v soustavě A, B konstantní,

     - rozměry dutiny jsou mnohem menší než dosah sekundárních elektronů v plynu, jímž je dutina naplněna,

     - tloušťka stěny z materiálu B, který dutinu obklopuje, je _{<img width=13 height=16 src="dozimetrie_soubory/image228.gif">} dosah sekundárních elektronů v tomto materiálu.

Potom nastává v celé soustavě elektronová rovnováha, tzn. že:

     - ionizace plynu v dutině je vyvolána téměř výhradně elektrony vzniklými ve stěnách (interakce primárního záření v dutině je zanedbatelná),

     - elektrony vzniklé ve stěnách ztrácejí při průchodu dutinou jen nepatrnou část své energie,

     - přítomnost dutiny nenarušuje elektronovou rovnováhu v materiálu B v místě dutiny a jejím okolí,

     - v místě dutiny a jejím okolí je sdělená energie rovna kinetické energii vzniklých elektronů (dávka se rovná kermě).

Dávkový příkon se vypočítá dle vztahu

_{<img width=159 height=24 src="dozimetrie_soubory/image229.gif">} (3.2.1.1)

kde _{<img width=25 height=23 src="dozimetrie_soubory/image230.gif">} - poměr hmotnostních brzdných schopností materiálu stěn a plynu v dutině

W - energie pro vznik 1 iontového páru v plynu dutiny

_{<img width=16 height=17 src="dozimetrie_soubory/image039.gif">}- měrná hmotnost plynu

V - objem dutiny

     Pro měření tkáňového dávkového příkonu je nutno, aby stěny dutiny (např. fantomu) byly tkáňově ekvivalentní (aby prvkovým složením imitovaly tkáň).

3.3. Měření expozičního (kermového) příkonu

     Používá se etalonová (normálová) ionizační komora (obrázek č.8).

     Umožňuje měřit fotonové záření v energetickém rozsahu cca 5 keV - 3 MeV.

<img width=499 height=278 src="dozimetrie_soubory/image231.jpg">

Obrázek č. 8 - Schéma uspořádání normálové ionizační komory

     Jedná se o objemné zařízení, v němž je možno udržovat tlak vyšší než atmosférický. Zářič je umístěn v kolimačním krytu, do komory vstupuje úzký svazek s průřezem „S“, který prochází mezi rovnoběžně umístěnými elektrodami. Na horní elektrodu (na obrázku označená „VNE“) se přivádí

vysoké napětí. Spodní elektroda je rozdělena na tři části. Na prostřední sběrnou elektrodu („SE“) z obou stran navazuji uzemněné vyrovnávací elektrody („OE“), které slouží k zajištění homogenity elektrického pole v okolí měřicího objemu vymezeného průřezem svazku „S“ a délkou elektrody „d“. Sběrná elektroda je spojena s měřičem ionizačního proudu. Vzdálenost mezi okrajem svazku a elektrodovým systémem musí být větší než dosah nejenergetičtějších sekundárních nabitých částic, protože je nutno, aby sekundární nabité částice byly zcela zabrzděny ve vzduchu nacházejícím se v elektrodovém systému komory.

     Rozšíření měřicího rozsahu do oblasti vyšších energií je umožněno zvýšením vnitřního tlaku komory. Spodní hranice měřitelné energie fotonů je vymezena zeslabením svazku při průchodu okénkem komory a na dráze mezi okénkem a pracovním objemem komory

     Mezi nasyceným proudem I a expozičním příkonem X platí vztah:

_{<img width=188 height=24 src="dozimetrie_soubory/image232.gif">} (3.3.1.1)

kde

 _{<img width=16 height=17 src="dozimetrie_soubory/image039.gif">} - měrná hmotnost vzduchu, _{<img width=64 height=21 src="dozimetrie_soubory/image233.gif">} - hmotnost vzduchu v pracovním objemu V, k - opravný součinitel zahrnující korekce vlivu teploty, tlaku a vlhkostí vzduchu, zeslabení svazku ve vstupním okénku a na dráze mezi ním a středem aktivního objemu, průnik záření přes kolimátor a vliv rozptýleného záření

3.4. Měření expozice (kermy ve vzduchu)

     Pokud se nabije komora s kapacitou sběrné elektrody „C“ napětím „_{<img width=20 height=23 src="dozimetrie_soubory/image234.gif">}“ tak, aby leželo na pracovní charakteristice komory co nejvíce vlevo. Potom po odpojení napětí bude na komoře náboj _{<img width=69 height=23 src="dozimetrie_soubory/image235.gif">}

     Po ozáření dojde ke změně náboje komory:

_{<img width=195 height=23 src="dozimetrie_soubory/image236.gif">} (3.4.1.1)

kde

     _{<img width=20 height=23 src="dozimetrie_soubory/image234.gif">} - napětí před ozářením

     _{<img width=21 height=23 src="dozimetrie_soubory/image237.gif">} - napětí po ozáření

     X - měřená expozice

     V - pracovní objem komory

     _{<img width=16 height=17 src="dozimetrie_soubory/image039.gif">} - měrná hmotnost vzduchové náplně komory

Vztah je v souladu s definicí expozice.

_{<img width=88 height=21 src="dozimetrie_soubory/image238.gif">} (3.4.2.1)

kde _{<img width=87 height=21 src="dozimetrie_soubory/image239.gif">}

a _{<img width=73 height=21 src="dozimetrie_soubory/image240.gif">}

     Tento princip je využíván u komor kondenzátorového typu. Jsou konstruovány jako deskové, válcové i sférické. Je zde potřeba, aby stěny byly „vzduchově ekvivalentní“. Tento požadavek je splněn pouze tehdy, platí-li:

_{<img width=59 height=24 src="dozimetrie_soubory/image241.gif">} a současně _{<img width=56 height=24 src="dozimetrie_soubory/image242.gif">}

kde

     _{<img width=47 height=24 src="dozimetrie_soubory/image243.gif">} - lineární součinitel zeslabení pro vzduch a materiál stěn komory

     _{<img width=45 height=24 src="dozimetrie_soubory/image244.gif">}- brzdné schopnosti pro vzduch a materiál stěn komory
     V praxi lze tyto podmínky splnit jen přibližně v omezeném energetickém rozsahu
3.5. Vliv pozadí při měření
     Při měření veličin (aktivita, dávka aj.) je nutno stanovit, nebo omezit vliv pozadí způsobeného kosmickým zářením nebo radionuklidy z okolí a materiálu vlastního měřícího zařízení:
     a) měřením. Ze statistiky detekce ionizujícího záření platí, že doba měření vzorku by neměla být nikdy menší než doba měření pozadí. Nesprávná je tudíž často vžitá praxe, kdy se volí větší doba měření pozadí než doba měření vzorku, dokonce i pro četnosti vzorků výrazně větší než četnosti pozadí!
     b) eliminací použitím stínění detektoru krytem z olova, železa apod.
     c) eliminací antikoincidenčním stíněním s použitím „obalových detektorů“, které jsou s vlastním detektorem v antikoincidenčním zapojení. To znamená, že jednotlivé částice pozadí, které vyvolávají odezvu současně v detektoru i v některém z obalových počítačů, nejsou registrovány.
4. OSOBNÍ DOZIMETRIE
4.1. Historie osobní dozimetrie
4.1.1. Osobní dozimetrie je poměrně nová disciplína v porovnání s ostatními přírodními a technickými vědami. Je vědou pomezní, protože v sobě obsahuje prvky fyziky, chemie, biologie, elektroniky aj. Zárodek jejího vzniku lze datovat počátkem rozvoje měřicích metod v prostředí ionizujícího záření tj. ve 20. letech 20. století. Nejstarší metodou osobní dozimetrie bylo měření pomocí ionizace v plynu. Z počátku to byla ionizace ve vzduchu, posléze i dalších plynů, včetně inertních.
4.1.2. Teprve od 2. světové války se zvětšoval počet osob pracujících se zdroji ionizujícího záření, a proto se začal také zvětšovat zájem o osobní dozimetrii i o jiné monitorovací metody. Avšak ještě v 60. letech byly k měření fotonů používány tzv. ionizační komůrky ve tvaru vajíček, tužkové ionizační komory ještě déle.
4.1.3. V 70. letech vznikla osobní dozimetrie jako vědní disciplína a zabývalo se jí stále více odborníků. Přispěl k tomu také rozvoj jaderné energetiky, zvýšená výroba umělých radionuklidů a jejich aplikace ve zdravotnictví. Rozšiřoval se rozsah typů a energií záření, rozsah měřených dávek, zejména směrem k nižším hodnotám pod 1 mSv.
4.1.4. Vznikala v celém světě řada vědeckých kolektivů, které se zabývaly jenom osobní dozimetrií, a byl zahájen vývoj osobních dozimetrů, které byly schopny měřit veškeré záření. Vznikaly i havarijní dozimetry, které byly schopny měřit dávky nad 1 Sv.
4.1.5. Ionizační komůrky byly nahrazeny filmovými, termoluminiscenčními a později i elektronickými dozimetry, jež měřily i záření beta. Byla vyvinuta řada osobních dozimetrů pro měření neutronů, např. na principu počítání stop v pevných látkách, nebo albedo dozimetry apod. Pro měřeni havarijních dávek fotonů a neutronů byly vyvíjeny také dozimetry chemické, aktivační, radiofotoluminiscenční, dále křemíkové diody, skla, která se v poli ionizujícího záření zabarvovala apod.
4.1.6. V 80. a 90. letech se výroba osobních dozimetrů zkomercializovala a dnes si již práci se zdroji ionizujícího záření bez použití osobních dozimetrů nelze představit, ať u reaktoru, u rentgenu či u defektoskopického ozařovače.
4.1.7. Odborný svět však brzy zjistil, že někdy ozáření člověka zvnějšku doprovází i ozařování zevnitř těla radionuklidy usazenými v orgánech a tkáních. A proto se začal zabývat také stanovením vnitřního ozáření (vnitřní kontaminace) zejména na jaderných elektrárnách.
4.1.8. Vnitřní kontaminace se vždy zjišťovala měřením záření fotonového, beta a alfa

bud' vyzařovaného z těla, nebo v exkretech. Princip monitorování zůstával stejný. Hodnota dávky vnitřní kontaminace se stanovovala z hustoty toku záření vycházejícího bud' z určitého orgánu, nebo z celého těla z určitého množství moči, stolice případně jiného exkretu. Podle standardních modelů se pak hustota toku záření přepočítala na aktivitu deponovanou v těle, dále na aktivitu přijatou do organizmu a posléze na dávku.

4.1.9. Od minulosti do dneška se měnily pouze detekční metody - od ionizačních, přes scintilační až po polovodičové. S ohledem na relativně vysoké pozadí z okolí, tj. kosmické záření, stavební materiály, horniny aj., se používalo stínění detektorů nebo detektorů včetně vzorků exkretů, anebo detektorů plus celého člověka. V tomto posledním případě mluvíme o kobkách celotělových počítačů bud' na povrchu země, nebo i v podzemních prostorech.

4.2. Zevní ozáření člověka

4.2.1. Zevní ozáření nastává tehdy, když se člověk nachází v energetickém poli zdroje ionizujícího záření. Takovými typickými zdroji, kterými je člověk ozařován od svého narození po celý život, je kosmické záření, dále záření z přírodních radionuklidů v horninách podloží, ve stavebních materiálech a podobně. (viz tabulka)

Průměrný (přibližný) roční dávkový ekvivalent z přírodních zdrojů a z lidských činností (v mSv za rok) Viz tabulka č.2

Tabulka č.2

<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >

<tr>
<td width=271 valign=top> I. Kosmické záření na hladině moře </td>
<td width=157 valign=top> 0,4 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> II.1500 m nad mořem </td>
<td width=157 valign=top> 0,6 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> III.Horniny průměrně </td>
<td width=157 valign=top> 0,4 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> IV.např. monazitové písky až </td>
<td width=157 valign=top> 10 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> V.Lety ve velkých výškách </td>
<td width=157 valign=top> 0,1 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> VI.Lékařská diagnostika </td>
<td width=157 valign=top> 0,8 </td>
</tr>
<tr>
<td width=271 valign=top> VII.Sledování barevné televize </td>
<td width=157 valign=top> 0,005 </td>
</tr>
</table>

4.2.2. V osobní dozimetrii se však především zabýváme zevním ozářením pracovníků se zdroji ionizujícího záření. Používá se k tomu celý monitorovací systém s osobními dozimetry uzpůsobenými typu, energii a rozsahu dávek ionizujícího záření, tvaru jeho pole a způsobu práce se zdrojem záření. Některé osobní dozimetry se používají např. u jaderných reaktorů a jiné u rentgenových přístrojů ve zdravotnictví.

Filmový dozimetr

4.2.3. Přesto ve většině zemí existuje národní standardní osobní dozimetr, jako je např. filmový, termoluminiscenční anebo elektronický dozimetr. V našem státě je takovým standardem filmový dozimetr, který zejména u jaderných zařízení má

velký význam, protože je schopen rozlišit typ, energii a směr dopadu záření na člověka a také povrchovou kontaminaci dozimetru a tím vyloučit falešné hodnoty naměřených dávek.

4.2.4. Film je nejstarší prostředek k zaznamenávání ionizujícího záření a používá se již od 19. století. Za dobu používáni se jeho složení mnohokrát změnilo tak, že může dnes sloužit osobní dozimetrii ve spojení s dozimetrickou kazetou. Kazeta, která se v České republice používá, byla také u nás vyvinuta a vyrobena.

4.2.5. Tento dozimetr se sestává z takové dozimetrické kazety, kterou je možno připojit spojkou k dalším filmovým nebo k jiným, např. termoluminiscenčním, kazetám a která obsahuje na přední i zadní části (vnitřní straně) filtry. Pro měření záření X, zejména ve zdravotnictví, jsou to filtry: prázdné okno, plastik tloušťky 0,05 mm, měď tloušťky 0,05 mm, 0,6 mm a 1,6 mm, sendvič olova s cínem tloušťky 0,6 mm. Pro jaderná zařízení je místo mědi 0,6 mm použito Cd 0,6 mm ke stanovení tepelných neutronů. Pro stanovení fotonů vyšších energií (záření gama) slouží olovo s cínem, kdežto prázdné okno, plastikové a měděné filtry slouží ke stanovení záření beta a X.

4.2.6. Dozimetrický film je v kazetě v papírovém obalu. Po ozáření dozimetru vzniká interakcí elektronu s halogenidem stříbra a vyredukováním černého amorfního kovového stříbra zčernání filmu (značené OD - optická hustota). Obraz, který je odrazem této interakce, se více zviditelní vyvolávacím procesem (pozn.: v papírovém balíčku jsou filmy dva - jeden pro nižší a druhý pro vyšší dávky) v rentgenové vývojce o teplotě v rozmezí 18 - 22°C po dobu 15 - 25 minut podle druhu filmu.

4.2.7.   Závislost optické hustoty na dávce je různá podle druhu emulze filmu, koncentrace halogenidu stříbra v želatině, velikostí a tvaru krystalků tohoto halogenidu apod. Také závisí na vyvolávacím procesu, tj. koncentraci a teplotě vývojky, době vyvolávání a v neposlední řadě také na optickém denzitometru, kterým se měri zčernání filmu. Nejlepší denzitometry jsou schopny měřit až do hodnot OD = 5 až 6. Optimální vyvolávací proces s dobrým filmem může způsobit linearitu této závislosti až do OD = 1, pak je závislost dána vzorcem

_{<img width=115 height=21 src="dozimetrie_soubory/image245.gif">} (4.2.1.1)

     kde „a“ je plocha měření denzitometrem, „N“ počet krystalků na 1 cm²; „k“ je numerická konstanta a „d“ je dávka. Vyšší hodnoty se pak řídí vztahem

_{<img width=168 height=27 src="dozimetrie_soubory/image246.gif">} (4.2.2.1)

4.2.8. Fotonové záření gama nebo X nereaguje přímo s halogenidem stříbra, ale prostřednictvím sekundárních elektronů, vznikajících v želatině, v papírovém obalu nebo jinde v okolí. Probíhají zde tři známé procesy: fotoefekt, Comptonův efekt a tvorba párů. Účinnost vzniku sekundárních elektronů se řídí absorpčními účinnými průřezy těchto procesů označované_{<img width=59 height=24 src="dozimetrie_soubory/image247.gif">}. Závisí rovněž na okolním absorpčním prostředí, jako je tloušťka emulze a papírového obalu, přítomnosti kovových filtrů, lidského těla apod. S ohledem na to, že s energií fotonů a elektronů se účinnost detekce mění, je také optická hustota závislá na energii záření a směru jeho dopadu. Je tudíž nutno tyto závislosti bud' eliminovat (pro vysoké energie fotonů filtrem s vysokým Z), vyhodnotit (pro záření X a beta pod různými filtry), anebo korigovat (směrová závislost).

4.2.9. Jak je zřejmé z obrázku Ad.2.9., koeficient energetické závislosti, tj. poměr mezi maximem a minimem křivky, je u filmu větší než 20. Při použití filtru PbSn je v rozsahu od 200 keV, v rámci chyb _{<img width=15 height=16 src="dozimetrie_soubory/image144.gif">}20% se tento poměr blíží číslu 1 a energetická závislost je eliminována. Na druhé straně lze této energetické závislosti využít u měkčího záření ke stanovení jeho energie. Poměry zčernání filmu bez filtru a s různými Cu filtry mohou vytvořit poměry charakteristické pro různé energie a lze také experimentálně stanovit korekční faktory, kterými se tzv. zdánlivá dávka přepočte na skutečnou dávku „d“. Obdobně se to provádí i u směrové závislosti, kde posun obrazu filtru stanoví úhel dopadu a experimentálně stanoveným korekčním faktorem se přepočte zdánlivá dávka na skutečnou dávku. Korekční faktory jsou rozdílné jak pro různé filtry, tak pro

různé energie ionizujícího záření.
4.2.10. Pro jadernou energetiku jsou filmové kazety speciálně vybaveny Cd filtrem, který slouží k měření tepelných neutronů. Tepelné neutrony při absorpci v Cd produkují gama záření, které zvyšuje zčernání filmu s tímto filtrem. Rozdíl optických hustot pod filtry Cd a PbSn je pak úměrný dávce tepelných neutronů.
4.2.11. Filmový dozimetr je nutný okalibrovat známými dávkami tak, aby mohla být vytvořena dávková závislost a známými energiemi mohla být vytvořena energetická závislost. S ohledem na to, že i drobná změna vyvolávacího procesu může změnit dávkovou závislost, jsou filmy ozářené známými dávkami, což jsou tzv. etalony, vyvolávány současně s filmy s neznámými dávkami, u kterých je potřeba stanovit dávku. Etalony jsou ozářeny energiemi s největší a nejmenší účinností, tj. 45keV a _{<img width=36 height=21 src="dozimetrie_soubory/image248.gif">}. Energetická závislost se vytvoří jednou provždy do té doby, dokud výrobce filmů nezmění jejich charakter. To se ověřuje omezenou energetickou závislostí u každé nové dodávky. Obdobně to platí i pro směrovou závislost.
Závislost zčernání (OD) na dávce (d), směru ozáření (º a energii fotonů (E)
Obrázek č.9 - Závislost zčernání (OD) na dávce
<img width=361 height=255 src="dozimetrie_soubory/image249.jpg">
Obrázek č.10 - Závislost zčernání (OD) na úhlu dopadu
<img width=306 height=234 src="dozimetrie_soubory/image250.jpg">
Obrázek č. 11 - Energetická závislost filmu, filmu s filtrem Cu, anebo s SnPb
<img width=403 height=236 src="dozimetrie_soubory/image251.jpg">
Termoluminiscenční dozimetr
4.2.12. Ideální sestava osobních dozimetrů pro jaderná zařízení je: filmový d. + termoluminiscenční d. + neutronový d. + Si dioda. Termoluminiscenční dozimetr, používaný jako havarijní dozimetr nebo dozimetr měřicí při delším časovém intervalu než filmový dozimetr, sestává se z dozimetrické kazety a z detektoru z materiálu aluminofosfátového skla, použit lze i LiF aj. Aluminofosfátové sklo používané v České republice jako detektor gama a beta má strukturní vzorec _{<img width=231 height=27 src="dozimetrie_soubory/image252.gif">}.
4.2.13. Proces interakce ionizujícího záření a vznik termoluminiscence se v detektoru řídí „elektrokinetickým pásmovým modelem“. V tomto případě sekundární elektrony, které obdržely kinetickou energii od záření gama, nebo beta, přecházejí z valenčního pásma do pásma vodivostního, kde se neudrží a jsou zachyceny některými ze „záchytných pastí“, které v detektoru vznikají v přítomnosti příměsí kovů, např. Mn, Dy apod. Po zahřátí detektoru se z těchto „pastí“ s vyšší potenciální energií elektrony uvolní a přeskočí do „pasti“ s nižší potenciální energií. Tímto přeskokem ztrácejí elektrony část své potenciální energie a ta je vyzařovaná z detektoru ve formě viditelného světla (obvykle modrozeleného). Teplota, při které se světlo uvolňuje, závisí na rozdílu potenciálních energií uvedených „pastí“ a množství vyzářeného luminiscenčního světla úměrné dávce ionizujícího záření.
4.2.14. Zahřívání detektoru se musí provádět postupně, aby byla použita jen část světla z tzv. „Glow křivky“ (obrázek č.12). Zde je nutno vysvětlit pojem „fading“, který odůvodňuje použití jen části „Glow křivky“. Fading se vyskytuje prakticky u všech dozimetrických systémů, ať je tam filmový, ionizační nebo jiný detektor, a znamená pokles signálu - odezvy detektoru s dobou, kdy je ovlivňován teplotou, ovzduším apod. z okolí. U termoluminiscence se jedná o nekontrolovatelný únik světla v období mezi ozářením dávkou a měřením, způsobený teplotou a dodávkou energie z prostředí, zejména u „pastí“ s nízkou potenciální energii, tedy těch, co uvolňují elektrony při teplotě pod 350K.
 Obrázek č.12 - „Glow křivka“
<img width=438 height=238 src="dozimetrie_soubory/image253.jpg">
4.2.15. V praxi se používá zařízení sestávající se z ohřívací části a části měřicí.

Vyzařování světla při narůstající teplotě probíhá podle uvedené Glow křivky a měřící zařízení se zapne a vypne při dosažení určité teploty. Tato měřící oblast je u zařízení nastavitelná a u našeho aluminofosfátového skla je to od 450 do 700K, v případě LiF je to 400 až 550K. V měřené oblasti teplot se integruje počet světelných kvant pomocí fotonásobiče a počítače. Zařízení je nutno kalibrovat známými dávkami a vytvořit obdobně jako u filmového dozimetru dávkovou závislost. Energetickou závislost není nutno dělat s ohledem na její eliminaci filtrem PbSn. Ani směrová závislost s ohledem na tvar dozimetru není podstatná.

Radiofotoluminiscenční dozimetr

4.2.15. V sedmdesátých letech dvacátého století byly pro havarijní dávky vyvinuty radiofotoluminiscenční detektory. Jejich podstatnou výhodou proti TLD je, že centra vzniklá ozářením jsou stabilní a měřením nezmizí, takže se neztrácí celková informace o dávce. Proto se používají i dnes, v případě osobní dozimetrie i pro značně menší dávky. Uvedené vlastnosti mají např. stříbrem aktivovaná fosfátová skla. Pro určení mechanizmu stanovení dávek je možno v principu použít elektrokinetický pásmový model obdobný termoluminiscenci, ale s pevnějšími centry, která posunují absorpční spektrum skla (sklo se ozářením v UV oblasti „zabarvuje“). Po stimulaci ozářeného skla UV světlem dojde k emisi radiofotoluminiscenčního světla, jehož intenzita je úměrná dávce ionizujícího záření. „Vymazání“ odezvy lze provést až teprve delším zahřátím skla nad teplotu 680 K, tedy obdobně jako u termoluminiscence.

Neutronový dozimetr

4.2.17. Jako neutronový dozimetr se u nás používá stopový detektor v pevné fázi (SSTD) v sendviči se štěpitelnými fóliemi z _{<img width=32 height=21 src="dozimetrie_soubory/image254.gif">} a _{<img width=36 height=21 src="dozimetrie_soubory/image255.gif">}. Stopový detektor je pevné dielektrikum, kdy nabité ionty jako protony, alfa částice nebo ionty s vyšším atomovým číslem při průchodu tímto materiálem předávají energii (E) podle dráhy letu (x) atomům tohoto materiálu, ionizují je a vytvářejí stopy. Stopy mají v průměru nanometry a je nutno je leptáním zvětšit tak, aby byly viditelné aspoň pod mikroskopem. Na obrázcích 13-16. jsou zviditelněné stopy ve slídě, ve skle a v triacetátu celulózy. První dva materiály se leptají horkou koncentrovanou kyselinou flourovodíkovou, polymery se leptají horkým koncentrovaným hydroxidem draselným. V naší celostátní službě osobní dozimetrie se jako detektor používá acetobutyrát o tloušťce cca desítky mikronů. Je leptán tak, aby stopy v detektoru vytvořily otvory. Stopy jsou pak počítány tzv. „jiskrovým počítačem“, to znamená, že otvory probíhají jiskry,jejichž počet je úměrný počtu stop.

Vyleptané stopy štěpných fragmentů z _{<img width=32 height=21 src="dozimetrie_soubory/image254.gif">}

<img width=306 height=225 src="dozimetrie_soubory/image256.jpg">

Obrázek č.13 – ve slídě

<img width=289 height=214 src="dozimetrie_soubory/image257.jpg">

Obrázek č.14 – ve skle

<img width=298 height=217 src="dozimetrie_soubory/image258.jpg">

Obrázek č.15 – v triacetátu celulózy

Obrázek č.16 – Neutronový stopový detektor

<img width=214 height=216 src="dozimetrie_soubory/image259.jpg">

Obrázek č.17 – Leptací zařízení

<img width=257 height=181 src="dozimetrie_soubory/image260.jpg">

      Štěpné fragmenty, které vznikají štěpením _{<img width=32 height=21 src="dozimetrie_soubory/image254.gif">} a _{<img width=36 height=21 src="dozimetrie_soubory/image255.gif">}. Počet stop (N) je úměrný dávce od neutronů (d), koncentraci atomů štěpitelného materiálu (c) a

energetickému spektru podle vzorce
_{<img width=101 height=25 src="dozimetrie_soubory/image261.gif">} (4.2.3.1)
     kde „k“ je numerická konstanta a „_{<img width=21 height=25 src="dozimetrie_soubory/image262.gif">}“ je účinný průřez štěpení daného štěpitelného materiálu neutrony daného spektra. Energetické spektrum neutronů je většinou známé a stabilní, takže lze energetickou závislost dozimetru jednou pro vždy kalibrovat. Etalony pro kalibraci dávkové závislosti se leptají zároveň s detektory s neznámou dávkou. Pro počítání stop štěpných fragmentů v detektoru byl sestaven jiskrový počítač. (Literatura 5) Dávka od neutronů se pak vypočítá podle vztahu
_{<img width=103 height=25 src="dozimetrie_soubory/image263.gif">} (4.2.4.1)
     kde „a“ je plocha elektrody jiskrového počítače (Literatura 6)
4.2.19. „Balíček“ detektor + štěpitelné fólie je umístěn v kazetě s Cd filtrem, takže měří pouze rychlé a intermediální neutrony. (Viz obrázky v příloze Ad. 2.18.) Dávku od tepelných neutronů lze stanovit kromě filmového dozimetru také albedo dozimetrem. Tyto dozimetry jsou založeny na principu termoluminiscence lithiumfluoridu. _{<img width=37 height=21 src="dozimetrie_soubory/image264.gif">} detekuje pouze záření gama, _{<img width=37 height=21 src="dozimetrie_soubory/image265.gif">} detekuje záření gama i tepelné neutrony. Při kombinaci s filtrem z Cd lze tímto dozimetrem měřit tepelné neutrony dopadající na člověka, ale i ty, co vycházejí z těla, tj. tak zvané „albedo neutrony“. Ty vznikají moderací rychlých neutronů v lidském těle.
Obrázek č.18 Diferenciální energetické spektrum neutronů
<img width=383 height=271 src="dozimetrie_soubory/image266.jpg">
Ostatní osobní dozimetry používané v praxi
4.2.20. Jako operativní dozimetr se používá termoluminiscenční a nověji i elektronický dozimetr. Operativní termoluminiscenční dozimetrje stejný jako havarijní. Má stejnou plastickou kazeta s Pb filtrem ve tvaru misky s víčkem o tloušťce 0,5 mm. V jaderných elektrárnách se tento dozimetr používá k odhadu dávky pracovníka po každé pracovní směně.
4.2.21. Prstový dozimetr, vyvinutý u nás, sestává se z prstýnku s prohlubní, do níž se vkládá olověná miska, dále z víčka prstýnku, na němž je zevnitř vlepen olověný kotouč, a z termoluminiscenčního detektoru. Plastické prstýnky jsou vyráběny v různých barvách podle průměru obroučky, který činí 18 až 24 mm. Kotouč s miskou tvoří společně válcový Pb filtr o tloušťce 0,3 mm pro eliminaci směrové a energetické závislosti záření gama od cca 75 keV s chybou nepřesahující _{<img width=15 height=16 src="dozimetrie_soubory/image144.gif">}25%. Detektor je stejný jako u havarijního nebo operativního termoluminiscenčního dozimetru, tj. kotouč o průměru 8 mm a tloušťky 1 mm z aluminofosfátového skla. Povrch detektoru je broušen a leštěn, aby propustnost luminiscenčního světla byla co největší.
4.2.22. Jako neutronový havarijní osobní dozimetr lze použít Si diodu s dlouhou bází. Ta má tu výhodu, že není citlivá na záření gama, ale pouze na rychlé neutrony. Při srážce rychlého neutronu s atomem křemíku dochází k vyražení tohoto atomu z jeho pravidelné mřížkové polohy a následně i dalších atomů, takže zde vznikají poruchy, které zvyšují vodivost křemíkové báze. Jako měřicí metody se používá proces zvýšení napětí diody při konstantním proudu. Změna napětí závisí na dávce od neutronů. Používají se diody, které mají dávkovou závislost lineární a energetická závislost nepřesahuje _{<img width=15 height=16 src="dozimetrie_soubory/image144.gif">}20% v oblasti energií 0,3 až 15 MeV. Teplotní závislost při měření je značná a je nutno ji eliminovat měřením při konstantní teplotě, např. umístěním diody do termosky. Fading při pokojové teplotě nepřesahuje za měsíc l5%. Rozsah dávek od rychlých neutronů je cca 0,01 až cca 10 Sv.
Obrázek č.19 Závislost změny napětí na diodě <sub><img width=28 height=19

src="dozimetrie_soubory/image267.gif"></sub>(při 25mA) na fluenci neutronů _{<img width=17 height=16 src="dozimetrie_soubory/image031.gif">}
<img width=509 height=325 src="dozimetrie_soubory/image268.jpg">
Kalibrace a tkáňová ekvivalence
4.2.23. Dozimetry se kalibrují ve vzduchu jako dávka na povrchu těla („d“) nebo ve fantomu (obvykle koule o průměru 300mm). Jako H(10) se označuje osobní dávkový ekvivalent fotonů nebo neutronů kalibrovaný ve fantomu v hloubce 10mm pod povrchem, někdy označovaný jako hluboký. Jako H(0,07) - tzv. mělký - se označuje osobní dávkový ekvivalent záření beta kalibrovaný ve fantomu v hloubce 0,07 mm pod povrchem.
4.2.24. Ideálním osobním dozimetrem (vč. kazety, filtrů atd.) je ten, který má energetickou závislost poměru odezvy dozimetru (I) a dávky ve vzduchu (d) totožnou s energetickou závislostí poměru „H(10)/d“, resp. „H(0,07)/d“. Nazývá se tkáňově ekvivalentním dozimetrem. Jsou to dozimetry, které mají obdobné složení jako tkáň. Pak jsou obdobné také absorpční účinné průřezy fotoefektu; Comptonova efektu, tvorby párů v případě fotonů nebo účinné průřezy jaderných reakci v případě neutronů.To je např. u LiF nebo u detektorů, jejichž rozměr je zanedbatelný proti rozměru tkáně-ekvivalentního obalu, ve smyslu Brag - Grayovy teorie doběhu sekundárních elektronů. (obrázek č.21)
Požadavek na tkáňově ekvivalentní osobní dozimetr, kde _{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image269.gif">} je energetická závislost veličiny v závorce [ ].
_{<img width=187 height=29 src="dozimetrie_soubory/image270.gif">} (4.2.5.1)
_{<img width=129 height=29 src="dozimetrie_soubory/image271.gif">} (4.2.6.1)
4.2.25. Druhá možnost je, že sestava osobního dozimetru pomocí filtrů nebo elektronické úpravy má vhodně nastavenou energetickou závislost. Tomu je přizpůsoben film nebo A1P sklo, oba pod případně děrovaným filtrem PbSn , a také některé typy elektronických dozimetrů.
Obrázek č.20 Energetická závislost ALP skel bez fitru a za Pb filtry různých tlouštěk
<img width=457 height=282 src="dozimetrie_soubory/image272.jpg">
Obrázek č.21 Energetická závislost _{<img width=36 height=21 src="dozimetrie_soubory/image273.gif">} měřená na přístroji Teledyne Isotopes
<img width=396 height=210 src="dozimetrie_soubory/image274.jpg">
4.3. Vnitřní kontaminace
4.3.1. Dostanou-li se radionuklidy do organizmu člověka a jsou-li, jeho orgány i tkáně ozařovány zevnitř, mluvíme o vnitřní kontaminaci. To se děje od nepaměti také přirozenou cestou, např. jídlem s přírodním _{<img width=28 height=20 src="dozimetrie_soubory/image275.gif">} nebo dýcháním radonu z hornin. Dávka vlivem přirozené vnitřní kontaminace činí v průměru asi 1 mSv za rok. K tomu přistupují interní dávky vlivem lidské činnosti, např. z pokusů s jadernými zbraněmi v 50. až 60. letech, z výroby fosforečných hnojiv, z uhelných a jaderných elektráren. Tyto činnosti zatěžují člověka dávkami o 2 až 4 řády nižšími než příroda.
4.3.2. Osobní dozimetrie se však zabývá vnitřním ozářením profesionálních pracovníků. Vnitřní kontaminace ve většině případů vzniká při práci se zdroji, které mohou způsobovat povrchové kontaminace vlastních pracovníků (vč. oděvu) nebo pracovního prostředí (stoly, nářadí, pomůcky, ovzduší) a z nich radionuklidy, podle toho nač jsou vázány, mohou např. jako aerosoly být vdechovány nebo jako roztoky být požity.
4.3.3. Narozdíl od zevního ozáření jsou u vnitřní kontaminace nejnebezpečnější alfa a beta částice, které mají o několik řádů vyšší ionizační schopnost než fotony a neutrony a které v orgánech nejsou odstíněny, např. oděvem, kůží apod. Proto se v osobní dozimetrii stanovuje, kromě aktivity, také typ radionuklidu přijatého

```
    do organizmu a chemická i fyzikální forma jeho molekul nebo adsorbentů. Podle
    toho také radionuklidy procházejí dýchacím nebo zažívacím ústrojím a usazují se
    v některém orgánu nebo tkáni. Izotopovou výměnou tam nahrazují neaktivní
    izotopy a obdobnou formou se také s různou rychlostí vylučují.</p>
  <p><b>4.3.4.</b>   Pro
    ilustraci si uvedeme čtyři radionuklidy <sub><img width=121 height=24
src="dozimetrie_soubory/image276.gif"></sub>, které jsou typické svou depozicí
    v organizmu. Jod se usazuje z více než 90% ve štítné žláze, a proto se přímo
    tam detekuje. Na druhé straně, cesium se deponuje v krevním řečišti, kde
    nahrazuje sodík, a proto se měří v celém těle. Ještě složitější je to s
    tritiem, které jako tritiová voda je rovněž v celém těle a navíc je to
    nízkoenergetický čistý beta zářič. Může se detekovat pouze po vyloučení v moči.
    Stroncium je většinou přijímáno do organizmu jako málo rozpustná sloučenina a
    pouze část se v konečné fázi deponuje v kostech, kde ho nelze dobře detekovat.
    Další část přechází přímo zažívacím traktem do stolice, kde se po chemické
    úpravě měří v rovnováze s <sub><img width=24 height=20
src="dozimetrie_soubory/image277.gif"></sub>.</p>
  <p><b>4.3.5.   </b>Jak
    je zřejmé z uvedených příkladů, musí být na pracovišti, kde se vyskytuje směs
    radionuklidů, celý systém měřicích zařízení pro různé radionuklidy. Tento
    systém obvykle obsahuje:</p>
  <p>     I. Celotělový počítač (CTP) -
    gama spektrometr s polovodičovým detektorem pro měření „in vivo“ ;</p>
  <p>     II. Scintilační spektrometr s
    detektorem NaI(Tl) pro měření „in vivo“ ;</p>
  <p>     III. Spektrometr alfa s
    polovodičovým detektorem pro měření exkretů;</p>
  <p>     IV. Spektrometr gama s
    polovodičovým detektorem pro měření exkretů;</p>
  <p>     V. Kapalinový scintilační měřič
    beta exkretů;</p>
  <p>     VI. Scintilační a proporcionální
    měřič záření beta v exkretech.</p>
  <p>V následující tabulce je uvedeno použití uvedených metod při
    vnitřní kontaminaci některými radionuklidy.</p>
  <p><b>Metody měření vnitřní kontaminace některými radionuklidy</b></p>
  <div align=center>
    <table    width="600"    align=center    border=1    cellspacing=0    cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
      <tr>
        <td width=143 valign=top><p><sub><img width=24 height=20
  src="dozimetrie_soubory/image181.gif"></sub></p></td>
        <td width=143 valign=top><p>beta</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>v moči</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>V</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=143 valign=top><p><sub><img width=25 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image278.gif"></sub></p></td>
        <td width=143 valign=top><p>beta</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>v moči</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>V</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=143 valign=top><p><sub><img width=35 height=21
  src="dozimetrie_soubory/image279.gif"></sub></p></td>
        <td width=143 valign=top><p>Gama, beta</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>in vivo</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>I (IV)</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=143 valign=top><p><sub><img width=25 height=20
  src="dozimetrie_soubory/image280.gif"></sub></p></td>
        <td width=143 valign=top><p>beta</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>ve stolici</p></td>
        <td width=143 valign=top><p>VI</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=143 valign=top><p><sub><img width=36 height=21
```

src="dozimetrie_soubory/image281.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> Gama, beta </td>
      <td width=143 valign=top> in vivo </td>
      <td width=143 valign=top> I (IV) </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> <sub><img width=33 height=21
src="dozimetrie_soubory/image282.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> Gama, beta </td>
      <td width=143 valign=top> in vivo </td>
      <td width=143 valign=top> I (IV) </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> <sub><img width=57 height=24
src="dozimetrie_soubory/image283.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> beta </td>
      <td width=143 valign=top> ve stolici </td>
      <td width=143 valign=top> VI </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> <sub><img width=25 height=20
src="dozimetrie_soubory/image284.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> Gama, beta </td>
      <td width=143 valign=top> in vivo ve št.žláze </td>
      <td width=143 valign=top> II </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> <sub><img width=36 height=21
src="dozimetrie_soubory/image248.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> Gama, beta </td>
      <td width=143 valign=top> in vivo </td>
      <td width=143 valign=top> I (IV) </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> <sub><img width=32 height=21
src="dozimetrie_soubory/image285.gif"></sub> </td>
      <td width=143 valign=top> alfa </td>
      <td width=143 valign=top> ve stolici </td>
      <td width=143 valign=top> III </td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=143 valign=top> Ostatní záříče </td>
      <td width=143 valign=top> gama </td>
      <td width=143 valign=top> in vivo </td>
      <td width=143 valign=top> I </td>
    </tr>
  </table>

4.3.6. Podrobněji k některým zařízením. Celotělový počítač (I), scintilační spektrometr (II), alfa spektrometr (III) a gama spektrometr (IV) se sestávají z těchto částí: detektor, lineární elektronika, analogově - digitální převodník, mnohakanálový analyzátor a vyhodnocovací jednotka, obvykle ve formě osobního počítače. Obdobně, avšak v jednodušší formě, jsou uspořádány i měřiče záření beta (V, VI).

4.3.7. Jako detektory pro gama záření se používají scintilační NaI(Tl) nebo polovodičové s velmi čistého Ge (značené HPGe). Pokud se měří jednotlivé radionuklidy, má větší význam scintilační detektor, který pň větších rozměrech (až stovky mm) má vysokou účinnost. Germaniový detektor je vhodnější pro směs radionuklidů, např. v jaderných elektrárnách, protože má vysokou rozlišovací schopnost pod 2 keV v oblasti energií kolem 1,3 MeV a pod 1 keV v oblasti energií kolem 120 keV. Detektory pro stanovení záření alfa jsou také obvykle polovodičové „Křemíkové detektory s povrchovou bariérou“ nebo „Pasivně implantované planární křemíkové detektory“. Ty jsou uzavřeny ve komůrkách, do nichž se vkládají také měřené vzorky. Tyto komůrky se odvzdušňují na hluboké vakuum, aby absorpce záření alfa byla minimální.

4.3.8. Lineární elektronika umožňuje pomocí HVPS přivést vysoké napětí na scintilační detektor

(až 2 kV), na germaniový detektor až 6 kV nebo pomocí napáječe nízké napětí do 48 V na křemíkový detektor pro záření alfa. Další moduly lineární elektroniky umožňují vyvést a zpracovat signál z detektoru. Předzesilovače jsou dnes již pevnou součástí detektoru a spolu se zesilovačem formují a zesilují analogový signál detektoru tak, aby mohl být převeden na digitální impulz. Zesilování je ve skutečnosti pouze jedna z rolí spektroskopického zesilovače. Dalším úkolem je konverze výstupních signálů předzesilovače na formu potřebnou k dalšímu zpracování. „Schodový“ signál předzesilovače převádí na tzv. „dlouhoocasé“ diferenciální pulzy a upravuje na integrální „Gaussovsko-trojúhelníkové“ signály, oboje pomocí elektronických RC filtrů. Nejzákladnější nastavitelné parametry spektrometrických zesilovačů jsou: ziskový faktor (GAIN FACTOR), doba utvářeni (SHIPING TIME) a další.

4.3.9. Analogově

- digitální převodník generuje z analogového signálu digitální impulz, jehož amplituda je úměrná velikostí vstupního signálu a tudíž energii měřeného ionizujícího záření. Důležitými nastavitelnými charakteristikami tohoto převodníku jsou rozlišení (RESOLUTION), konversní zisk (CONVERSION GAIN), spodní a horní diskriminace (Low Level a Upper Level Discrimination) a „mrtvá doba“ (DEAD TIME), což je doba mezi dvěma impulzy, kdy nelze další signál přijmout. Rozlišení je vlastně velikost „rozdělení“ celého energetického spektra na určitý počet kanálů. Pro Ge detektor je potřeba 16384 kanálů, pro scintilačni nebo Si detektor postačuje 8192 až po 512 kanálů.

4.3.10. Mnohakanálový

analyzátor je srdcem celého systému a má za úkol sbírat data z převodníků, ukládat je do patřičných kanálů, z toho vytvářet a dále zpracovávat spektrum energii ionizujícího záření. Obvykle mívá 16384 ale i 32768 kanálů a mohou být k němu připojeny 2 až 4 převodníky. Nejmodernější analyzátory jsou již vestavěny do osobních počítačů formou desek a převodníky se připojují na jejich porty. Celkové schéma zařízení je na obrázku č.22.

<img width=581 height=211 src="dozimetrie_soubory/image286.jpg">

Obrázek č. 22 - Princip spektrometrického zařízení pro celotělový počítač

4.3.11. Tyto

osobní počítače jsou schopny z naměřeného spektra určit hledané radionuklidy. Jsou programově vybaveny tak, že dovedou vypočítat aktivity radionuklidů deponované v těle nebo přímo v orgánu, jako např. _{<img width=25 height=20 src="dozimetrie_soubory/image284.gif">} ve štítné žláze apod. Stanovení radionuklidů a jejich aktivit jsou nutnými podmínkou pro stanovení osobních dávek, ale nikoliv postačujícími, s ohledem na časovou závislost depozice a exkrece.

4.3.12. Modely výpočtu osobních

dávek jsou konstruovány pro standardní dýchací a zažívací trakt. Dávky se vypočítají z příjmu radionuklidů (označ. I) jednoduchými konverzními faktory, které jsou tabelovány. Jsou uvedeny např. v příloze naší vyhlášky „o radiační ochraně“. Podle toho, zda se jedná o příjem radionuklidů inhalací, nebo ingescí, jsou konverzní faktory v tabulkách označeny jako _{<img width=24 height=24 src="dozimetrie_soubory/image287.gif">}, nebo _{<img width=25 height=25 src="dozimetrie_soubory/image288.gif">}. Jsou uvedeny v jednotkách Sv/Bq. Celková dávka v člověku se pak vypočítá podle vzorec v příloze Ad. 4.12.

Výpočet osobní dávky od zevního a vnitřního ozáření

_{<img width=204 height=27 src="dozimetrie_soubory/image289.gif">} (4.3.1.1)

4.3.13. Nejsložitější

je však prostřední fáze výpočtu, tj. vyhodnocení příjmu z depozice nebo exkrece. Zde záleží na časovém intervalu mezi měřením a příjmem a na způsobu příjmu (jednorázový, nebo chronický). Při pravidelných měřicích termínech a neznámé době příjmu se má za to, že příjem se uskutečnil v polovině měřicího intervalu.

4.3.14. Závislost

množství deponovaného radionuklidu v orgánu, tkáni nebo v těle (označ. „q“) na příjmu (označ. „I“) je exponenciální.

_{<img width=320 height=29 src="dozimetrie_soubory/image290.gif">}(4.3.2.1)

     Konstanta „k“ ve vzorci

je numerická, převodní, konstanta „f“ znamená frakci příjmu radionuklidu, která prochází daným dýchacím nebo zažívacím traktem.

_{<img width=121 height=25 src="dozimetrie_soubory/image291.gif">} (4.3.3.1)

     Konstanta „_{<img width=21 height=25 src="dozimetrie_soubory/image292.gif">}“je efektivní poločas, s jakým se mění depozice a exkrece. Skládá se z poločasu fyzikálního „_{<img width=16 height=24 src="dozimetrie_soubory/image293.gif">}“rozpadu radionuklidu a z poločasu biologického „_{<img width=17 height=24 src="dozimetrie_soubory/image294.gif">}“, který je definován metabolickým a vylučovacím procesem. Pro daný nuklid může být i několik biologických poločasů pro depozice v různých orgánech a pro různou chemickou formu přijímané látky s radionuklidem. Poločasy i konstanty „f“ bývají tabelovány - i v příloze naší vyhlášky.

Kalibrace

4.3.15. Kalibrace zařízení pro měření vnitřní kontaminace je mnohem složitější než u osobních dozimetrů zevního ozáření. Je to tím, že je nutno kalibrovat všechny komponenty jak elektricky, tak dozimetricky. Zde se budeme zabývat pouze dozimetrickou kalibrací, jednak bodovými zdroji, aby byla stanovena měřící linearita, stabilita, účinnost a podobně, a jednak objemovými zdroji podobných geometrií jako měřené objekty. Některé tyto zdroje jsou součástí tzv. „fantomů" a slouží pro kvantitativní kalibraci měřených radionuklidů.

4.3.16. Celotělový počítač s HPGe detektorem se kalibruje několika způsoby:

     - bodovým zdrojem _{<img width=33 height=21 src="dozimetrie_soubory/image282.gif">} ve vzdálenosti 25 cm od přední stěny detektoru se stanovuje jedna z charakteristik tj. relativní účinnost vůči standardnímu scintilačnímu detektoru NaI(Tl) 3*3 palce. Další veličinou charakteristickou zejména pro detektor, je rozlišení (FWHM) při energii fotonů 1,3MeV, které se kalibruje také bodovým zdrojem _{<img width=33 height=21 src="dozimetrie_soubory/image282.gif">} v kontaktu s detektorem.

     - sadou bodových zdrojů o energiích 22 keV až 1,8 MeV umístěných na povrchu detektoru pro stanovení energetické závislosti systému, zobrazené v grafu v příloze Ad. 4.16

Obrázek č. 23 - Energetická závislost detektoru HPGe

<img width=338 height=326 src="dozimetrie_soubory/image295.jpg">

radionuklidem (nebo směsí radionuklidů) s větším rozsahem energií fotonů, např. _{<img width=37 height=21 src="dozimetrie_soubory/image296.gif">}. Tento radionuklid je ve formě roztoku umístěn ve fantomu člověka a slouží ke kvantitativní kalibraci geometrického faktoru při různých polohách měřené osoby (tj. v leže, v sedě, ve stoje).

4.3.17. Měřič jódu ve štítné žláze se kalibruje obdobně fantomem štítné žlázy s _{<img width=25 height=20 src="dozimetrie_soubory/image284.gif">}. Spektrometr gama s HPGe pro měření exkretů se kalibruje jednak také bodovými zdroji a jednak roztokem _{<img width=37 height=21 src="dozimetrie_soubory/image296.gif">} v tzv. Marinelliho nádobě nebo v masťovkách. Ostatní zařízení se kalibrují zářiči ve stejné geometrii, jako se měří vzorky v neznámé aktivitě, např. roztoky v penicilinkách, plochými zářiči v miskách apod.

4.4. Počítačový systém osobní dozimetrie

     Jak bylo řečeno v úvodu těchto přednášek, jsou důležité toky informaci o osobních dávkách. Proto uvedeme návrh zdroje těchto informací a představu o jeho realizaci v JE Temelín.Zdrojem je v osobní dozimetrii systém monitorování zevního ozáření pracovníků a jejich vnitřní kontaminace. Výsledky se zpracovávají trojstupňově, a to zaprvé jako „hrubá data“ přímo z měřicích zařízení ve formě aktivit radionuklidů a odezev detektorů a v druhém stupni vlastním programem osobní dozimetrie do formy příjmů radionuklidů, dávkových úvazků, dávek z jednotlivých dozimetrů. Data z 1. a 2. stupně jednak podléhají v souhlasu s legislativou evidenci a archivaci v JE, jednak jsou zasílána do Celostátního registru profesionálních ozáření (CRPO) a přenášena do Informačního systému elektrárny (ISE). V tomto ISE se uvažuje

vyhodnotit „zbytkové dávky do naplnění limitu“ (někde se uvádí jako dávkový kredit) a jiné potřebné informace pro provoz JE (vč. kolektivních dávek).Kromě výsledků z měřících přístrojů vstupují do tohoto trojstupňového systému informace především personálního rázu, včetně platnosti lékařských prohlídek, výsledků kontroly znalosti radiační ochrany a zpětných informací z provozu JE i z CRPO.Jak je zřejmé z následujícího schématu (obrázek č.24), vyprojektovaná zařízení obsahují:

Obrázek č.24

<img width=436 height=455 src="dozimetrie_soubory/image297.jpg">

I. stupeň

     - celotělový počítač (CTP) pro screening vnitřní kontaminace (VK)

     - lůžko CTP pro scanning VK

     - scintilační spektrometr pro měření jodu ve štítné žláze

     - 2 trasy pro polovodičovou spektrometru gama nuklidů v exkretech

     - 2 trasy pro polovodičovou spektrometrii alfa nuklidů v exkretech

     - zařízení pro měření beta nuklidů v exkretech

     - kapalně scintilační spektrometr tritia

     - systém filmové dozimetrie

     - systém termoluminiscenční prstové dozimetrie

     - systém neutronové dozimetrie

II. stupeň

     V tomto stupni probíhá další zpracování dat, které vychází ze vstupních dat z prvního stupně a z obecně známých (i legislativně) modelů. Tyto modely se během let mění, proto byl použit systém autonomních tuzemských programů. HW osobní dozimetrie se na tomto stupni sestává z počítačové sítě se serverem a koncovými počítači. S tím souvisí uživatelský SW pro vyhodnocení veličin:

     - příjem radionuklidů

     - dávkové úvazky na jednotlivé orgány

     - dávky od zevního ozáření z jednotlivých osobních dozimetrů

     - efektivní dávky

     - ekvivalentní dávky na extremity (např. ruce) na tkáně (kůže) a orgány (oční čočka)

     - dávkový kredit pro informaci pracovníků

     - další evidenční a statistické informace

     Hodnoty uvedené v prvních čtyřech odrážkách jsou podkladem pro vyhodnocení ve III. stupni, dále pro evidenci a archivaci v osobní dozimetrii po dobu danou legislativou, spolu s vyvolanými filmy, změřenými spektry z CTP apod. Poslední dvě odrážky mohou být duplicitní s vyhodnocením ve III. stupni, slouží však ke vzájemné kontrole obou stupňů.

III. stupeň hodnocení radiační bezpečnosti

      Souvisí s činností celoelektrárenské sítě a jejích modulů. Pro potřeby provozu, správy zarizení JE i údržby se vyhodnocují

     - efektivní, ekvivalentní a kolektivní dávky, dávkové úvazky

     - dávkové kredity

     - další informace potřebné např. pro ALARA, pro evidenci a oběh radiačních pomůcek a elektronických dozimetrů a vůbec pro řízení radiační ochrany v JE

     Na druhou stranu zpětně osobní dozimetrie získává informace pro svá hodnocení, např. přechody pracovníků mezi jednotlivými útvary JE, nebo jen mezi činnostmi, nebo zda pracovníci plní legislativní podmínky pro vstup do kontrolovaného pásma (zdravotní a znalostní předpoklady).

```
  <p><b><a name="5"></a>5.STANDARDNÍ CLOVĚK</b></p>
  <p>     V případě hodnocení zevního ozáření člověka stačí k
    standardizaci relativně jednoduchý fantom, pro případ vnitřního ozáření od
    radionuklidů v těle člověka však tomu tak není. Je nutno vytvořit standardního
člověka,
    který je průmětem všech lidí, se standardně velikými a hmotnými orgány a
    tkáněmi. Pokusy o výpočty takového standardního člověka byly zahájeny již od
    roku 1949 a teprve v roce 1975 vydala Mezinárodní komise pro radiační ochranu
    (ICRP) svůj Report č. 23, kde takový standard definuje. Tento Report obsahuje
    tři kapitoly a jednu přílohu. Kapitola 1 popisuje závislosti anatomických
    hodnot na věku člověka (v prenatálním, dětském i dospělém) a na pohlaví.
    Popisuje:</p>
  <p>     I. Tělo jako celek (váha, výška, plocha těla, obsahy
vody, krve, tuku aj.)</p>
  <p>     II. Kůži, vlasy a nehty</p>
  <p>     III. Kosti</p>
  <p>     IV. Lymfatický systém,
    krvetvorbu, slezinu apod.</p>
  <p>     V. Kosterní svaly</p>
  <p>     VI. Kardiovaskulární systém
    (srdce, krevní řečiště)</p>
  <p>     VII. Zažívací ústrojí (např.
    ústa, žaludek, játra, žlučník, střeva)</p>
  <p>     VIII. Dýchací ústrojí (např. nos,
    hrtan, průdušnici, průdušky, plíce) </p>
  <p>     IX. Vylučovací a pohlavní ústrojí
    (např. ledviny, varlata, vaječníky)</p>
  <p>     X. Štítnou a jiné žlázy</p>
  <p>     XI. Centrální nervový systém
    (mozek, mícha)</p>
  <p>     XII. Oči, sluchové ústrojí aj.</p>
  <p>     V  tabulce  jsou  uvedeny  standardní  hodnoty  pro  ty
orgány a
    tkáně dospělého muže (některé jsou shodné i pro ženy, jiné jsou u žen o 10 až
    20% nižší), které jsou potřebné pro stanovení vnitřního ozáření. V kapitole 2
    jsou popsány standardní hodnoty některých i minimálních elementů těla jako
    vody, tuku, proteinů, ale i jednotlivých prvků periodické soustavy ve skladbě
    těla. Obsahy těchto prvků jsou uvedeny v další tabulce. V kapitole 3 jsou
    popsána fyziologická data pro standardního člověka - některá z nich viz
    poslední této kapitoly.</p>
  <p>     V příloze Reportu jsou uvedeny „Specifické absorpční
frakce“
    (<i>f</i> - v následujícím vzorci) pro různé, z hlediska radiační ochrany
    důležité, orgány a tkáně a pro různé energie fotonů od 10 keV do 4 MeV.</p>
  <p align=center style='text-align:center'><b>Tabulka
    anatomických hodnot standardního člověka</b></p>
  <div align=center>
    <table    width="600"    align=center    border=1    cellspacing=0    cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
      <tr>
        <td><p>I.      Tělo hmotnost (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>70</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>        Výška (m)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>1,7</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>        Povrch (m&sup2;)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>1,8</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>        Obsah vody (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>4,2</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>        Obsah krve (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>5,5</p></td>
      </tr>
```

```
<tr>
  <td><p>        Obsah tuku (kg)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>13,5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>II.    Kůže tloušťka (mm) z toho epidermis</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>1,3    0,07</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Hmotnost (kg)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>2,6</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Vlasy hmotnost (g)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>20</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Nehty hmotnost (g)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>8</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>III.   Kostra hmotnost celkem (kg), z toho červená
      kostní dřeň</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>10   1,5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>IV.   Slezina hmotnost (g)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>180</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Lymfatické žlázy hmotnost celkem (kg)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>1,5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>V.    Kosterní svalstvo hmotnost (kg)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>28</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>VI.   Srdce hmotnost bez krve (g)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>330</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Tepny objem (dm&sup3;)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>1</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>        Žíly objem (dm&sup3;)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>3,2</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>VII.  Jazyk hmotnost (g)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>70</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>         Žaludek hmotnost (g) </p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>150</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>         Tenké střevo délka (m)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>         Horní tlusté střevo délka (m)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>0,75</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>         Dolní tlusté střevo délka (m)</p></td>
  <td><p align=center style='text-align:center'>0,85</p></td>
</tr>
```

```
      <tr>
        <td><p>         Játra hmotnost (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>1,8</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>         Slinivka hmotnost (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>100</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>VIII. Hrtan a průdušnice hmotnost (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>28 a 10</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>          Průdušky průdušinky hmotnost (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>30</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>          Plíce hmotnost s krví a bez krve (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>1 a 0,44</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>IX.    Ledviny hmotnost obou (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>310</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>         Močoví měchýř kapacita (dm&sup3;) a hmotnost (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>0,5 a 45</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>         Varlata (nebo vaječníky) hmotnost obou (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>35 (nebo 11)</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>X.      Štítná žláza hmotnost (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>20</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>XI.    Mozek hmotnost (kg)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>1,4</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>         Mícha hmotnost (g) a délka (m)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>30 a 0,45</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>XII.  Oči hmotnost obou (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>15</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td><p>         Oční čočka tloušťka (mm) a hmotnost (g)</p></td>
        <td><p align=center style='text-align:center'>4 a 0,4</p></td>
      </tr>
    </table>
  </div>
  <p align=center style='text-align:center'><b>Obsah prvků v těle
    standardního člověka</b></p>
  <div align=center>
    <table    width="600"    align=center    border=1    cellspacing=0    cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Prvek</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>Hmotnost (g)</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Prvek</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>Hmotnost (µg)</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Kyslík</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>43000</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Olovo</p></td>
```

```
  <td width=121 nowrap valign=top><p>120000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Uhlík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>16000</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Měď</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>120000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Vodík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>7000</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Hliník</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>72000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Dusík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>1800</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Kadmium</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>61000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Vápník</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>1000</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Bor</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>&lt;48000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Fosfor</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>780</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Barium</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>22000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Síra</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>140</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Cín</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>&lt;17000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Draslík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>140</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Jod</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>13000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Sodík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>100</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Mangan</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>12000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Chlor</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>95</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Nikl</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>10000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Hořčík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>19</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Zlato</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>&lt;10000</p></td>
</tr>
<tr>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Křemík</p></td>
  <td width=105 nowrap valign=top><p>18</p></td>
  <td width=64 nowrap valign=top><p>Molybden</p></td>
  <td width=121 nowrap valign=top><p>&lt;9300</p></td>
</tr>
<tr>
```

```
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Železo</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>4,2</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Chrom</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>&lt;1800</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Fluor</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>2,6</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Cesium</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>1500</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Zinek</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>2,3</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Kobalt</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>1500</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Rubidium</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>0,32</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Uran</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>90</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Stroncium</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>0,32</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Berylium</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>36</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Brom</p></td>
        <td width=105 nowrap valign=top><p>0,2</p></td>
        <td width=64 nowrap valign=top><p>Radium</p></td>
        <td width=121 nowrap valign=top><p>0,00003</p></td>
      </tr>
    </table>
  </div>
  <p align=center style='text-align:center'><b>Fyziologická data
    standardního člověka</b></p>
  <table     width="600"     align=center     border=1     cellspacing=0     cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>I. Energetika     výdej energie (kcal/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3000</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>                           Metabolický  výkon  (cal/min-
kg
          váhy)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>17</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>II.  Respirační  standardy  celková  kapacita  plic
(dm&sup3;)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>5,6</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                                        příjem vzduchu
          (m&sup3;/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>23</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td   width=485   valign=top><p>                                          inhalace
kyslíku
          (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>920</p></td>
    </tr>
    <tr>
```

```
      <td    width=485    valign=top><p>                                          exhalace
<sub><img
  width=31 height=24 src="dozimetrie_soubory/image298.gif"></sub> (g/d) </p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>1000</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>III. Příjem potravy   voda (dm&sup3;/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                                  uhlík (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>300</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                                  vodík (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>350</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                                  dusík (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>16</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                                  kyslík (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>2600</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>IV. Vylučování stolice hmotnost (g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>135</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=485 valign=top><p>                          moč objem(dm&sup3;) a měrná
          hmotnost (kg/dm&sup3;)</p></td>
      <td   width=156   valign=top><p   align=center   style='text-align:center'>1,4   a
1,02</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>                            kyslík   stolice   a   moč
(g/d)</p></td>
      <td   width=156   valign=top><p   align=center   style='text-align:center'>100   a
1300</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>                            vodík   stolice   a   moč
(g/d)</p></td>
      <td   width=156   valign=top><p   align=center   style='text-align:center'>13   a
100</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>                            uhlík   stolice   a   moč
(g/d)</p></td>
      <td width=156 valign=top><p align=center style='text-align:center'>7 a 5</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td  width=485  valign=top><p>                            dusík   stolice   a   moč
(g/d)</p></td>
      <td   width=156   valign=top><p   align=center   style='text-align:center'>1,5   a
15</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=641 colspan=2 valign=top><p>V. Bilance prvků v těle</p>
        <p>Ag, Al, As, Ba, Be, B, Br, C, Ca, Cd, Cl, Co, Cs, Cu, F,
          Fe, Ge, H, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Mo, N, Na, Nb, Ni, O, P, Pb, Po, Ra, Rb, S,
          Sb, Se, Si, Sn, Sr, Te, Th, Ti, Tl, U, V, Zn, Zr </p></td>
    </tr>
  </table>
  <p><b>Frakce (f) energie fotonů € pro různé orgány a tkáně </b>(jako
    terčů T) při ozáření z depozice radionuklidů (U) v orgánech a tkáních
    (jako zdrojů IZ S) – kde „<i>D</i>“ je dávka a „<i>k</i>“ je numerická
    konstanta.</p>
```

_{<img width=180 height=27 src="dozimetrie_soubory/image299.gif">} (5.1.1)
6. KONTAMINACE A ODPADY
6.1. Povrchová kontaminace
     Povrchová kontaminace je zachycení nebo uložení radioaktivních látek na površích materiálů. Vztahuje se k ní několik pojmů:
     a) Kontaminovatelnost je vlastnost povrchu vázat radionuklidy fyzikálními nebo chemickými mechanizmy (adheze, adsorpce, iontová výměna apod.). Snadno se kontaminují materiály porézní, smáčivé, nerovné, znečištěné. Už v počátcích rozvoje chemie radioaktivních látek (radiochemii) se zjistilo, že se tyto látky chovají jinak než látky chemicky identické, avšak neradioaktivní a přítomné v běžných koncentracích. Brzy se dokázalo, že tato příčina tkví ve velmi nízké koncentraci i množství radionuklidů. Radionuklidy mohou mít i v roztoku různou formu, tj. jako ionty, molekuly nebo koloidy. Pak se také různě vážou na povrchu materiálu. Kontaminovatelnost je definována jako poměr aktivity na povrchu materiálu ku kontaminujícímu množství. Je charakterizována pevností vazby mezi radionuklidem („kontaminantem“) a povrchem materiálu a dále kapacitou povrchu pro daný kontaminant. Podle druhu kontaminatu je takto definován koeficient kontaminace (kapalný kontaminant) nebo koeficient adheze (tuhý kontaminant)
     b) Opačným jevem je dekontaminovatelnost charakterizovaná mimo jiné i Tomkinsovým dekontaminačním indexem
_{<img width=124 height=27 src="dozimetrie_soubory/image300.gif">} (7.1.1)
kde:
     _{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image301.gif">} je počáteční aktivita kontaminovaného povrchu
     _{<img width=20 height=24 src="dozimetrie_soubory/image302.gif">} je aktivita po dekontaminaci
     Obdobně jako u kontaminace se u dekontaminace dělí metody jednak za sucha a jednak za mokra (dekontaminační roztoky v polárních nebo nepolárních rozpouštědlech). S ohledem na nízké koncentrace a množství radionuklidů a jejich, jak bylo uvedeno, „zvláštní chování“ je v radiochemii a zejména při dekontaminaci zavedeno používání tzv. nosičů. tj. použití většího množství neradioaktivního nuklidu stejného prvku (nosič izotopní), nebo prvku chemicky podobného (nosič neizotopní), v obou případech však stejné chemické formy jako radionuklid. Povrchová kontaminace se zjišťuje dvěma způsoby. Buď přímým měřením, což je rychlé a jednoduché, anebo otěrovými zkouškami s rozlišením, jak snadno lze aktivitu z povrchu odstranit. Po zjištění aktivity na jednotku plochy se tato hodnota porovná se „Směrnými hodnotami povrchové aktivit~pro radioaktivní kontaminaci“ pro různé třídy radionuklidů. Rozdělení radionuklidů do těchto tříd je uvedeno v tabulce 2, přílohy č. 2 k Vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb.
     Směrné hodnoty povrchové aktivity pro radiaktivní kontaminaci (kBq/m²)
<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
<tr>
<td width=256 valign=top> </td>
<td width=358 colspan=4 valign=top> Třída radionuklidů </td>
</tr>
<tr>
<td width=256 valign=top> Posuzované místo znečištění </td>
<td width=96 valign=top> 1 </td>
<td width=108 valign=top> 2 </td>
<td width=72 valign=top> 3 </td>
<td width=81 valign=top> 4 </td>
</tr>
<tr>
<td width=256 valign=top> Povrchy podlah, stěn, stropů, nábytku, zařízení aj.v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými zářiči.Vnější povrchy ochranného a provozního zařízení, osobních ochranných prostředků </td>
<td width=96 valign=top> 30 </td>

```
      <td width=108 valign=top><p align=center style='text-align:center'>300</p></td>
      <td width=72 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3000</p></td>
      <td width=81 valign=top><p align=center style='text-align:center'>30000</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=256 valign=top><p>Povrch těla a vnitřní povrchy osobních ochranných
prostředků.
          Pracovní povrchy mimo kontrolované pásmo</p></td>
      <td width=96 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3</p></td>
      <td width=108 valign=top><p align=center style='text-align:center'>30</p></td>
      <td width=72 valign=top><p align=center style='text-align:center'>300</p></td>
      <td width=81 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3000</p></td>
    </tr>
  </table>
  <p>     Při kontaminaci vzniká radioaktivní odpad a tvoří ho
    především kontaminované předměty, které nebylo možno z hlediska technického
    nebo ekonomického dekontaminovat, a dále také dekontaminační prostředky.</p>
  <p><b><a name="6.2"></a>6.2. Radioaktivní odpady z hlediska radiační ochrany</b></p>
  <p>     Při práci se zdroji ionizujícího záření - především v
    jaderných elektrárnách - vznikají radioaktivní látky, případně, jak bylo
    řečeno, kontaminované materiály, které nelze dále využít, ani je nelze uvést do
    životního prostředí. Takovým látkám říkáme radioaktivní odpady. Z hlediska
    radiační ochrany je nutno na tyto odpady pohlížet jako na zářiče, a tak se k
    ním chovat při manipulaci s nimi, jejich uskladňování a likvidaci. Radioaktivní
    odpady dělíme podle jejich fyzikálního stavu na: plynné, kapalné a pevné a
    podle jejich aktivity na: vysoko, středně a nízko aktivní. V jaderných
    elektrárnách se vyskytují všechny druhy radioaktivních odpadů:</p>
  <p>     a) Plynné odpady (plyny i aerosoly) jsou většinou
    zachycovány na speciálních adsorbentech a přeměňují se tak na odpady kapalné
    nebo pevné. Adsorpce i aktivita adsorbentů jsou dozimetricky monitorovány ve
    vzduchotechnických systémech elektrárny před a za adsorbentem, někdy i v
    laboratořích. Část radioaktivních plynů je vypouštěna do ovzduší
    prostřednictvím zpožďovacích linek, v nichž se radionuklidy rozpadnou tak, aby
    splňovaly přísné limity výpustí do životního prostředí.</p>
  <p>     b) Kapalnými odpady jsou především, co do množství,
měniče
    iontů (kterými se kontinuálně čistí chladivo) i jiné sorbenty, kaly a
    destilační zbytky a dále dekontaminační roztoky, odpady z aktivních prádelen
    spod. Koncepce jejich zneškodňování je jednoduchá. Kapalné odpady musí být
    zkoncentrovánu (zmenšení objemu), zpevněny a uloženu na úložiště. Zpevnění se u
    nás provádí bitumenací. Kapalné odpady se do bitumenu přidávají v takovém
    množství, aby při umístění do kovových sudů o obsahu 200 litrů nepřesáhly
    limity dávek na povrchu těchto sudů. Hodnoty dávek i případná povrchová
    kontaminace na povrchu jsou při zpracování odpadů kontinuálně monitorovány.</p>
  <p>Ve světě se používají i jiné metody zpevňování, jako jsou: </p>
  <p>     - cementace (ukládání do betonu),</p>
  <p>     - kalcinace (zpevňování např. na prášek odstraněním
vody a
    tabletování),</p>
  <p>      - vitrifikace (ukládání do skla) aj.</p>
  <p>     c) Pevné odpady jsou především kontaminované ochranné
    pomůcky, nářadí, laboratorní sklo anebo kovové, plastické, dřevěné a jiné
    předměty. Koncepce zneškodnění je ve snížení jejich objemů a uložení jako
    středně a nízko aktivních odpadů (obdobně jako zpevněné kapalné odpady). Pevné
    odpady se dělí na spalitelné a nespalitelné nebo na lisovatelné a nelisovatelné
    a podle toho se také zpracovávají (spalováním, lisováním, fragmentací apod.).
    Jejich aktivita a dávkový příkon se monitoruje během procesu zpracováni i před
    konečným uložením. Za odpady nejsou považovány ty pevné materiály, látky a
    předměty, obsahující radionuklidy nebo jimi kontaminované, které nepřekročují
    tzv. „uvolňovací úrovně“ a mohou se uvádět do životního prostředí bez
    předchozího souhlasu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. V následující
    tabulce jsou uvedeny Uvolňovací úrovně pro různé třídy radionuklidů (vyjmenované
    v tabulce 2 přílohy č. 2 k Vyhlášce SÚJB č. 307/2002Sb).</p>
  <div align=center>
    <table    width="600"    align=center    border=1    cellspacing=0    cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
      <tr>
        <td width=305 valign=top> </td>
```

```
        <td    width=204    colspan=4    valign=top><p    align=center    style='text-
align:center'>Třída radionuklidů</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=305 valign=top><p>Posuzovaná radioaktivita</p></td>
        <td width=48 valign=top><p align=center style='text-align:center'>1</p></td>
        <td width=33 valign=top><p align=center style='text-align:center'>2</p></td>
        <td width=66 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3</p></td>
        <td width=56 valign=top><p align=center style='text-align:center'>4</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=305 valign=top> </td>
        <td    width=204    colspan=4    valign=top><p    align=center    style='text-
align:center'>Uvolňovací úrovně hmotnostní
            aktivity (kBq/kg)</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td  width=305  valign=top><p>Materiály,  pevné  látky  a  předměty  vynášené  z
pracovišť se
            zdroji   ionizujícího   záření   nebo   jinak   uváděné   do   životního
prostředí</p></td>
        <td width=48 valign=top><p align=center style='text-align:center'>0,3</p></td>
        <td width=33 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3</p></td>
        <td width=66 valign=top><p align=center style='text-align:center'>30</p></td>
        <td width=56 valign=top><p align=center style='text-align:center'>300</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td width=305 valign=top> </td>
        <td    width=204    colspan=4    valign=top><p    align=center    style='text-
align:center'>Uvolňovací úrovně
            plošné aktivity (kBq /m&sup2;)</p></td>
      </tr>
      <tr>
        <td   width=305   valign=top><p>Povrchy   materiálů   a   předmětů   vynášených
z pracovišť se
            zdroji   ionizujícího   záření   nebo   jinak   uváděných   do   životního
prostředí</p></td>
        <td width=48 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3</p></td>
        <td width=33 valign=top><p align=center style='text-align:center'>30</p></td>
        <td width=66 valign=top><p align=center style='text-align:center'>300</p></td>
        <td width=56 valign=top><p align=center style='text-align:center'>3000</p></td>
      </tr>
    </table>
  </div>
  <p>     d)  Speciálním,  a  to  vysoceaktivním  odpadem  je
vyhořelé
    palivo. Klasifikace vysoceaktivních odpadů je dána spodní hranicí měrné
    aktivity řádově <sub><img width=28 height=21
src="dozimetrie_soubory/image303.gif"></sub> Bq/m&sup3;. Zneškodňování
    vyhořelého paliva je u nás trojstupňové. Tento proces je zejména zpočátku
    charakterizován velkým vývinem tepla, a proto v prvním stupni je palivo vloženo
    do „bazénu vyhořelého paliva“ vedle jaderného reaktoru, kde se chladí a kde za
    dobu uložení (3 až 5 let) dojde ke snížení aktivity o několik řádů rozpadem
    radionuklidů s krátkým poločasem. Druhým stupněm je umístění vyhořelého paliva
    ve speciálních kontejnerech do „meziskladu vyhořelého paliva“ na dobu 10 až 15
    let, než se uloží do trvalého úložiště, nebo se přepracuje (třetí stupeň).</p>
  <p><b><a name="7"></a>7. OTÁZKY KE ZKOUŠKÁM</b></p>
  <p>     1. Čím se zabývá dozimetrie</p>
  <p>     2.  Aktivní  a  pasivní  ochrana  před  ionizujícím
zářením</p>
  <p>     3. Předpony veličin</p>
  <p>     4. Tok částic</p>
  <p>     5. Fluence částic</p>
  <p>     6. Příkon fluence a hustota toku částic</p>
  <p>     7. Účinný průřez</p>
  <p>     8. Lineární a hmotnostní součinitel zeslabení</p>
  <p>     9. Rozdíl mezi dávkou a kermou</p>
  <p>     10. K čemu se využívá kermová konstanta gama</p>
```

     11. Metoda bodových elementů při výpočtu stínění
     12. Vzrůstový faktor
     13. Definice polovrstvy
     14. Které nebodové zdroje jsou známy
     15. Které standardní tvary se modelují při výrobě objemových zdrojů ionizujícího záření
     16. Materiály používané pro konstrukci stínění záření gama
     17. Problémy spojené s návrhem stínění
     18. Které metody se používají při absolutním měření aktivit
     19. Které korekce se používají při absolutním počítání částic (počítače s vymezeným prostorovým úhlem)
     20. Které korekční faktory odpadají u měřičů aktivity s geometrií _{<img width=24 height=19 src="dozimetrie_soubory/image304.gif">}
     21. Co jsou to interní měřiče aktivity a čeho využívají
     22. Čeho využívá koincidenční metoda měření aktivity
     23. Jak se liší elektrostatická a iontometrická metoda měření aktivity
     24. Jak se stanovuje aktivita kalometrickou metodou
     25. Jaké chemické dozimetry se používají ke stanovení aktivity zdrojů
     26. Co říká Bragg - Grayův princip a jaké jsou jeho podmínky
     27. Jak se stanovuje, nebo omezuje vliv pozadí při měření
     28. Co je osobní dozimetrie a jakou má historii
     29. Co je zevní ozáření člověka
     30. Z čeho se skládá filmový dozimetr
     31. Jaký je princip interakce ionizujícího záření s dozimetrickým filmem a jak je tento zpracováván
     32. Co je optická hustota, čím se měří a čím kalibruje
     33. Jaké závislosti je nutno korigovat nebo eliminovat ve filmové dozimetrii
     34. Z čeho se sestává termoluminiscenční dozimetr
     35. Jaký je princip interakce a vznik termoluminiscence (model)
     36. Co je to „Glow křivka“ a co „fading“
     37. Princip radifotoluminiscenčního dozimetru
     38. Jaký se u nás používá neutronový dozimetr a z čeho sestává
     39. Jaký je princip interakce neutronů s neutronovým dozimetrem na bázi stopových detektorů v pevné fázi
     40. Jak se zviditelňuji a měří stopy od neutronů ve stopových detektorech v pevné fázi
     41. Jaké osobní dozimetry se u nás používají
     42. Co je to tkáňově ekvivalentní osobní dozimetr
     43. Co je to vnitřní kontaminace osob a čím je nebezpečná
     44. Jaký je systém monitorování vnitřní kontaminace osob v jaderné elektrárně
     45. Jaké detektory se používají ke stanovení vnitřní kontaminace osob
     46. Co je to lineární elektronika u spektrometrie gama

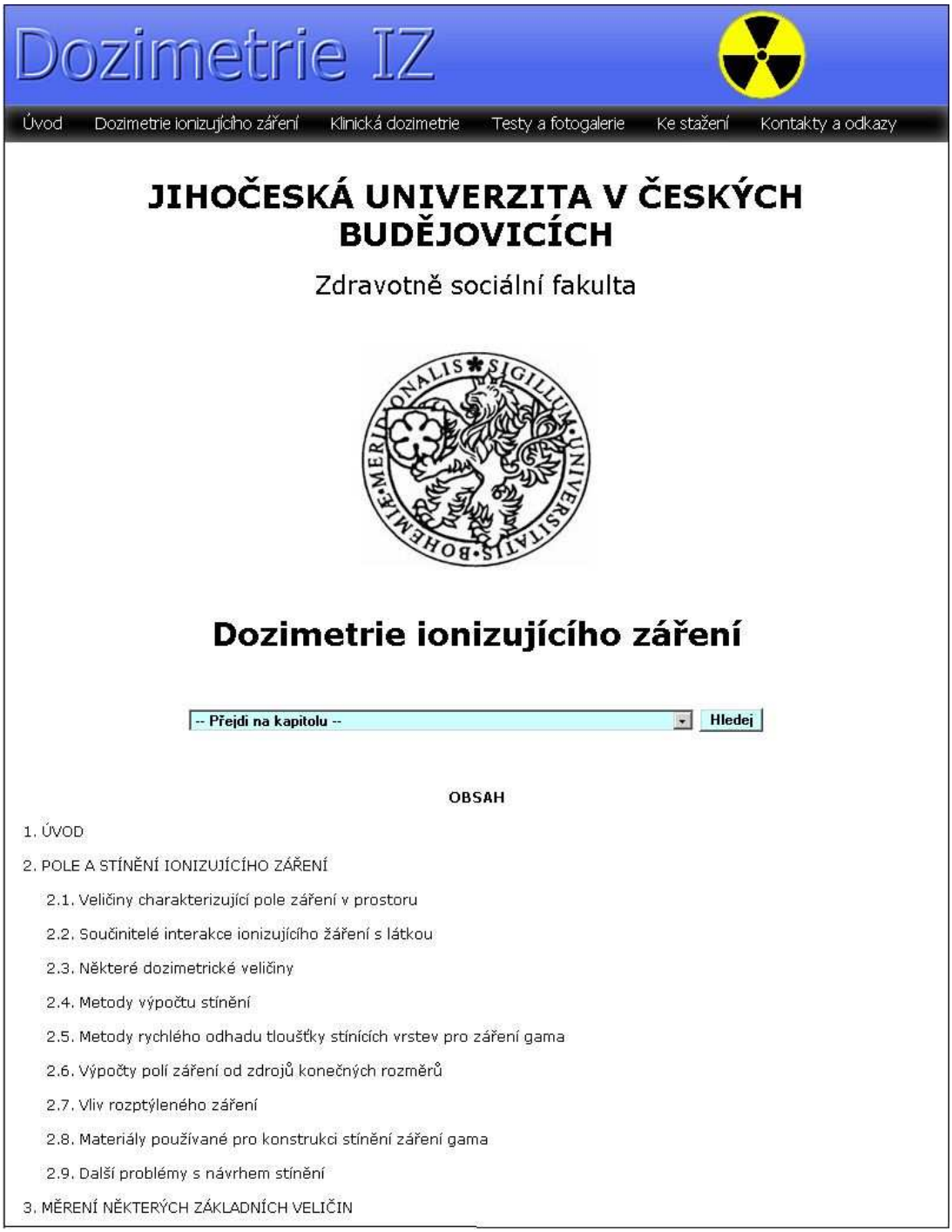
záření
     47. Jak se převádějí analogové signály na aktivitu radionuklidů u spektrometrie gama záření
     48. Jak se vypočítá osobní dávka zevního a vnitřního ozáření
     49. Čím a jak se kalibruje celotělový počítač
     50. Co a v jakém stupni stanovuje a zpracovává osobní dávky počítačový systém v Jaderné elektrárně Temelín
     51. Co znamená tzv. „Dávkový kredit“ v JE Temelín
     52. Co je to standardní člověk v radiační ochraně
     53. Jakou má výšku a hmotnost standardní člověk v radiační ochraně
     54. Kterých 10 chemických prvků nejvíce obsahuje lidské tělo
     55. Co je to kontaminovatelnost
     56. Jak je definován dekontaminační index
     57. Jaké jsou „Směrné hodnoty povrchové aktivity pro radioaktivní kontaminaci“ a k čemu slouží
     58. Jak dělíme radioaktivní odpady z hlediska radiační ochrany
     59. Jak zneškodňujeme plynné a jak kapalné radioaktivní odpady
     60. Jak zneškodňujeme pevné odpady a co jsou to „Uvolňovací úrovně"

8. LITERATURA
     1. Singer, J., Heřmanská, J.: Principy radiační ochrany, skripta ZSF JCT, České Budějovice, 2004
     2. Singer, J., Konečný, J.: Informační toky dávek pracovníků JE Temelín, referát XX. radiohygienické dny, 1996
     3. Bučina, L: Veličiny a jednotky v dozimetrii, ILF Praha, 1982
     4. Musílek, L.: Ochrana před zářením, ČVUT Praha, 1989
     5. Singer, J., Trousil, J., Vacek, R.: Radioizotopy, 1977, č. 1, str. 103
     6. Singer, J., Trousil, J., Vacek, R., Kokta, L.: Některé problémy měření dávek neutronů různých energií, Radioizotopy, 1978, č. 1, str.133

© 2007   Štěpán Leština   <img SRC="images/mail.gif" height=10 width=14 border="0" alt="e-mail">

</body>
</html>

6.5 Finální úprava stránky „Dozimetrie ionizujícího záření“



Obrázek č.5 Finální úprava stránky „Dozimetrie ionizujícího záření“ [18]

6.6 Zdojový kód stránky „Klinická dozimetrie“

```
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
  <div id="wrap">
    <div id="header"><img src="images/main_header.jpg" alt="Your site" /></div>
    <div id="nav">
     
  <a href="index.htm" class="navlink" >Úvod</a>      
  <a href="dozimetrie.htm" class="navlink" >Dozimetrie ionizujícího
záření</a>      
  <a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická
dozimetrie</a>      
  <a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a
fotogalerie</a>      
  <a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke
stažení</a>      
  <a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a
odkazy</a>      
    </div>

    <div id="lconti">

<br><br>

  <p align=center style='text-align:center'><b><span
style='font-size:20.0pt'>JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH</span></b></p>
  <p align=center style='text-align:center'><span
style='font-size:16.0pt'>Zdravotně sociální fakulta</span></p><br><br>
  <p align=center style='text-align:center'><img width=197
height=184 src="klinicka_soubory/image001.jpg"></p><br><br>
  <p align=center><b><span style='font-size:20.0pt'>Klinická
dozimetrie</span></b></p><br><br>



<center>
<FORM name="formular">
<SELECT name="odkazy" style="font size: 12px; font style: bold; background-
color:#ccffff">
```

```
<OPTION SELECTED>-- Přejdi na kapitolu --</OPTION><OPTION
value="#obsah">Obsah</OPTION><OPTION value="#1">1. Definice klinické
dozimetrie</OPTION><OPTION value="#2">2. Radioterapie</OPTION><OPTION value="#2.1">2.1
Historie</OPTION><OPTION value="#2.2">2.2 Mezinárodní systém měření v oboru
metrologie</OPTION><OPTION value="#2.3">2.3 Standardy absorbované dávky ve
vodě</OPTION><OPTION value="#2.4">2.4 Formalismus stanovení kalibračního faktoru abs.
dávky ve vodě</OPTION><OPTION value="#2.5">2.5 Oprava na kvalitu svazku záření
</OPTION><OPTION value="#2.6">2.6 Uvedení do praxe</OPTION><OPTION value="#2.7">2.7
Přístrojové vybavení</OPTION><OPTION value="#2.8">2.8 Kalibrace ionizačních
komor</OPTION>
<OPTION value="#2.9">2.9 Referenční dozimetrie v uživatelském svazku</OPTION><OPTION
value="#2.10">2.10 Doporučení pro svazky</OPTION><OPTION value="#2.11">2.11 Porovnání
provozních ionizačních komor - křížová kalibrace
</OPTION><OPTION value="#2.12">2.12 Měření za jiných podmínek než
referenčních</OPTION><OPTION value="#2.13">2.13 Odhad nejistoty stanovení absorbované
dávky ve vodě za referenčních podmínek
</OPTION><OPTION value="#3">3. Systém zabezpečování jakosti</OPTION><OPTION
value="#3.1">3.1 Základní pojmy</OPTION><OPTION value="#3.2">3.2 Principy systému
jakosti v radiační ochraně</OPTION><OPTION value="#3.3">3.3 Program zabezpečení
jakosti</OPTION><OPTION value="#3.4">3.4 Pravomoci a odpovědnosti</OPTION><OPTION
value="#3.5">3.5 Popis systému jakosti</OPTION><OPTION value="#4">4. Zabezpečování
jakosti v radioterapii</OPTION><OPTION value="#4.1">4.1 Co je zabezpečování
jakosti</OPTION><OPTION value="#4.2">4.2 Kontrola a programy zabezpečování
jakosti</OPTION><OPTION value="#4.3">4.3 Systémy zabezpečování</OPTION><OPTION
value="#4.4">4.4 Kontrola jakosti v radioterapii</OPTION>
<OPTION value="#5">5. Zabezpečování jakosti v nukleární medicíně</OPTION><OPTION
value="#5.1">5.1 Zařízení</OPTION><OPTION value="#5.2">5.2 Příprava řízení jakosti
radiofarmak</OPTION><OPTION value="#6">6. Program zabezpečení jakosti pro práce se
zdroji IZ v radiodiagnostice</OPTION><OPTION value="#6.1">6.1 Popis systému jakosti
(osnova) a seznam navazující dokumentace</OPTION><OPTION value="#6.2">6.2 Identifikace
položek důležitých z hlediska radiační ochrany</OPTION><OPTION value="#6.3">6.3 Popis
systému</OPTION><OPTION value="#7">7. Literatura</OPTION><OPTION value="#8">8. Otázky ke
zkoušce
</SELECT>
<INPUT type="button" style="font size: 12px; font style: bold; background-color:#ccffff"
name="prechod" value="Hledej"
onClick="window.location=document.formular.odkazy.options[document.formular.odkazy.selec
tedIndex].value">
</FORM>
</center>



<br><br>

  <p align=center style='text-align:center'><a name="obsah"></a><b>OBSAH</b></p>
```

```
  <p>1. DEFINICE KLINICKÉ DOZIMETRIE</p>
  <p>2. RADIOTERAPIE</p>
  <p>     2.1. Historie</p>
  <p>     2.2. Mezinárodní systém měření v
    oboru metrologie IZ</p>
  <p>     2.3. Standardy absorbované dávky
    ve vodě</p>
  <p>     2.4. Formalismus stanovení
    kalibračního faktoru absorbované dávky ve vodě</p>
  <p>     2.5. Oprava na kvalitu svazku záření</p>
  <p>     2.6. Uvedení do praxe</p>
  <p>     2.7. Přístrojové vybavení</p>
  <p>     2.8. Kalibrace ionizačních komor</p>
  <p>     2.9. Referenční dozimetrie v
    uživatelském svazku </p>
  <p>     2.10. Doporučení pro svazky <sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub> </p>
  <p>     2.11. Porovnání provozních
    ionizačních komor - křížová kalibrace</p>
  <p>     2.12. Měření za jiných podmínek
    než referenčních</p>
  <p>     2.13. Odhad nejistoty stanovení
    abs. dávky ve vodě za referenčních podmínek</p>
  <p>3. SYSTÉM ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI</p>
  <p>     3.1. Základní pojmy</p>
  <p>     3.2. Principy systému jakosti v
    radiační ochraně</p>
  <p>     3.3. Program zabezpečení jakosti</p>
  <p>     3.4. Pravomoci a odpovědnosti</p>
  <p>     3.5. Popis systému jakosti</p>
  <p>4. ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI V RADIOTERAPII</p>
  <p>     4.1. Co je zabezpečování jakosti</p>
  <p>     4.2. Kontrola a programy
    zabezpečování jakosti</p>
  <p>     4.3. Systémy zabezpečování</p>
  <p>     4.4. Kontrola jakosti v radioterapii</p>
  <p>5. ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ</p>
  <p>     5.1. Zařízení</p>
  <p>     5.2. Příprava řízení jakosti
    radiofarmak</p>
  <p>6. PROGRAM ZABEZPEČENÍ JAKOSTI PRO PRÁCI SE ZDROJI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V
RADIODIAGNOSTICE FAKULTNÍ</p>
  <p>     NEMOCNICE V MOTOLE</p>
  <p>     6.1. Popis systému jakosti
    (osnova) a seznam navazující dokumentace</p>
  <p>     6.2. Identifikace položek
```

důležitých z hlediska radiační ochrany
     6.3. Popis systému
7. LITERATURA
8. OTÁZKY KE ZKOUŠCE

1. DEFINICE KLINICKÉ DOZIMETRIE
     Klinická dozimetrie je definována jako dozimetrie ionizujícího záření vztažená specificky na léčení a diagnostiku pacientů. Dozimetrie ionizujícího záření, která se zabývá přenosem energie ionizujícího záření na látky, se stává klinickou, je-li absorpčním prostředím živý lidský organismus.
2. RADIOTERAPIE
2.1. Historie
2.1.1. První stadium
     Je to období od dvacátých do počátku padesátých let 20. století. Je možno ho charakterizovat jako období hledání principů pro praktickou dozimetrii zevních svazků rtg záření nižších energií (<180 keV) a lokálního ozařování uzavřenými zářiči radia a radonu.
     Byly vyvinuty spolehlivé měřící přístroje založené převážně na ionizačních komorách s možností stanovení fyzikálních parametrů svazků rtg záření, včetně stanovení hloubkových dávkových křivek ve vodě nebo homogenních fantomech. Byly předloženy teoretické i experimentální práce pro výpočet dávek v blízkosti zdrojů radia a radonu s poměrně značnou přesností. Značné úsilí se věnovalo měřením, výpočtům a tabelování hodnot za nejrůznějších situaci. Tabelované hodnoty se používaly k plánování dávky pro určitého pacienta, což je mnohem snazší v případech uzavřených zářičů rádia než pro zevní svazky rtg záření. Použitím hodnot získaných z měření ve vodním fantomu pro rtg záření vyšších energií (180 - 300 keV) na pacienty bylo umožněno použitím bolusu, který účinně přeměnil nepravidelný tvar lidského těla do téměř pravidelného hranolu. Heterogenita lidského těla byla považována za zcela neřešitelný problém z hlediska dozimetrie, a proto byla zcela ignorována. K docílení dobré distribuce v tumoru bylo často používáno křížících se svazků a dávka byla počítána v jednom, maximálně ve dvou bodech. Ve většině ústavů klinická dozimetrie prakticky neexistovala a v těch ústavech, kde bylo dosaženo úspěchů, to bylo na základě nezměrného úsilí fyziků a lékařů.
2.1.2. Druhé stadium
     Je ho možno datovat od zavedení kobaltových zdrojů pro léčebné účely. První kobaltové jednotky byly instalovány na počátku 50. let

minulého stolení. Trvalo však více než 10 let, než tyto ozařovače ovlivnily léčbu nádorových onemocnění v širším měřítku. Zavedení záření gama o vyšších energiích namísto rtg záření přineslo z hlediska dozimetrie několik zásadních změn:

     • Výhodná hloubková distribuce dávky dovolovala úspěšnou léčbu většiny nádorů užitím nižšího počtu ozařovacích polí nebo jednoduchého rotačního pole.

     • Dozimetrie se zjednodušila, protože podstatné snížení složky rozptýleného záření dovolovalo použití poměrně jednoduchých vztahů pro výpočty absorbovaných dávek.

     • Dozimetrie se zpřesnila, protože rozdíly mezi absorpcemi záření o vysokých v měkkých tkáních a kostech byly prakticky zanedbatelné (absorpce v plicích zůstávala nadále problémem). Dalšího zpřesnění bylo dosaženo zavedením nehomogenních filtrů pro tvarování svazků IZ.

     • Dozimetrie se stala zcela nepostradatelnou, při všech léčeních, protože ošetřující lékař neměl možnost kontrolovat průběh léčby podle účinků na kůži, jako tomu bylo při použití rtg záření.

     • Klinická dozimetrie přestala být v tomto období výlučně záležitostí několika ústavů, rychle se rozšířila na řadu pracovišť užívajících IZ k léčebným účelům.

Fyzici reagovali na tuto situaci:

     a) produkcí značného množství hodnot pro nová ozařovací zařízení (atlasy hloubkových dávkových křivek, izodozní křivky)

     b) vytvářením nových dozimetrických koncepcí (tkáňově-vzduchový poměr, vytvoření dávkových distribucí nezávisle na obrysech těla) apod.

2.1.3. Třetí stadium

     Lze ho datovat od roku 1955, kdy byla poprvé publikována práce o využití počítačů při plánování ozařování pacientů, avšak uplynula poměrně dlouhá doba od pionýrské práce k jejímu využití. Ve skutečnosti teprve v posledních 20 - 25 letech se využití počítačů v radioterapii stává nezbytnou součástí léčebného procesu. Pomocí počítačů lze získat pro každého pacienta nejen dávkovou distribuci v trojrozměrném prostoru, ale především lze vypočítat individuální ozařovací plán, který bere v úvahu přesný rozměr, tvar a anatomii pacienta. Plán je optimalizován, tj. je vypočítán s přihlédnutím ke všem kritériím léčebného procesu. Současnou dobu můžeme nazvat obdobím integrované dozimetrie. To znamená, že všechny složky klinické dozimetrie musí tvořit jednotný a kontinuální proces. Mezi základní složky klinické dozimetrie patří:

     • základní fyzikální a dozimetrické údaje

```
  <p>     • údaje o pacientovi</p>
  <p>     • radiobiologické údaje</p>
  <p>     • výpočtové metody</p>
  <p>     • vlastní ozařovací proces</p>
  <p>     • verifikace vypočtených dávek</p>
  <p>     Jednotlivé kroky jsou prováděny různými osobami
(fyzikem,
    lékařem, technikem) a provádějí se odděleně různými zařízeními, lze je snadno
    považovat za oddělené a vzájemně nezávislé. Avšak pro dosažení maximálního
    léčebného výsledku je nezbytné, aby zúčastněné složky velmi úzce
    spolupracovaly. V současné době je klinická dozimetrie v radioterapii založena
    na doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) [1]. Výhody
    tohoto doporučení jsou, že v léčbě zářením je nejdůležitější veličinou
    absorbovaná dávka ve vodě, protože má jasnou souvislost s biologickými účinky
    záření. Jak se dříve kalibrovalo v jednotkách kerma ve vzduchu, tak nyní se
stanovuje
    absorbovaná dávka ve vodě.</p>
  <p><b><a name="2.2"></a>2.2. Mezinárodní systém měření v oboru metrologie IZ</b></p>
  <p>     Poskytuje nástroj pro konzistentní rozšiřování
kalibrovaných
    měřičů záření mezi uživatele tak, že jejich měřiče mají návaznost na primární
    etalony (obrázek č.1).</p>
  <p>Obrázek č.1</p>
  <p align=center style='text-align:center;'><img
width=397 height=200 src="klinicka_soubory/image003.jpg"></p>
  <p>BIMP - Bureau International des Poids et Measures
    (Mezinárodní úřad pro míry a váhy, Sevres - Paříž) byl ustaven Metrickou
    konvencí (poprvé přijata 1875) a 48 státy, které jsou jeho členy k 31.12.1997.
    Slouží jako mezinárodní středisko pro metrologii a má za úkol zajistit
    celosvětovou jednotnost v metrologii.</p>
  <p>PSDLs - primární standardizační dozimetrické laboratoře.
    Vyvinuly dozimetrii IZ primární standardy pro měření záření, byly srovnány s
    primárním standardem BIIVIP a ostatními primárními standardy navzájem. Celosvětově
    má kolem 20 zemí svou PSDL. Jsou to tzv. Národní standardní dozimetrické
    laboratoře, které jsou rozhodnutím dané vlády pověřeny vývojem udržováním a
    zlepšováním primárních standardů v dozimetrii IZ. Udržují primární standardy a
    kalibrují sekundární standardy SSDLs.</p>
  <p>SSDLs - Sekundární standardizační dozimetrické laboratoře.
    Je to každá dozimetrická laboratoř pověřená kompetentním úřadem k zajišťování
    kalibračních služeb. Musí mít alespoň 1 sekundární standard, který byl
    okalibrován primárním standardem. Kalibrují referenční přístroje uživatelů.</p>
  <p>Úkoly SSDLs:</p>
  <p>     • překlenout mezeru mezi uživateli IZ tím, že
zprostředkují
    přenos dozimetrických kalibrací od primárního standardu k měřícím přístrojům
    uživatelů,</p>
```

     • zajistit, aby dávka dodaná pacientům podstupujícím léčbu
IZ byla na mezinárodně přijatelné úrovni přesnosti,
     • účastnit se programů zajištění jakosti,
     • podporovat dozimetrický audit,
     • být nápomocny při kalibraci léčebných zařízení v nemocnicích
2.3. Standardy absorbované dávky ve vodě
V současné době se používají 3 metody dozimetrie:
     • Kalorimetrie
     • Chemická dozimetrie
     • Ionizační dozimetrie
     Většina PSDLs má primární standardy absorbované dávky instalovány ve svazcích_{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}. V některých laboratořích se používají i jiné kvality IZ: vysokoenergetické fotony, elektrony a rtg záření. Primární standardy jsou pak založeny na jedné z metod:
     • Ionizační primární standard je tvořen dutinou grafitové ionizační komory Je vyrobena tak, aby splňovala Bragg-Grayovy podmínky ionizace v dutině a je umístěna ve vodním fantomu. Dávka v referenčním bodě je odvozena ze střední měrné energie sdělené vzduchu v dutině.
     • Grafitový kalorimetr je používán ke stanovení dávky v grafitu v grafitovém fantomu. Dávka v grafitu je převáděna na dávku v referenčním bodě vodního fantomu např. pomocí měření založených na teorii ionizace v dutině.
     • Vodní kalorimetr je uzavřený vodní systém obsahující malou skleněnou nádobku s vysoce čistou vodou a termistorovou detekční jednotkou. Čistota vody je podstatná, protože tepelná změna vody je silně závislá na přítomnosti nečistot.
     Vodní kalorimetr s Frickeho dozimetrem je založen na měření střední změny teploty způsobené absorpcí vysokoenergetických fotonů. Voda je stále míchána, určuje se absorbovaná dávka ve vodě středovaná přes celý objem vody v nádobě. Frickeho roztok je kalibrován ozářením za stejných podmínek. Frickeho standard absorbované dávky ve vodě určuje odezvu Frickeho roztoku na úplnou absorpci elektronového svazku v roztoku. Dávka ve vodě v referenčním bodě vodního fantomu je stanovena pomocí Frickeho dozimetru jako převodního standardu. Frickeho dozimetr je tvořen roztokem železnatých iontů _{<img width=47 height=29 src="klinicka_soubory/image004.gif">}ve vzduchem nasycené a kyselinou sírovou okyselené vody. Využívá oxidace _{<img width=47 height=29 src="klinicka_soubory/image004.gif">}na trojmocné _{<img width=47 height=29 src="klinicka_soubory/image005.gif">}. Stanovení

koncentrace <sub><img width=47 height=29
src="klinicka_soubory/image005.gif"></sub> je
pak prováděno kolorimetricky využitím barevné reakce železitých iontů s
rhodanidem draselným, což vede k červenému zabarvení roztoku úměrnému
koncentraci _{<img width=47 height=29 src="klinicka_soubory/image005.gif">}.
Koncentrace <sub><img width=47 height=29
src="klinicka_soubory/image005.gif"></sub> v
roztoku je měřena spektrofotometricky na základě optické absorpce roztoku při
vlnové délce světla 304nm, která odpovídá absorpčnímu maximu <sub><img
width=47 height=29 src="klinicka_soubory/image005.gif"></sub>.
Absolutní měření ve svazcích rtg záření o energiích ~ stovky
kV jsou založeny na
použití extrapolačních ionizačních komor.
2.4. Formalismus stanovení kalibračního faktoru
absorbované dávky ve vodě
     Absorbovaná dávka ve vodě v referenční hloubce
<sub><img
width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif"></sub> ozařované svazkem
kvality _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">}za
nepřítomnosti komory:
<sub><img width=136
height=25 src="klinicka_soubory/image008.gif"></sub>
<sub><img width=49 height=25
src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub>- kalibrační faktor absorbované dávky
ve vodě pro dozimetr ve svazku záření referenční kvality <sub><img width=20
height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub> tak, jak byl stanoven
standardizační laboratoří
<sub><img width=31 height=25
src="klinicka_soubory/image010.gif"></sub> - odečet dozimetru za referenčních
podmínek stejných jako ve standardizační laboratoři.
2.5. Oprava na kvalitu svazku záření <sub><img width=32
height=25 src="klinicka_soubory/image011.gif"></sub>
     Pokud kvalita svazku je jiná než při kalibraci,
pak
<sub><img width=173
height=25 src="klinicka_soubory/image012.gif"></sub>
součinitel <sub><img width=32 height=25
src="klinicka_soubory/image011.gif"></sub>- oprava na rozdíl mezi kvalitou
referenčního svazku <sub><img width=20 height=24
src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub> a kvalitou <sub><img width=16
height=21 src="klinicka_soubory/image013.gif"></sub>měřeného svazku.
Odečet dozimetru <sub><img width=27 height=25
src="klinicka_soubory/image014.gif"></sub>je již opraven na rozdíl od
referenčních podmínek, jiných, než je kvalita svazku, pro které platí použitý
kalibrační faktor <sub><img width=49 height=25
src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub>.

Součinitel kvality svazku _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">} je definován jako poměr kalibračních faktorů pro absorbovanou dávku ve vodě dané ionizační komory pro kvality _{<img width=16 height=21 src="klinicka_soubory/image013.gif">} a _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">}

_{<img width=189 height=51 src="klinicka_soubory/image015.gif">}

     Nejpoužívanější referenční kvalitou záření pro kalibraci ionizačních komor je záření gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}. V některých primárních laboratořích PSDL jsou používány i vysoko energetické svazky fotonů a elektronů ke kalibraci.

     V ideálním případě by se oprava na kvalitu svazku dané komory měla stanovit měřením ve svazku stejné kvality, jako je svazek uživatele. To však není pro většinu standardizačních laboratoří dostupné. Taková měření mohou být prováděna pouze v laboratořích, které mají přístup k léčebným svazkům. Proto je v současnosti tato metoda omezena jen na několik málo laboratoří ve světě. Vyžaduje dostupnost energeticky nezávislého dozimetrického systému, jako je kalorimetr, který může měřit ve svazcích různých kvalit.

     Problémem je, jak generovat svazek ve standardizační laboratoři tak, aby jeho kvalita byla totožná s kvalitou svazku uživatele.

     Nejsou-li k dispozici potřebná experimentální data, nebo je obtížné měřit _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}přímo pro daný léčebný svazek, je zde možnost tento korekční faktor teoreticky vypočítat. Tam, kde platí Bragg -Grayova teorie dutiny, může být vztah pro _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}odvozen ze srovnání rovnice s formalismem _{<img width=39 height=25 src="klinicka_soubory/image017.gif">}použitým v dřívějších doporučeních IAEA.

_{<img width=188 height=60 src="klinicka_soubory/image018.gif">}

Výraz je platný pro všechny druhy vysokoenergetického záření. Zahrnuje:

     • poměry brzdných schopností vody a vzduchu _{<img width=37 height=25 src="klinicka_soubory/image019.gif">}

     • poměry středních energií potřebných k vytvoření iontového páru ve vzduchu _{<img width=28 height=24 src="klinicka_soubory/image020.gif">}

     • poměry poruchových faktorů <sub><img width=20 height=25

src="klinicka_soubory/image021.gif"></sub>,
  Celkové poruchové faktory <sub><img width=20 height=25
src="klinicka_soubory/image021.gif"></sub> a <sub><img width=24 height=25
src="klinicka_soubory/image022.gif"></sub> zahrnují všechny odchylky od ideální
    Bragg-Grayovy dutiny, tj.
  <sub><img width=32 height=24
src="klinicka_soubory/image023.gif"></sub>- oprava odečtu IK na rozdílnost její
    stěny a ochranného návleku od látky fantomu p~a~ <sub><img width=28 height=24
src="klinicka_soubory/image024.gif"></sub>- oprava odečtu IK na přítomnost
    vzduchové dutiny v ozařované látce
  <sub><img width=27 height=24
src="klinicka_soubory/image025.gif"></sub> - oprava odečtu IK na přítomnost
    centrální elektrody při měření ve fantomu ozařovaném
            svazky vysokoenergetických fotonů (včetně <sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>), elektronů a
    protonů
  <sub><img width=27 height=24
src="klinicka_soubory/image026.gif"></sub>- oprava na záměnu objemu dutiny
    dutinou detektoru v případě, že efektivní bod IK je ztotožněn s jejím geometrických
středem
       Efektivní bod měření ionizační komory (pro standardní
    geometrii kalibrace - tj. svazek záření dopadá z jedné strany) je posunut z
    geometrického středu komory směrem ke zdroji ionizujícího záření o vzdálenost,
    která závisí na typu a kvalitě záření. Je určen pro každý typ záření. Protože v
    léčebných svazcích platí, že<sub><img width=115 height=29
src="klinicka_soubory/image027.gif"></sub>, pak výraz pro <sub><img width=33
height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif"></sub>lze zjednodušit na
  <sub><img width=137
height=60 src="klinicka_soubory/image028.gif"></sub>
  který závisí pouze na poměru brzdných schopností vody a
    vzduchu a na poměru poruchových faktorů pro kvality svazků <sub><img width=16
height=21 src="klinicka_soubory/image013.gif"></sub> a <sub><img width=20
height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub>.
  2.6. Uvedení do praxe
       PSDLs se soustředily na provádění kalibrace ionizační
komory
    pro absorbovanou dávku ve vodě od svazku záření <sub><img width=13 height=17
src="klinicka_soubory/image029.gif"></sub> <sub><img width=33 height=21
src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>; v menší míře od svazků
    vysokoenergetických fotonů a elektronů. V doporučení IAEA [1] jsou uvedeny
    „Pracovní archy pro stanovení absorbované dávky ve vodě" pro různé
    radioterapeutické svazky:
       • kobalt 60
       • svazky vysokoenergetických elektronů
       • svazky vysokoenergetických fotonů svazky
nízkoenergetického

záření X
     • svazky středněenergetického záření X
     • svazky protonů
Možnosti získání kalibračních faktorů <sub><img width=49
height=25 src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub>podle standardu primární
laboratoře:
     a) Poskytnout uživateli kalibrační faktor komory pro
referenční kvalitu záření <sub><img width=20 height=24
src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub>, kterou je obvykle gama záření <sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>. Pro další
kvality je tento referenční kalibrační faktor doplněn řadou přímo měřených
opravných součinitelů <sub><img width=33 height=25
src="klinicka_soubory/image016.gif"></sub>pro danou komoru ve svazcích o
kvalitě Q. Pouze ty laboratoře, které mají zdroje a standardy svazků
různých kvalit, jsou schopny tyto přímo měřené součinitele kvality poskytnout.
Hlavní výhoda tohoto přístupu - takto je stanovena pro danou komoru její
individuální změna odezvy na změnu kvality svazku. Omezení - možný rozdíl mezi
kvalitou svazku ve standardizační laboratoři a kvalitou svazku uživatele, a to
zvláště u svazků vysokých energií.
     b) Stanovit celou řadu kalibračních faktorů <sub><img
width=49 height=25 src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub>dané ionizační
komory uživatele ve svazcích kvalit Q. Je však určitou výhodou mít
kalibrační faktory normalizované k jedné referenční kvalitě formou přímo
měřených součinitelů kvality <sub><img width=33 height=25
src="klinicka_soubory/image016.gif"></sub>. Ty jsou totiž určeny pouze komorou
- uživatel pak nemusí rekalibrovat tuto komoru pro všechny kvality Q,
ale pouze pro jednu referenční<sub><img width=20 height=24
src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub>. Energetická závislost komory pak
může být testována méně často. Navíc rekalibrace pro referenční kvalitu nemusí
nutně být provedena ve stejné PSDL, ve které byly změřeny hodnoty součinitele
kvality _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}.
     c) Poskytnout uživateli kalibrační faktor <sub><img
width=49 height=25 src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub> dané komory pro
referenční kvalitu záření, obvykle <sub><img width=33 height=21
src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>a teoreticky spočítat opravu na
kvalitu záření <sub><img width=33 height=25
src="klinicka_soubory/image016.gif"></sub>,
pro daný typ komory, která musí být použita v případě, že komora měří ve svazku
kvality Q. Metoda ignoruje individuální odlišnosti komor v jejích
energetických závislostech a výpočty musí spoléhat na údaje o typu komor poskytnuté
výrobcem.
     d) Stanovit jeden kalibrační faktor <sub><img
width=49
height=25 src="klinicka_soubory/image009.gif"></sub> pro danou komoru měřením
ve svazku referenční kvality spolu s typovými hodnotami součinitelů kvality
změřenými pro jiné komory stejného typu. Metoda ignoruje možnou individuální

odlišnost dané komory od jiných komor stejného typu.
     Uživatelům lze pak doporučit:
1) Metody (a) nebo (b) jsou považovány za nejlepší, i když
je jasné, že pro kvality odlišné od záření gama <sub>
jsou tyto metody nabízeny jen několika
málo PSDLs.
2) Metoda (c) je doporučena těm uživatelům, kteří nemají
přístup k standardizačním dozimetrickým laboratořím provádějícím přímá
experimentální stanovení oprav na kvalitu záření. Použití záření gama <sub>
jako referenční
kvality je zvláště vhodné pro SSDLs, které těžko mohou pracovat s urychlovačem.
Tento postup je dnes nejběžnější a podporuje použití teoretických součinitelů
<sub>
.
3) Metoda (d) je možnou alternativou k metodě (c) pouze
tehdy, když hodnoty <sub>
nebo <sub>
byly získány ve standardizační
dozimetrické laboratoři z dostatečně velkého souboru komor a směrodatná
odchylka jednotlivých komor je malá. Typové hodnoty <sub>
nebo <sub>
, které nebyly stanoveny ve
standardizační dozimetrické laboratoři, se nedoporučuje používat.
4) Dozimetry pro rentgenové záření nízkých a středních
energií musí být kalibrovány podle metody (a), nebo (b) v rozsahu kvalit Q
vybraných
tak, aby byly co nejblíže kvalitám léčebných svazků.
5) Dokud stanovení faktorů <sub>
měřením ve svazcích protonů a
těžkých iontů ve standardizačních laboratorich nebude dostupné, pak jedinou
možností pro uživatele těchto svazků zůstává teoretický postup (c).
2.7. Přístrojové vybavení
     V doporučení IAEA [1] je pro absolutní referenční
dozimetrii uvažována pouze iontometrická metoda. Iontometrické dozimetrické
systémy pro radioterapii sestávají z následujících částí:
     a) Jedna, nebo více detekčních sestav obsahujících
ionizační
komoru, pevně připojený kabel s konektorem a příslušenství určené pro různé
účely (různé druhy záření).
     b) Měřicí sestava (elektrometr) často zvlášť
kalibrovaná pro
veličinu náboje nebo proudu na dílek.
     c) Jeden, nebo více vodních fantomů s vodotěsnými
návleky.
     d) Jedno, nebo více zařízení pro testování stability
systému.

2.7.1. Ionizační komory
Výběr ionizační komory: uživatel by měl mít na paměti její účel:
     • má-li být referenční komorou, která je kalibrována ve
standardizační laboratoři a je používána pouze pro kalibrace léčebných svazků
     • má-li být provozní komorou okalibrovanou srovnáním s
referenční komorou a používanou pro rutinní měření
     • od ionizační komory se očekává, že bude velmi přesným
přístrojem; uživatel by si měl vybrat takový typ komory, který byl dostatečně
odzkoušen v léčebných svazcích.
2.7.2. Cylindrická ionizační komora může být použita pro kalibraci:
     • terapeutických rentgenových svazků nízkých a středních
energií nad 80 kV a HVL 2 mm Al,
     • svazků záření gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">},
     • svazků fotonů vysokých energií, svazků elektronů s energií
větší než 10 MeV - svazků protonů a těžkých iontů používaných v léčbě
     Je velmi vhodná pro měření v těchto svazcích, protože je jí
možno jednoduše použít pro měření ve vodním fantomu. Objem dutiny v komoře by
měl být mezi 0,1 - 1 cm³. Tato velikost je přijatelný kompromis mezi
potřebou dostatečné citlivosti a potřebou měřit dávku v bodě. Tyto požadavky
jsou splněny u komor, které mají vnitřní průměr dutiny okolo asi 7 mm a méně a
délka jejich dutiny není větší, než cca 25 mm. Při měření musí být ionizační
komora položena ve svazku tak, aby fluence záření byla přibližně stejná přes
celou její dutinu. Délka dutiny je tedy spodní hranicí pro velikost svazku, ve
kterém se má měřit. Konstrukce komory by měla být pokud možno homogenní. Z
technických důvodů bude centrální elektroda patrně z jiného materiálu, než je
stěna komory. Volba materiálu je opravdu podstatná pro zajištění malé
energetické závislosti IK (tj. odezva komory se příliš nemění s energií
svazku). Důležité: aby vzduchová dutina IK nebyla těsně uzavřena. Musí být
vyrobena tak, aby se tlak a teplota vzduchu uvnitř komory rychle vyrovnávaly s
okolím. Ionizační komory s grafitovou stěnou mají obvykle lepší dlouhodobou
stabilitu a vyrovnanější odezvu než komory s plastickou stěnou. Ionizační
komory s plastickou stěnou jsou však odolnější, a proto jsou vhodnější pro
rutinní práci. Jsou však méně stabilní, protože vlhkost vzduchu může ovlivnit
jejich odezvu, zvláště je-li stěna dutiny z nylonu, nebo hmoty A150 (Shonka
plastik).
2.7.3. Planparalelní ionizační komory
     Planparalelní ionizační komory jsou doporučeny používat pro
elektronové svazky všech energií. Pro energie pod 10 MeV je jejich použití

nezbytně nutné. Ve fotonových svazcích jsou vhodné jako referenční pouze tehdy, jsou-li okalibrovány pro dávku ve vodě od svazku stejné kvality, jako je svazek měřený. Jsou vhodné jako referenční dozimetr ve svazcích protonů a těžkých iontů. Měly by být přizpůsobeny pro měření ve vodě a jejich konstrukce by měla být co možno nejvíce homogenní a vodě ekvivalentní. Komory navržené pro měření v pevných fantomech by pak měly být těmto fantomům ekvivalentní co nejvíce. Jednou z hlavních výhod planparalelních ionizačních komor v dozimetrii elektronových svazků je možnost snížení rozptylového poruchového efektu. Mohou být vyrobeny tak, že detekují pouze elektrony přicházející přední stěnou, zatímco příspěvek od elektronů vniknuvších do dutiny bočními stěnami je zanedbatelný. Taková úprava dovoluje umístit efektivní (referenční) bod měření _{<img width=24 height=25 src="klinicka_soubory/image031.gif">}do středu vstupního okénka komory, na její vnitřní povrch, a to pro všechny hloubky a kvality svazku. Aby byly podmínky pro co nejmenší rozptylovou poruchu a vhodné umístění _{<img width=24 height=25 src="klinicka_soubory/image031.gif">} splněny v dostatečném přiblížení, musí mít dutina komory tvar pánve nebo disku, kdy poloměr je mnohem větší než výška, a to alespoň pětkrát. Navíc průměr sběrné elektrody by neměl přesáhnout 20 mm, aby se neprojevila radiální nehomogenita svazku. Výška dutiny by neměla být větší než 2 mm a sběrná elektroda by měla být obepnuta ochrannou elektrodou, jejíž šířka musí být alespoň 1.5 násobkem výšky dutiny. Tloušťka vstupního okénka by neměla přesáhnout 0,1 g/cm², aby se mohlo měřit i v malých hloubkách. Je též nutné ventilovat dutinu tak, aby se tlak a teplota vzduchu v dutině rychle vyrovnávaly s okolím. Ionizační komory pro měření nízkoenergetického rentgenového záření musí být planparalelní. Komory musí mít vstupní okénko z tenké folie o tloušťce pouze 2 - 3 mg/cm². Aby závislost odezvy komory na tvaru spektra fotonů byla co nejmenší, neměla by se odezva komory v závislosti na energii záření měnit o více než 5 % v celém intervalu energií, ve kterém se tato komora používá.

2.7.4. Měřicí sestava

     Sestava pro měření proudu nebo náboje sestává z elektrometru a zdroje sběrného napětí pro ionizační komoru. Elektrometr by měl mít čtyřmístný digitální displej, aby rozlišení odezvy bylo alespoň 0.1 %. Dlouhodobá stabilita systému nesmí být horší než 0.5 % během jednoho roku. Ionizační komora a elektrometr mohou být kalibrovány odděleně. To je zvláště výhodné v ústavech, kde mají více komor a elektrometrů. Je ovšem možné považovat elektrometr za nedílnou součást dozimetru a kalibrovat komoru s elektrometrem jako jeden přístroj.

2.7.5. Fantomy

     Jako referenční látka pro měření absorbované dávky od fotonových a elektronových svazků je doporučena voda. Velikost fantomu má přesahovat alespoň o 5 cm všechny čtyři strany největšího použitého pole v hloubce měření. Za největší hloubkou měření musí být vrstva alespoň 5 g/cm², pro rentgenové záření středních energií je nutno tloušťku této vrstvy zvýšit

alespoň na 10 g/cm². Pevné fantomy mohou být použity pro elektronové svazky nižších energií (pod asi 10 MeV). Jsou obyčejně požadovány v dozimetrii nízkoenergetického rentgenového záření. Tyto pevné fantomy jsou ve formě desek z polystyrenu nebo z různých vodě ekvivalentních látek prodávaných pod názvy pevná, plastická, nebo virtuální voda.

     Stanovení dávky musí být vždy pro absorbovanou dávku ve vodě v referenční hloubce vodního fantomu. V ideálním případě by měl být fantom z látky ekvivalentní vodě, to jest měl by mít stejné absorpční a rozptylové vlastnosti.

2.7.6. Vodotěsný návlek pro komoru

     Pokud není ionizační komora navržena a vyrobena jako vodotěsná, musí být před ponořením do vody vložena do vodotěsného návleku. Návlek má být z PMMA (polymethylmethacrylate) a tloušťka jeho stěny by měla být dostatečně malá (méně než 1mm), tak aby tepelné vyrovnání s vodním okolím netrvalo déle než 10 minut. Dále má být takový, aby umožňoval rychlé vyrovnávání tlaku v dutině komory s atmosférickým tlakem. K tomu je potřebná přiměřená vzduchová mezera 0.1 - 0.3 mm mezi komorou a návlekem. Aby se potlačil vznik vodní páry v okolí komory, neměl by návlek být ponechán ve vodě déle, než je pro měření nezbytné. Dalšího zvýšení přesnosti lze dosáhnout, používáme-li při měření v uživatelském svazku stejného návleku jako při kalibraci komory ve standardizační laboratoři.

2.7.7. Umístění ionizační komory do referenční hloubky

     Při umisťování komor do referenční hloubky ve vodě _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">}(vyjádřené v g/cm²) musí být uvažovány poruchové vlivy vyvolané:

     • přítomností dutiny,

     • přítomností stěny,

     • přítomností ochranného návleku.

     Je-li kvalita měřeného svazku Q stejná jako kvalita kalibračního svazku _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">}, nebo jsou-li používány naměřené opravy_{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}, jsou korekce na tyto vlivy obsaženy v kalibračních faktorech _{<img width=20 height=16 src="klinicka_soubory/image032.gif">} postačí umístit komoru do stejné hloubky jako při kalibraci s výjimkou případů, kdy vodotěsný návlek má o hodně jinou tloušťku než při kalibraci. Není-li k dispozici kalibrační faktor pro kvalitu uživatelského svazku, musí být použity vypočtené hodnoty oprav na kvalitu záření _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}. V takovém případě jsou některé opravy na poruchy již zahrnuty do _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}a některé další musí být uvažovány při umisťování komory.

2.7.8. Vlivy přítomnosti dutiny

     Přítomnost dutiny vyvolává dva efekty. Porucha fluence elektronů v místě měření je zahrnuta do opravy _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">} obsažené ve faktoru _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}. Komora umístěná svým referenčním bodem do hloubky _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">} neměří fluenci elektronů přesně v tomto bodě neporušeného vodního fantomu. To může být vzato v úvahu bud' použitím faktoru posunutí _{<img width=27 height=24 src="klinicka_soubory/image026.gif">} při výpočtu _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}, nebo skutečným posunutím komory po ose svazku tak, aby tento vliv byl kompenzován. To bývá často označováno jako použití „efektivního bodu měření". Komory planparalelního typu mají referenční bod v bodě efektivním. Když ten leží v referenční hloubce _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">}, pak není zapotřebí žádné korekce _{<img width=27 height=24 src="klinicka_soubory/image026.gif">}. Ve svazcích záření gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}, svazcích fotonů a protonů vysokých energií umisťujeme komoru svým středem (referenčním bodem) do hloubky _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">} a oprava _{<img width=27 height=24 src="klinicka_soubory/image026.gif">} se zahrnuje do výpočtu _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">}. Ve svazcích elektronů a těžkých iontů se tato metoda umisťování nedoporučuje používat z důvodu příliš strmých gradientů. Cylindrické ionizační komory se umisťují _{<img width=43 height=25 src="klinicka_soubory/image033.gif">} hlouběji než _{<img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif">}, kde ryl je vnitřní poloměr dutiny komory. Ve svazcích těžkých iontů se doporučuje posunutí _{<img width=51 height=25 src="klinicka_soubory/image034.gif">}.

2.7.9. Vliv stěny komory

     Součinitel _{<img width=32 height=24 src="klinicka_soubory/image023.gif">} zahrnutý do oprav _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">} koriguje změnu odezvy způsobenou odlišností materiálu stěny od materiálu fantomu pro různé druhy záření. Nezahrnuje však opravu na odlišné zeslabení primární fluence stěnou komory v porovnání se zeslabením stejnou tloušťkou látky fantomu. Jsou-li kvality měřeného svazku a kalibračního svazku stejné, pak je tato oprava obsažena v kalibračním faktoru komory. I když kvality obou svazků nejsou stejné, je zeslabení fotonového svazku stěnou dostatečně malé, aby se její odlišnost mohla zanedbat. Na druhé straně ve svazcích nabitých částic může být zeslabení stěnou komory významně odlišné od zeslabení stejnou tloušťkou fantomové látky, a proto by se striktně vzato měla pro umisťování komory brát vždy v úvahu vodě ekvivalentní tloušťka její stěny. V praxi je však často tento posuv velmi malý a pro většinu běžně používaných komor zanedbatelný.

2.8. Kalibrace ionizačních komor

     Ionizační komora, která má být kalibrována ve standardizační laboratoři, musí být jak před odesláním, tak po navráceni testována na dlouhodobou stabilitu vhodným testovacím zařízením. Tak se ověří, nebyla-li stálost odezvy komory ovlivněna transportem. Referenční komora by měla být kalibrována pro referenční kvalitu v intervalu nepřesahujícím dva, či tři roky, nebo kdykoliv se uživatel domnívá, že komora by mohla být poškozena. Jestliže opravy na kvalitu _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">} byly získány přímým měřením, měly by být ověřovány při každé zhruba třetí rekalibraci komory. Tato procedura by neměla být opakována více než dvakrát po sobě. Komora by měla tedy být nekalibrována pro všechny energie alespoň jednou za šest let. Komory používané pro kalibraci rentgenových svazků nízké a střední energie by však měly být kalibrovány pro všechny tyto energie pokaždé, protože jsou zvlášť náchylné měnit svou energetickou závislost právě v tomto oboru energií. Je povinností uživatele zvýšit frekvenci kalibrací komor, jejichž dlouhodobá stabilita nebyla ověřována po dobu více než pěti let.

2.8.1. Kalibrace ve svazku gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}

     Kalibrace mohou být provedeny buď přímo proti primárnímu standardu absorbované dávky ve vodě v laboratoři PSDL, nebo častěji proti sekundárnímu standardu SSDL. Zde budeme rozebírat pouze druhý případ. Předpokládejme, že známe hodnotu absorbované dávky ve vodě _{<img width=23 height=24 src="klinicka_soubory/image035.gif">}, v hloubce 5 g/cm² vodního fantomu od záření gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}. Toto je realizováno v laboratoři SSDL kalibrovanou ionizační komorou měřící ve vodním fantomu. Komora uživatele je umístěna svým referenčním bodem do hloubky 5 g/cm² vodního fantomu a její kalibrační faktor _{<img width=35 height=25 src="klinicka_soubory/image036.gif">} je stanoven ze vztahu

_{<img width=73 height=41 src="klinicka_soubory/image037.gif">}

kde M je odečet dozimetru opravený na ovlivňující veličiny tak, aby se vztahoval k referenčním podmínkám, pro které má kalibrační faktor platit. Referenční podmínky doporučené pro kalibrace ionizačních komor ve svazcích záření gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">} jsou uvedeny v následující tabulce 1, která je doslovným doporučením IAEA pro standardizaci v radioterapii [1].

2.8.2. Kalibrace v kilovotážních svazcích

     Komory pro měření záření X nízkých a středních energií musí být kalibrovány ve svazcích, jejichž kvalita je podobná kvalitě svazků měřených. V době, kdy vznikalo toto doporučení existovala pouze jedna primární PSDL laboratoř s primárním standardem absorbované dávky ve vodě pro tyto

kvality záření X. Přesto je možné odvodit kalibrační faktory pro absorbovanou dávku ve vodě z kalibračních faktorů pro kermu ve vzduchu za pomoci některého z přijatých protokolů pro dozimetrii rentgenového záření. Tak může kterákoliv standardizační laboratoř s etalonem kermy ve vzduchu poskytovat odvozené kalibrační faktory pro absorbovanou dávku ve vodě. Ač je tento postup formálně totožný s tím, že si uživatel sám převede kermový faktor na dávkový podle stejného protokolu, má námi doporučovaný postup tu výhodu, že zajišťuje široké použití unifikované metody zde uvedené, a to v té oblasti dozimetrie, kde standardní metody výrazně chybí. Zůstává zde jistě možnost, že jednotlivé laboratoře se budou od sebe lišit podle toho, který protokol použijí pro odvození kalibračních faktorů pro dávku ve vodě. Toto však jistě nezvýší nesourodost již existující a pocházející z těchto různých protokolů. Každá laboratoř, která poskytuje takto odvozené kalibrační faktory, musí plně doložit, jakým způsobem bylo odvození provedeno, tak aby, pokud to bude třeba, byly případné rozdíly vysvětleny a aby se zachovala návaznost na původní primární standard kermy ve vzduchu. Kvůli velkému množství pomocných dozimetrických zařízení, jako jsou fantomy, vodotěsné návleky, jakož i pro velké množství různých ozařovacích podmínek v klinické praxi užívaných, jako je velikost svazku, je velmi důležité se k těmto klinickým podmínkám při kalibraci přiblížit, jak jen to je možné. Komora zaslaná ke kalibraci musí mít všechna svá pomocná zařízení a její použití musí být podrobně a jednoznačně specifikováno. Typické referenční podmínky pro kalibraci ionizačních komor v oblasti rentgenových svazků nízkých a středních energií jsou uvedeny v následující tabulce 2, která je doslovným doporučením IAEA pro standardizaci v radioterapii [1].

2.9. Referenční dozimetrie v uživatelském svazku

2.9.1. Stanovení absorbované dávky ve vodě

     Předpokládejme, že uživatel má ionizační komoru, nebo dozimetr s kalibračním faktorem _{<img width=52 height=25 src="klinicka_soubory/image038.gif">} pro veličinu absorbované dávky ve vodě od svazku referenční kvality_{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">}. Je-li komora umístěna do referenčních podmínek, pak absorbovaná dávka ve vodě je dána vztahem

_{<img width=176 height=25 src="klinicka_soubory/image039.gif">}

kde _{<img width=27 height=25 src="klinicka_soubory/image014.gif">} je odečet dozimetru obsahující součin korekčních faktorů na ovlivňující veličiny a _{<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">} je oprava na rozdíl mezi referenční kvalitou _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">} a kvalitou Q měřeného svazku. Vztah platí pro všechny svazky, pro které platí toto doporučení.

2.9.2. Praktické pokyny pro měření v uživatelském svazku

     Než přistoupíme k měření samotnému, musíme ověřit dlouhodobou stabilitu měřícího systému kontrolním zdrojem. S měřením je třeba vyčkat až do ustavení tepelné rovnováhy systému s okolím. Některé elektrometry

napájené ze sítě je třeba zapnout aspoň dvě hodiny před měřením, aby se ustálily. Též se doporučuje předzářit komoru dávkou 2 - 5 Gy, aby se dosáhlo nábojové rovnováhy v různých materiálech komory. Je obzvláště důležité, aby se systém ustálil po každé změně sběrného napětí, nebo jeho polarity. To může trvat podle typu komory a též podle polarity až 20 minut. Jinak mohou vzniknout chyby větší než ta, kvůli které se změna napětí provádí. Svodový proud je takový, který vzniká v celém měřícím systému při absenci záření. Svod může být ale vyvolán zářením, takže komora, která nevykazuje žádný svod před měřením, může být přece jen zatížena svodem po ozáření. Proto má být svod vždy měřen jak před měřením, tak i po něm. Hodnota svodového proudu by měla být malá ve srovnání s proudem měřeným při ozáření (méně než 0.1 % měřené hodnoty a obyčejně stejné polarity). V některých případech, například při měření nízkého dávkového příkonu komorou malého objemu, může být relativní svod větší. Pak je nutné měřený proud na svod opravit, přičemž je třeba dávat dobrý pozor na polaritu. Komory vykazující velký svod, >1 % měřené hodnoty, nebo komory s nestálým svodem by se neměly používat.

Tabulka č.1

<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >

<tr>
<td> Influence quantity </td>
<td> Reference value or reference characteristic </td>
</tr>
<tr>
<td> Phantom material </td>
<td> Water </td>
</tr>
<tr>
<td> Phantom size </td>
<td> 30 cm x 30 cm (approximately) </td>
</tr>
<tr>
<td> Source - chamber distance_{<img width=11 height=20 src="klinicka_soubory/image040.gif">} (SCD) </td>
<td> 100 cm </td>
</tr>
<tr>
<td> Air temperature_{<img width=9 height=20 src="klinicka_soubory/image041.gif">} </td>
<td> _{<img width=43 height=21 src="klinicka_soubory/image042.gif">} </td>
</tr>
<tr>
<td> Air pressure </td>
<td> 101,3 kPa </td>
</tr>

```
    <tr>
      <td><p>Reference point of the ionization chamber</p></td>
      <td><p>For cylindrical chambers, on the chamber axis at the
          centre of the cavity volume; for plane-parallel chambers on the inner surface
          of the entrance window; at the centre of the window.</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td width=307 valign=top><p>Depth in phantom of the reference point of the
chamber<sub><img
  width=11 height=20 src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub></p></td>
      <td><p>5 g/cm&sup2;</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Field size at the position of the reference point of the
          chamber</p></td>
      <td><p>10 cm *10 cm</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Relative humidity</p></td>
      <td><p>50%</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Polarizing voltage and polarity</p></td>
      <td><p>No reference values are recommended, but the values used
          should be stated in the calibration certificate.</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Dose rate</p></td>
      <td><p>No reference values are recommended, but the dose rate
          used should be stated in the calibration certificate. It should also be
          stated whether a recombination correction has or has not been applied and, if
          so, the value should be stated.</p></td>
    </tr>
  </table>
  <p><sub><img width=11 height=20
src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub>After a water phantom with a plastic
    window has been filled, its dimensions may slowly change with time. When using
    a horizontal beam, it may therefore be necessary to check the Bource-surface
    distance and the chamber depth every few hours.</p>
  <p><sub><img width=9 height=20
src="klinicka_soubory/image041.gif"></sub> The temperature of the air in a
    chamber cavity should be taken to be that of the phantom, which should be
    measured; this is not necessarily the same as the temperature of the
    surrounding air.</p>
  <p><sub><img width=9 height=20
src="klinicka_soubory/image043.gif"></sub> In some countries the reference air
```

```
    temperature is 22 °C.</p>
  <p><b>Tabulka č.2</b></p>
  <table  width="600" border=1 align=center cellspacing=0 cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
    <tr >
      <td rowspan="2"><p>Influence quantity</p></td>
      <td colspan="2"><p>Reference value or reference characteristic</p></td>

    </tr>
    <tr>
      <td><p>Low energy X rays</p></td>
      <td><p>Medium enemy X rays</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Phantom material</p></td>
      <td><p>PMMA or water equivalent plastic</p></td>
      <td><p>Water</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Phantom size</p></td>
      <td><p>12 cm x 12 cm x 6 cm</p></td>
      <td><p>30 cm x 30 cm x 30 cm</p>
        <p>(approximately)</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Source - chamber distance<sub><img width=11 height=20
  src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub> (SCD)</p></td>
      <td><p>Treatment distance as specified by the user<sub><img
  width=11 height=20 src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub></p></td>
      <td><p>Treatment distance as specified by the user<sub><img
  width=11 height=20 src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Air temperature<sub><img width=9 height=20
  src="klinicka_soubory/image041.gif"></sub></p></td>
      <td><p><sub><img width=43 height=21
  src="klinicka_soubory/image042.gif"></sub></p></td>
      <td><p><sub><img width=43 height=21
  src="klinicka_soubory/image042.gif"></sub></p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Air pressure</p></td>
      <td><p>101,3 kPa</p></td>
      <td><p>101,3 kPa</p></td>
    </tr>
    <tr>
```

```
      <td><p>Reference point of the ionization chamber</p></td>
      <td><p>For plane-parallel ionization chambers, the centre of the
          outside of the front window (or the outsider o fany additional buildup
foil)</p></td>
      <td><p>For cylindrical chambers, on the central axis at the
          centre of the cavity volume</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Depth in phantom of the reference point of the chamber</p></td>
      <td><p>Surfaře</p></td>
      <td><p>2 g/cm&sup2;</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Field size at the position of the reference point of the
          chamber</p></td>
      <td><p>3cm x 3 cm x or 3 cm diameter</p></td>
      <td><p>10 cm x 10 cm</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Relative humidity</p></td>
      <td><p>50%</p></td>
      <td><p>50%</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Polarizing voltage and polarity</p></td>
      <td colspan="2" ><p>No reference values are recommended, but the dose rate
          used should be stated in the calibration certificate.</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Dose rate</p></td>
      <td colspan="2" ><p>No reference values are recommended, but the dose rate
          used should be stated in the calibration certificate. It should also be
          stated whether a recombination correction has or has not been applied and, if
          so, the value should be stated</p></td>
     </tr>
  </table>
  <p><sub><img width=11 height=20
src="klinicka_soubory/image040.gif"></sub> If more than one SSD is used, the
    greatest should be chosen for calibration.</p>
  <p><sub><img width=9 height=20
src="klinicka_soubory/image041.gif"></sub> The temperature of the air in a
    chamber cavity should be taken to be that of the phantom, which should be
    measured; this is not necessarily the same as the temperature of the
    surrounding air.</p>
  <p><sub><img width=9 height=20
src="klinicka_soubory/image043.gif"></sub> In some countries the reference air
```

temperature is 22 °C.

_{<img width=11 height=20 src="klinicka_soubory/image044.gif">} If these field sizes do not correspond to any user beams, then the closes field size to this tkat will be used clinically should be used.

2.9.3. Opravy na ovlivňující veličiny

     Kalibrační faktor ionizační komory platí pouze za referenčních podmínek, za jakých byla provedena kalibrace. Jakákoliv odchylka od těchto referenčních podmínek při měření v uživatelském svazku vyžaduje opravu příslušným faktorem. Při relativních měřeních ve svazcích urychlovačů a generátorů záření X je nutno používat dalšího dozimetrického systému, který monitoruje fluktuace intenzity svazku během ozáření. To je obzvláště důležité, když se odečty dozimetru dávají do poměru, například při porovnání komor, při měřeních s různým sběrným napětím, či polaritou. Externí monitor by měl být nejlépe přímo ve fantomu na hlavních osách transverzální roviny, ve stejné hloubce jako komora a ve vzdálenosti asi 3 - 4 cm od osy svazku. Je-li monitor umístěn ve vzduchu, měla by být vzata v úvahu i možná změna teploty.

2.9.4 Tlak, teplota a vlhkost vzduchu

     Všechny zde doporučované komory jsou otevřené, a tudíž vzduch v jejich dutinách se mění v závislosti na okolních atmosférických podmínkách. Korekční faktor provede opravu hmotnosti vzduchu v dutině komory na referenční atmosférické podmínky

_{<img width=127 height=45 src="klinicka_soubory/image045.gif">}

P a T - tlak a teplota vzduchu v čase měření, _{<img width=17 height=24 src="klinicka_soubory/image046.gif">} a _{<img width=17 height=24 src="klinicka_soubory/image047.gif">}- referenční hodnoty, obvykle 101.3 kPa a 20 °C. Teplota vzduchu v dutině komory se má brát taková, jaká je teplota fantomu. Ta může být rozdílná od teploty okolního vzduchu. Při měření ve vodním fantomu má být vodotěsný ochranný návlek komory ventilován tak, aby se rychle dosáhlo rovnováhy tlaku v dutině s tlakem okolní atmosféry. Pro opravu na vlhkost vzduchu není třeba žádného korekčního faktoru za předpokladu, že referenční vlhkost je 50 % a vlhkost v době měření je v mezích mezi 20 - 80 %.

2.9.5. Kalibrace elektrometru

     Jsou-li komora a elektrometr kalibrovány zvlášť, mají své kalibrační faktory stanovené standardizační laboratoří. V tomto doporučení je citlivost elektrometru kelec brána jako ovlivňující veličina a kalibrační faktor elektrometru je zahrnut do součinu ki korekčních faktorů. Kalibrační faktor komory _{<img width=35 height=25 src="klinicka_soubory/image036.gif">} bývá v jednotkách Gy/nC a faktor elektrometru kelec bud' v jednotkách nC/dílek, nebo jako bezrozměrné číslo blízké jedné, což je vlastně kalibrace v jednotkách nC/nC. Je-li celý systém komory a elektrometru okalibrován najednou, pak

celkový kalibrační faktor <sub><img width=35 height=25
src="klinicka_soubory/image036.gif"></sub> bývá v jednotkách Gy/dílek, nebo
Gy/nC podle odečtu elektrometru a žádný zvláštní kalibrační faktor elektrometru
není uvažován. V takovém pripadě má být ve formuláři zapsána hodnota kelec
rovna jedné (bezrozměrně).
2.9.6. Účinnost sběru náboje
     Neúplný sběr iontů z dutiny ionizační komory
způsobený
jejich rekombinací vyžaduje opravu faktorem ks. Rekombinace nastává dvojí:
     • Rekombinace mezi ionty z různých ionizačních stop,
zvaná
obecná, neboli objemová. Závisí na hustotě ionizujících částic a tudíž na
dávkové rychlosti.
     • Rekombinace mezi ionty z jedné stopy, zvaná
počáteční, je
na dávkové rychlosti nezávislá. Oba dva druhy rekombinace závisí na geometrii
dutiny a sběrném napětí. Počáteční rekombinace je ve všech svazcích s výjimkou
těžkých iontů většinou menší než 0,2 %. Doporučuje se však, aby oprava na
rekombinaci iontů ks byla odvozena z měření při dvou sběrných napětích. Tato
metoda předpokládá lineární závislost mezi převrácenými hodnotami odečtu 1/M a
sběrného napětí 1/V. Pracuje s odečty <sub><img width=24 height=24
src="klinicka_soubory/image048.gif"></sub> a <sub><img width=25 height=24
src="klinicka_soubory/image049.gif"></sub> získanými při napětích <sub><img
width=16 height=24 src="klinicka_soubory/image050.gif"></sub> a <sub><img
width=17 height=24 src="klinicka_soubory/image051.gif"></sub>, a stejných
ozařovacích podmínkách. <sub><img width=16 height=24
src="klinicka_soubory/image050.gif"></sub> je normální napětí a <sub><img
width=17 height=24 src="klinicka_soubory/image051.gif"></sub> je napětí
redukované asi na třetinu. Prísně vzato, polarizační efekt může být různý při
různých napětích, a proto odečty <sub><img width=24 height=24
src="klinicka_soubory/image048.gif"></sub> a <sub><img width=25 height=24
src="klinicka_soubory/image049.gif"></sub> by měly být na tento efekt opraveny
podle vztahu. Opravu na rekombinaci iontů pak můžeme provézt podle vztahu
<sub><img width=192
height=53 src="klinicka_soubory/image052.gif"></sub>
kde konstanty <sub><img width=16 height=24
src="klinicka_soubory/image053.gif"></sub> jsou tabelovány. Samozřejmě že
všechny odečty musí být normalizovány na referenční odečet monitoru, aby se
odstranil vliv výkyvů ve výkonu urychlovače. Externí monitor by měl být umístěn
ve vodním fantomu přibližně v hloubce měření asi 3 - 4 cm od středu komory ve
směru osy transverzální roviny svazku.
Je-li přibližně ks<1.03, pak opravu lze spočítat s
přiblížením lepším než 0,1 % pomocí následujícího vztahu
<sub><img width=125
height=45 src="klinicka_soubory/image054.gif"></sub>
Tento vztah lze s výhodou použít v případě, že poměr <sub><img

width=40 height=24 src="klinicka_soubory/image055.gif"></sub> není celé číslo. Oprava na rekombinaci ks provedená metodou dvou napětí koriguje jak vliv objemové, tak i počáteční rekombinace. Při použití této metody je důležité dát pozor na opravu odezvy planparalelní komory. Bylo totiž ukázáno, že některé planparalelní komory nesplňují předpoklad lineární závislosti mezi převrácenými hodnotami odečtu a napětí v celém používaném intervalu.

Je-li záření kontinuální jako v případě gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}, můžeme opět použít metodu dvojího napětí a opravu na sběr iontů vypočítat podle vztahu

_{<img width=171 height=56 src="klinicka_soubory/image056.gif">}

     Nedoporučuje se, aby vliv rekombinace iontů v planparalelních komůrkách určených pro měření ve svazcích rentgenového záření nízkých energií byl určován pomocí změn sběrného napětí. Rekombinace v těchto komorách je většinou zanedbatelná. Naopak změna napětí ovlivní okénko komory a způsobí tím změnu odezvy větší než samotná rekombinace. Poznamenejme zde, že pro účely oprav na rekombinaci můžeme protonové svazky generované synchrotronem považovat za kontinuální záření, protože frekvence pulzů je zde nízká a délka pulzů vzhledem k době sběru dlouhá. Při použití této metody je důležité dát pozor na opravu odezvy planparalelní komory. Bylo totiž ukázáno, že některé planparalelní komory nesplňují předpoklad lineární závislosti mezi převrácenými hodnotami odečtu a napětí v celém používaném intervalu. Tento efekt můžeme obejít, použijeme-li při měření stejných napětí jako při kalibraci ve standardizační laboratoři nebo jako při srovnávacím měření v případě místně kalibrované komory. Rovněž je možné stanovit interval linearity pro danou komoru měřením v pulzním svazku přes celý interval napětí dovolený výrobcem. Toto je důležitá vlastnost komory, která by měla být každopádně předmětem ověřování na začátku jejího používání. Je-li to možné, měla by být komora používána jen v tom intervalu sběrného napětí, ve kterém je linearita zaručena, a kde tudíž teorie dvou napětí plně platí. Při relativním měření, například při měření hloubkové dávky nebo relativních příkonů, by měla být oprava na rekombinaci stanovena pro dostatečně široký soubor podmínek tak, aby mohla být vhodně použita. V pulzních svazcích, kde objemová rekombinace je dominantní, bude oprava na rekombinaci pro danou komůrku přibližně lineární s. dávkovou rychlostí. V kontinuálních svazcích je oprava na rekombinaci malá a přibližně konstantní. V rozmítaných svazcích a jiných speciálních svazcích velké intenzity nemůže být vliv prostorového náboje zanedbán a účinnost sběru iontů by měla být vyhodnocena z kalibrace proti systému, který je na dávkové rychlosti nezávislý, například proti kalorimetru. Zde je třeba poznamenat, že osvědčení o kalibraci za referenčních podmínek vydané standardizační laboratoři má jasně vypovídat, jestli oprava na rekombinaci byla provedena, či nikoliv. Předcházející úvahy a též formuláře pro měření, které jsou při každé kapitole tohoto doporučení, předpokládají, že kalibrující laboratoř provedla opravu na rekombinaci a že všechny uvedené postupy stanovení opravy ks se vztahují pouze k rekombinaci v uživatelském svazku. Pokud kalibrační laboratoř neprovedla

opravu na rekombinaci, pak oprava stanovená pro rekombinaci v uživatelském
svazku kvality Q musí být podělena opravou ve svazku kalibračním kvality
_{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">}, tak,
že
<sub><img width=65
height=51 src="klinicka_soubory/image057.gif"></sub>
     Pokud je kalibrační svazek kontinuální, pak oprava
bývá
velmi blízká jedné a neprovedení této opravy při kalibraci bude mít většinou
pouze zanedbatelný vliv. Je-li naopak kalibrační svazek pulzní, pak neprovedení
rekombinační opravy v kalibrační laboratoři bude zdrojem značných chyb, zejména
tehdy, liší-li se dávka v pulzu uživatelského svazku výrazně od té, která byla
ve svazku kalibračním.V takovém případě uživateli nezbývá než stanovit opravu
při kalibraci měřením v uživatelském svazku pozměněném tak, aby dávka na pulz
byla podobná jako ve svazku kalibračním, i když se bude lišit od té, která je
pro uživatelský svazek běžná. Zde není třeba dodržet kvalitu kalibračního
svazku <sub><img width=20 height=24
src="klinicka_soubory/image007.gif"></sub>,důležitá
je pouze velikost dávky na pulz. Aby se předešlo opakování stejného problému v
budoucnosti, uživatel by měl požadovat, aby příští kalibrace byla provedena s
plnou opravou na rekombinaci, zvláště je-li kalibrační svazek pulzní.
2.10 Doporučení pro svazky <sub><img width=33 height=21
src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>
     Doporučení pro referenční dozimetrii (kalibraci)
kobaltového
svazku uživatele a rady pro relativní dozimetrii v tomto svazku. Je založena na
kalibračním faktoru absorbované dávky ve vodě <sub><img width=52 height=25
src="klinicka_soubory/image038.gif"></sub> pro dozimetr ve svazku referenční
kvality _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">},
kde _{<img width=20 height=24 src="klinicka_soubory/image007.gif">} je
gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">}.
V této dané situaci je <sub><img width=33 height=25
src="klinicka_soubory/image058.gif"></sub> značeno jako <sub><img width=56
height=25 src="klinicka_soubory/image059.gif"></sub> je značeno jako <sub><img
width=20 height=25 src="klinicka_soubory/image030.gif"></sub>, a je rovno
identicky jedné, <sub><img width=52 height=25
src="klinicka_soubory/image038.gif"></sub> je značeno jako <sub><img width=35
height=25 src="klinicka_soubory/image036.gif"></sub>.
2.10.1. Přístrojové vybavení
Ionizační komory
     Jak cylindrické, tak planparalelní komory mohou být
používány jako referenční měřidla pro kalibraci svazků gama <sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>. Referenční
bod cylindrických komor je umístěn pro účely kalibrace ve standardizační
laboratoři a pak při měření v uživatelském svazku za referenčních podmínek na
osu komory do středu její dutiny. U planparalelních komor je tento bod ve

středu vnitřní strany vstupního okénka. Tento bod má být při měření umístěn do referenční hloubky ve vodním fantomu. Měříme-li s provozním přístrojem, musí být tento porovnán s referenčním okalibrovaným přístrojem.

Fantomy a ochranné návleky

     Doporučeným referenčním médiem pro měření absorbované dávky ve vodě od svazků záření gama <sub>

</sub> je voda. Fantom by měl přesahovat velikost svazku o 5 cm na všech čtyřech stranách v rovině hloubky měření a jeho hloubka má být alespoň o 5 g/cm² větší, než je největší hloubka měření. Je-li měření prováděno ve vodorovném svazku, musí být fantom vybaven vstupním oknem z plastiku o tloušťce <sub>

</sub> mezi 0,2 - 0,5 cm. Při stanovení hloubky měření musí být uvažována tloušťka okna ve své vodě ekvivalentní hodnotě. Tato tloušťka se vypočte jako součin <sub>

</sub>, tlouštky a měrné hustoty plastiku <sub>

</sub> v g/cm³.

Nejčastěji používaným plastikem je PMMA s měrnou hustotou <sub>

</sub>=1,19 g/cm³ a čistý polystyren s hustotou <sub>

</sub>=1.06 g/cm³. Komůrka, která není vodotěsná, musí být chráněna návlekem z PMMA, jehož tloušťka nemá přesahovat 1mm. Vzduchová mezera mezi stěnou komory a návlekem musí být dostatečně veliká (0.1 - 0.3 mm), aby dovolila rychlé vyrovnávání tlaku v komoře s tlakem atmosférickým. Pro referenční měření v uživatelském svazku máme mít návlek totožný s tím, který byl použit při kalibraci. Není-li to možné, měl by to být návlek ze stejného materiálu a přibližně stejné tloušťky. Planparalelní komůrky, které nejsou z výroby vodotěsné a nebyly dodány s originálním vodotěsným krytem, musí být vloženy do těsné schránky, nejlépe z PMMA nebo z materiálu velmi podobného stěně komory. Tloušťka schránky před a za dutinou komory by neměla být větší než 1mm.

2.10.2. Stanovení kvality svazku

     Spektrum gama záření ze zdrojů <sub>

</sub>, které se používají v radioterapii a ve standardizačních laboratořích SSDL, sice obsahuje, podstatnou část nízkoenergetických rozptýlených fotonů přicházejících bud' ze samotného zdroje, nebo z hlavice ozařovače, avšak tyto změny spektra by neměly ovlivnit měření ionizačními komorami více než několika desetinami procenta. Proto se v radioterapeutické dozimetrii kobaltových svazků žádná jiná specifikace kvality nevyžaduje.

2.10.3. Referenční podmínky pro stanovení absorbované dávky ve vodě od svazků záření gama <sub>

</sub>v tabulce č. 3

Tabulka č. 3 - Referenční podmínky pro stanovení absorbované dávky ve vodě od svazků záření gama <sub>

</sub>

```
  <table border="1" width="600" align="center" cellspacing="0" cellpadding="0"
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
    <tr>
      <td><p>Ovlivňující
          veličina</p></td>
      <td><p>Referenční hodnota
          nebo charakteristika</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Materiál fantomu</p></td>
      <td><p>voda</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Typ komory</p></td>
      <td><p>cylindrická,
          planparalelní</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Hloubka měření</p></td>
      <td><p><sub><img width=25
  height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif"></sub>5 g/cm&sup2; (10
          g/cm&sup2;)</p></td>
    </tr>
    <tr>

      <td colspan=2 valign=top><p align=center style='text-align:center'><i>Referenční
bod komory</i></p></td>

    </tr>
    <tr>
      <td><p>1. cylindrické</p></td>
      <td><p>střed dutiny na ose
          komory</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>2. planparalelní</p></td>
      <td><p>střed vnitřního
          povrchu okénka</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Umístění
          referenčního bodu</p></td>
      <td><p>cylindrické i
          planparalelní komory se umísťují svým referenčním bodem do referenční hloubky
<sub><img width=25 height=25 src="klinicka_soubory/image006.gif"></sub></p></td>
    </tr>
```

```
    <tr>
      <td><p>SSD, SCD</p></td>
      <td><p>80, 100cm</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Velikost svazku</p></td>
      <td><p>10 cm* 10 cm</p></td>
    </tr>
  </table>
  <p>SSD - vzdálenost povrchu od zdroje<br>
     SCD - vzdálenost ionizační komory od zdroje</p>
  <p><b>2.10.4. Stanovení absorbované dávky v referenčních
    podmínkách</b></p>
  <p>     Absorbovaná dávka ve vodě od uživatelského svazku
záření
    gama <b><sub><img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub></b>v
    referenční hloubce vodního fantomu a za nepřítomnosti měřící komory je dána
    jako</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=93
height=25 src="klinicka_soubory/image064.gif"></sub></p>
  <p>kde <i>M</i> je odečet komory, jejíž referenční bod je
    umístěn do referenční hloubky <sub><img width=25 height=25
src="klinicka_soubory/image006.gif"></sub>, jsou dodrženy referenční podmínky
    definované v tabulce a tento odečet je opraven na následující ovlivňující
    veličiny: teplota, tlak, kalibrační faktor elektrometru a účinnost sběru náboje
    podle části. U kobaltových ozařovačů může být odečet významně ovlivněn mrtvou
    dobou časovače.   <sub><img width=35 height=25
src="klinicka_soubory/image036.gif"></sub> je kalibrační faktor pro veličinu
    absorbované dávky ve vodě pro daný dozimetr a referenční kvalitu svazku gama
<b><sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub></b>.</p>
  <p><b><a name="2.11"></a>2.11. Porovnání provozních ionizačních komor - křížová
    kalibrace</b></p>
  <p>     Provozní komory mohou být porovnávány s okalibrovanou
    referenční komorou v uživatelském kobaltovém svazku. Komory jsou porovnány tak,
    že se střídavě ozařují ve vodním fantomu za podmínek definovaných v tabulce č.2.
    Referenční bod obou komor musí ležet v hloubce <sub><img width=25 height=25
src="klinicka_soubory/image006.gif"></sub>. Další možností je současné
    ozařování obou komor umístěných vedle sebe. Kalibrační faktor absorbované dávky
    ve vodě pro provozní komoru je pak dán vztahem</p>
  <p align=center style='text-align:center'><sub><img width=125
height=49 src="klinicka_soubory/image065.gif"></sub></p>
  <p>kde <sub><img width=33 height=25
src="klinicka_soubory/image066.gif"></sub> a <sub><img width=40 height=25
src="klinicka_soubory/image067.gif"></sub> jsou odečty referenční a provozní
    komory opravené na ovlivňující veličiny a <sub><img width=35 height=27
```

src="klinicka_soubory/image068.gif"></sub> je kalibrační faktor absorbované
dávky ve vodě pro referenční komoru. Provozní komora s takto získaným
kalibračním faktorem <sub><img width=39 height=27
src="klinicka_soubory/image069.gif"></sub> může být následně použita pro
stanovení absorbované dávky v uživatelském svazku gama <sub><img width=33
height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>, kde <sub><img
width=35 height=25 src="klinicka_soubory/image036.gif"></sub> je nahrazen
faktorem <sub><img width=39 height=27
src="klinicka_soubory/image069.gif"></sub>.

2.12. Měření za jiných podmínek než referenčních

     V klinické dozimetrii potřebujeme měřit veličiny jako relativní
hloubková dávka na ose svazku, hodnoty TPR (poměr hodno izocentrické hloubkové
dávky) nebo TMR (tissue maximum dose - izocentrická hloubková dávka vztažená v
hloubce maxima ionizace<sub><img width=67 height=25
src="klinicka_soubory/image070.gif"></sub>), rozložení izodoz, příčné profily
svazků, relativní příkony v závislosti na velikostí a tvaru svazku, a to jak za
referenčních, tak i za jiných podmínek. Taková měření jsou potřebná pro všechny
možné kombinace velikostí svazků a vzdáleností od zdroje, jak se na daném
ozařovači používají.

2.12.1. Relativní hloubková dávka na ose svazku

     Pro měření hloubkových ionizačních křivek je nejvhodnější
použít planparalelní komory. Pokud použijeme komoru cylindrickou, musíme vzít v
úvahu polohu efektivního bodu komory. To znamená, že celá křivka hloubkové ionizace
musí být posunuta směrem k povrchu o vzdálenost <sub><img width=40 height=25
src="klinicka_soubory/image071.gif"></sub>, kde <sub><img width=21 height=25
src="klinicka_soubory/image072.gif"></sub> je poloměr dutiny dané cylindrické
ionizační komory. Pro přesná měření v oblasti nárůstu je potřeba extrapolační
komory, nebo pevné planparalelní komory s dostatečnou šířkou ochranné
elektrody. Opatrnosti je třeba při měření dávkové distribuce pevnými detektory,
jako jsou diody, nebo diamantové detektory. Pouze ty pevné detektory, které
jsou srovnány a pravidelně ověřovány proti referenční ionizační komoře, mohou
být použity pro taková měření. Protože můžeme s dostatečnou přesností
předpokládat, že se poměry brzdných schopností a poruchové vlivy nemění s
hloubkou a s velikostí svazku, mohou být relativní ionizační křivky ztotožněny
s relativní dávkovou distribucí alespoň v oblasti za hloubkou maximální
ionizace.

2.12.2. Relativní dávkové příkony

     Relativní dávkový příkon může být stanoven jako podíl
opraveného odečtu dozimetru měřícího za nestandardních podmínek k opravenému
odečtu za standardních referenčních podmínek. Tato měření jsou obyčejně
prováděna v hloubce maximální dávky, nebo v referenční hloubce a jsou svázána s
dávkou v maximu relativní hloubkovou dávkou, nebo veličinou TMR (tissue maximum
dose - izocentrická hloubková dávka vztažená k hloubce maxima ionizace <sub><img
width=67 height=25 src="klinicka_soubory/image070.gif"></sub>). Při měření

relativních dávkových příkonů musí být zvláštní pozornost věnována homogennosti fluence přes objem komory. To je obzvláště důležité pro svazky menší než 5 cm x 5 cm. Intenzita svazků modifikovaných klínovým filtrem se prudce mění ve směru klínu. Pro měření relativního příkonu v takových svazcích je nutné pracovat s detektorem, jehož rozměr ve směru klínu je co možno nejmenší. Nejvhodnější jsou malé komůrky, jejichž osa je kolmá na směr klínu. Před měřením je nutno zajistit totožnost os svazku, kolimátoru a klínu.

2.13. Odhad nejistoty stanovení absorbované dávky ve vodě za referenčních podmínek

     Nejistoty různých fyzikálních veličin a postupů, které ovlivňují stanovení absorbované dávky ve vodě referenčním dozimetrem v uživatelském svazku, mohou být rozděleny do dvou skupin. V první skupině jsou nejistoty kalibračního faktoru ND,w uživatelova referenčního dozimetru stanoveného standardizační laboratoří. Druhou skupinu tvoří nejistoty spojené s kalibrací uživatelova svazku měřením v referenčním bodě vodního fantomu. Kvadratickou kombinací obou těchto nejistot získáme celkovou nejistotu stanovení absorbované dávky v referenčním bodě vodního fantomu.

Tabulka č.4 - Odhad relativní standardní nejistoty pro stanovení absorbované dávky od svazku gama _{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">} v referenční hloubce vodního fantomu

<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >

<tr>
<td> Fyzikální veličina nebo postup </td>
<td> Relativní standardní nejistota (%) </td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2"> Skupina 1. Kalibrace ve standardizační laboratoři </td>

</tr>
<tr>
<td> Kalibrace sekundárního standardu laboratoře </td>
<td> 0,5 </td>
</tr>
<tr>
<td> Dlouhodobá stabilita sekundárního standardu </td>
<td> 0,1 </td>
</tr>
<tr>
<td> Kalibrace uživatelova referenčního dozimetru v SSDL </td>
<td> 0,4 </td>
</tr>
<tr>

```
      <td><p>Kombinovaná nejistota první skupiny</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,6</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2"><p><i>Skupina 2.
          Kalibrace uživatelova svazku</i></p></td>

    </tr>
    <tr>
      <td><p>Dlouhodobá stabilita uživatelova referenčního dozimetru</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,3</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Realizace referenčních podmínek</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,5</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Nejistota časovače, nebo monitoru svazku</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,1</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Oprava na ovlivňující veličiny</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,3</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Kombinovaná nejistota druhé skupiny</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,6</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Kombinovaná nejistota stanovení dávky</p></td>
      <td><p align=center style='text-align:center'>0,9</p></td>
    </tr>
  </table>
  <p>     Je-li uživatelův dozimetr kalibrován v primární
laboratoři,
    pak kombinovaná nejistota první skupiny bude o něco menší. To se promítne i do
    celkové nejistoty stanovení dávky. Je-li referenční dozimetr okalibrován v
    laboratoři SSDL, pak celková nejistota bývá kolem 0,9 %. Tato hodnota se může
    měnit v závislosti na nejistotě uvedené standardizační laboratoři. Byl-li pro
    kalibraci svazku použit provozní dozimetr, pak celková nejistota stanovení
    dávky ve svazku vzroste o hodnotu charakterizující křížovou kalibraci
    provozního dozimetru referenčním měřidlem (obvykle kolem 0,2 %).</p>
  <p><b><a name="3"></a>3. SYSTÉM ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI</b></p>
  <p><b><a name="3.1"></a>3.1. Základní pojmy</b></p>
  <p><b>Bezpečnost</b> - stav, v němž je riziko poškození zdraví
    nebo materiální škody omezeno na přijatelnou úroveň. Pro zajištění přijatelné
```

úrovně je třeba mít systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření osob a životního prostředí.

Dohlížející osoba - osoba zajišťující soustavný dohled na dodržování požadavků radiační ochrany, která splňuje zvláštní odbornou způsobilost (definovanou atomovým zákonem) odpovídající rozsahu a způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření.

Držitel povolení - subjekt, který může nakládat se zdroji ionizujícího záření na základě povolení SÚJB.

Jakost - celkový souhrn parametrů položky, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené a předpokládané potřeby (např. vhodná forma, aktivita a emitované záření radiofarmaka umožňující optimální zobrazení při minimální zátěži pacienta).

Kontrola - činnost, např. měření, kalibrace parametrů položky a porovnání výsledků s cílem určit, zda byla dosažena shoda pro každý parametr - porovnání parametrů v dané chvíli -např. porovnání skutečné aktivity s deklarovanou.

Návrh - soubor procesů, které přeměňují požadavky na specifikované znaky (např. návrh kontrolovaného pásma).

Neshoda - nesplnění specifikovaného požadavku. Nedostatek ve vlastnostech, dokumentaci, identifikaci nebo postupu, vzhledem k tomu se jakost položky pokládá za neshodnou s danou specifikací (např. způsob balení neodpovídá stanoveným požadavkům, překročení limitů ozáření).

Opatření k nápravě - opatření podniknuté s cílem odstranit příčiny existující neshody, aby se zabránilo jejich opakovanému výskytu (např. zajištění bezpečnějšího způsobu zacházení s radiofarmaky).

Oprava - činnost podniknutá na neshodném výrobku tak, aby splnil požadavky na zamýšlené použití (servisní zásah na základě výsledků provozní zkoušky).

Položka důležitá z hlediska RO - to, co lze individuálně popsat a vzít v úvahu a co může ovlivnit radiační ochranu (např. gama kamera, dozimetrie, vnitřní havarijní plán).

Postup - dokumentovaný způsob provádění činnosti (např. popis přípravy a aplikace radiofarmak).

Požadavky na jakost - vyjádření potřeb nebo jejich převedení do souboru kvantitativně nebo kvalitativně vyjádřených požadavků pro parametry položky. Požadavek na jakost musí vyjadřovat stanovené nebo předpokládané potřeby legislativy, uživatele zdroje, interní požadavky organizace.

Preventivní opatření - opatření podniknuté s cílem odstranit příčiny možné neshody nebo jiné nežádoucí situace (např. poučení pacienta před léčbou, provozní zkouška, používání ochranných pomůcek).

Prohlášení o shodě - doklad o tom, že zařízení splňuje požadavky technických norem nebo je shodné se schváleným typem.

Proces - soubor vzájemně propojených činností, které přeměňují vstupy na výstupy (např. vlastní provedení vyšetření, zkoušky přístroje, nakládání s dokumentací).

Shoda - splnění specifikovaných požadavků (např.
parametry zařízení odpovídají stanoveným požadavkům).
Systém jakosti - organizační struktura, postupy,
procesy a zdroje potřebné k zabezpečování požadavků na jakost.
Výrobek - hmotný, nebo nehmotný výsledek činností
nebo procesů (např. lékařské vyšetření, služba).
Zabezpečování jakosti - všechny plánované a
systematické činnosti realizované a případně prokazované v rámci systému
jakosti s cílem poskytnout přiměřenou důvěru, že položka splní požadavky na
jakost.
Zainteresovaná strana - osoba, subjekt nebo dozorný
orgán, který má zájem na výkonnosti a bezpečném fungování organizace (např.
SÚJB; lékař, který si vyžádal vyšetření).
Záznam - dokument poskytující objektivní důkaz o
provedených činnostech nebo dosažených výsledcích. Záznam může mít písemnou
formu nebo může být uložen na jakémkoliv nosiči. Záznamy jsou neměnné.
3.1.1. Přejímací zkouška zahrnuje:
     a) klasifikaci zdroje ionizujícího záření, pokud již nebyla
provedena dříve výrobcem, dovozcem nebo distributorem nebo při typovém
schválení,
     b) u otevřených radionuklidových zářičů ověření údajů
uvedených v průvodním listu předávaného otevřeného radionuklidového zářiče,
     c) u uzavřených radionuklidových zářičů zkoušku těsnosti a
ověření údajů uvedených v osvědčení uzavřeného radionuklidového zářiče vizuálně
nebo měřením; není-li osvědčení uzavřeného radionuklidového zářiče starší 6
měsíců, provádí se pouze ověření těsnosti zářiče,
     d) u zařízení obsahujících uzavřený radionuklidový zářič:
je-li zařízení dodáváno se zářičem, který nelze demontovat, zkoušku uzavřeného
radionuklidového zářiče podle písmene b) postupy prokazujícími požadované údaje
nepřímo, přičemž ověření výrobního čísla zářiče se neprovádí:
     • ověření funkčnosti zařízení a ověření kvality řídících,
ovládacích, bezpečnostních, signalizačních a indikačních systémů, popřípadě
dalších mechanických a provozních systémů stanovených v rozhodnutí o typovém
schválení,
     • ověření, zda specifikované provozní parametry a vlastnosti
zařízení nevybočují pro očekávaný účel použití z mezí stanovených v českých
technických normách nebo v technické dokumentaci od výrobce nebo dovozce,
     • stanovení dozimetrických veličin a přesnosti těchto
stanovení z hlediska účelu použití,
     e) u generátorů záření a u zařízení, při jejichž provozu

vznikají radionuklidy: ověření funkčnosti a ověření kvality řídicích,
ovládacích, bezpečnostních, signalizačních, indikačních a zobrazovacích systémů
nebo dalších mechanických systémů stanovených v rozhodnutí o typovém schválení,
     • ověření, zda specifikované provozní parametry a vlastnosti
zařízení nevybočují pro očekávaný účel použití z mezí stanovených v českých
technických normách nebo v průvodní technické dokumentaci od výrobce,
     • stanovení dozimetrických veličin a přesnosti těchto
stanovení z hlediska účelu použití.
3.1.2. Zkouška dlouhodobé stability
     Pro jednotlivé zdroje ionizujícího záření se provádí v
rozsahu stanoveném při typovém schvalování zdroje ionizujícího záření a
způsobem odpovídajícím českým technickým normám, a to na základě návrhu výrobce
nebo dovozce zařízení. Rozsah zkoušky se upřesňuj e při přejímací zkoušce nebo
při prvně vykonávané zkoušce dlouhodobé stability nazvané výchozí zkouška dlouhodobé
stability. Zkouška dlouhodobé stability se, pokud SÚJB nestanoví v povolení
nebo v rámci kontrolní činnosti jinak, provádí:
     a) při každém důvodném podezření na špatnou funkci zařízení,
jehož součástí je zdroj ionizujícího záření,
     b) po údržbě nebo opravě, která by mohla ovlivnit vlastnost
nebo parametr ověřovaný při zkoušce dlouhodobé stability,
     c) kdykoli výsledky zkoušek provozní stálosti signalizují,
že charakteristické provozní vlastnosti a parametry zdroje ionizujícího záření
vybočují pro daný účel použití z mezí stanovených v českých technických normách
nebo v technické dokumentaci od výrobce nebo dovozce,
     d) nejpozději před uplynutím od poslední zkoušky:
     • 12 měsíců u významných zdrojů,
     • 12 měsíců u zubních rentgenových zařízení nebo 24 měsíců,
pokud výsledky nezávislé prověrky SÚJB rozeslaným souborem s termoluminiscenčními
dozimetry (TLD audit) potvrdí správnou funkci zařízení,
     • u uzavřených radionuklidových zářičů v rozsahu a
periodicitě podle přílohy Vyhlášky 307/2002 Sb.,
     • 24 měsíců u ostatních jednoduchých zdrojů.
     Zkoušky dlouhodobé stability zajišťuje ten držitel povolení
k nakládání se zdrojem, který má zdroj v držbě. Provádět zkoušky dlouhodobé
stability mohou provádět, jako specifický způsob nakládání se zdroji
ionizujícího záření, jen osoby mající příslušné povolení SÚJB a řídit a
vykonávat je mohou, jako činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany,
pouze fyzické osoby se zvláštní odbornou způsobilostí podle zvláštních právních
předpisů. Výsledky zkoušky dlouhodobé stability se zaznamenávají do protokolu o

této zkoušce, jehož stejnopis obdrží každý, kdo je držitelem povolení k nakládání s daným zdrojem ionizujícího záření. Kopii protokolu zasílá osoba provádějící zkoušku SÚJB do 1 měsíce od provedení zkoušky. Zkoušky dlouhodobé stability se nevztahují na nevýznamné a drobné zdroje ionizujícího záření, na otevřené radionuklidové zářiče, na technologické celky jaderných zařízení, jejich části, jaderné palivo ani na radioaktivní odpady. Zkoušky dlouhodobé stability lze u zdroje ionizujícího záření vyrobeného jeho provozovatelem pro vlastní použití, prototypu nebo unikátního zařízeni nahradit zkouškami provozní stálosti v rozsahu schváleném SÚJB.

3.1.3. Zkouška provozní stálosti

     Zahrnuje pro jednotlivé zdroje ionizujícího záření ověřování charakteristických provozních vlastností a parametrů v rozsahu stanoveném českými technickými normami nebo v rozsahu stanoveném při typovém schvalování zdroje záření podle atomového zákona, a to na základě návrhu výrobce nebo dovozce zařízení. Rozsah zkoušky se upřesňuje při přejímací zkoušce a při zkouškách dlouhodobé stability. Zkouška provozní stálosti se provádí periodicky v intervalech stanovených při přejímací zkoušce nebo na základě doporučení uvedeného výrobcem v technické dokumentaci zdroje ionizujícího záření a vždy po údržbě nebo opravě, která by mohla ovlivnit zkoušenou vlastnost nebo parametr. U uzavřených radionuklidových zářičů se zkouška provozní stálosti provádí zpravidla nepřímo měřením otěru těch částí zařízení, které přicházejí do kontaktu se zářičem, postupem podle české technické normy, a to při každém čištění, nejméně však jednou za 12 měsíců, a při používání v chemicky agresivním prostředí nebo tam, kde je zvýšené riziko mechanického poškození nejméně jednou za 3 měsíce, pokud není v podmínkách povolení nebo rozhodnutí o typovém schválení stanoveno jinak. Zkoušky provozní stálosti provádí nebo zajišťuje ten ohlašovatel nebo držitel povolení k nakládání s daným zdrojem, který má zdroj ionizujícího záření, včetně dalších zkoušených zařízení, v držbě. Výsledky zkoušky provozní stálosti se zaznamenávají do protokolu o této zkoušce vedeného u toho držitele povolení k nakládání se zdrojem, který má zdroj v držbě. Ostatním uživatelům daného zdroje ionizujícího záření musí být umožněno seznámit se s výsledky zkoušek provozní stálosti. Zkoušky provozní stálosti se nevztahují na nevýznamné zdroje ionizujícího záření, na otevřené radionuklidové zářiče, na technologické celky jaderných zařízení, jejich části, jaderné palivo ani na radioaktivní odpady.

3.2. Principy systému jakosti v radiační ochraně

3.2.1. Přístup k systému jakosti

     Systém jakosti vychází z principu zajistit takové výrobky nebo služby, které splňují požadavky a očekávání zákazníka a tím vytvářejí předpoklady pro úspěšné a správné fungování organizace,

     • je realizován na základě mezinárodních standardů nebo právních norem [3] následné vyhlášky SÚJB,

     • prostřednictvím dokumentovaných postupů slouží systém
jakosti jako logický, provázaný a užitečný návod pro provádění činností. Je ho
možné také využívat pro hodnocení a prokazování správnosti provádění těchto
činností,
     • každá organizace je nucena sledovat jednak potřeby a
očekávání zákazníků, jednak požadavky dalších zainteresovaných stran.
     Systém jakosti je nástroj, kterým organizace prokazuje
důvěru, že je schopna poskytovat výrobky nebo služby ve stanovené kvalitě a
splňuje požadovaná kvalitativní a bezpečnostní kritéria
3.2.2. Kvalita a radiační ochrana
     Zdravotnická zařízení používající zdroje IZ musí definovat
strukturované a systematické postupy pro zajištění radiační ochrany z hlediska
bezpečnosti pacientů, pracovníků, životního prostředí a kvality výrobků. Kvalitní
zabezpečení radiační ochrany je takové, které vyloučí neodůvodněné a nežádoucí
účinky IZ na osoby a životní prostředí a hledá nové možnosti snížení stávající
úrovně ozáření (např. minimalizace rizika neúčelného ozáření pacienta). Kvalitním
výrobkem je například vhodně použité radiofarmakum a správně seřízené
zobrazovací zařízení, tak aby získaná diagnostická informace měla dostatečnou
vypovídající hodnotu pro zákazníka při minimálním radiačním zatížení pacienta,
pracovníků a okolí.
Celková kvalita zabezpečení RO je dána kvalitou jednotlivých
činností v každé fázi celého procesu nakládání se zdroji IZ _{<img width=20 height=16 src="klinicka_soubory/image032.gif">} všechny činnosti musí být
pod kontrolou, tj. musí být vytvořeny takové podmínky, aby všechny fáze procesu
probíhaly optimálním a definovaným způsobem. Pro zajištění návaznosti a
standardního přístupu k jednotlivým činnostem je nezbytně nutné vytvořit systém
vzájemně působících a souvisejících prvků, které se vzájemně ovlivňují.
     • Kvalita výrobku ovlivňuje také ekonomickou stránku
prováděných činností.
     • Příklad: byl aplikován radionuklid s nižší aktivitou, než
bylo stanoveno.
     • Lékařské hledisko: nemůže být získána kvalitní
diagnostická informace.
     • Komerční hledisko: zbytečná ztráta radiofarmaka, času
pracovníků a techniky.
     • Hledisko RO: zbytečná radiační zátěž pacienta a
pracovníků.
Tedy nebyla provedena taková systémová opatření, která by
tuto nežádoucí situaci vyloučila.
3.2.3. Principy systému jakosti

     Bezpečné provozování zdrojů ionizujícího záření vyžaduje
systematické a průhledné řízení. Zavedení systému jakosti umožňuje:
     • Zprůhlednit informační toky
     • Popsat pracovní činnosti
     • Definovat odpovědnosti a pravomoci osob
     • Stanovit postupy vzájemné spolupráce
     • Odstranit zbytečné neproduktivní činnosti
     Aby byl systém jakosti funkční, zvyšoval úroveň radiační
ochrany a mohl se stále zdokonalovat, musí být respektovány tyto principy:
     • Odpovědnost za jakost má vedení
     • Jakost potřebuje účelnou organizaci
     • Jakost vyžaduje procesní přístup (tj. stanovit řádný
proces v systému jakosti)
     • Jakost musí být dokumentována
3.2.4. Zabezpečování jakosti při činnostech vedoucích k
ozáření
     Zabezpečování jakosti spočívá ve sledování, měření,
hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin, parametrů a skutečností
důležitých z hlediska radiační ochrany, jako jsou parametry a vlastnosti:
     •zdrojů ionizujícího záření
     •osobních ochranných pomůcek
     •dalších ochranných zařízení, jejichž konstrukce může
ovlivnit radiační ochranu
Cíle programu kvality se dosahují:
     • používáním zdrojů ionizujícího záření, které se shodují se
schváleným typem
     • monitorováním v rozsahu programu monitorování
     • zajišťováním soustavného dohledu nad radiační ochranou
     • vykonáváním činností podle dokumentovaných pracovních
postupů
Položky a procesy důležité z hlediska radiační ochrany:
     • vykonávání činností zvláště důležitých z hlediska radiační
ochrany osobami se zvláštní odbornou způsobilostí (dohlížející a řídící
pracovníci)
     • provádění činností vedoucích k ozáření osobami odborně a
zdravotně způsobilými (pracovníci kategorie A)
     • poučování pracovníků z radiační ochrany (pracovník
odpovědný za výcvik personálu)

     • zdůvodnění vystavení pracovníka každému jednotlivému
možnému ozáření (vedoucí pracoviště)
     • manipulace se zdroji záření
     • monitorování v rozsahu programu monitorování
     • hodnocení výsledků osobního monitorování
     • provádění činností podle dokumentovaných pracovních postupů
     • provádění provozních testů zdrojů záření
     • tvorba a provádění změn Programu zabezpečování jakosti a
související dokumentace
     Radiační ochrana musí být dokumentována evidována a archivována,
což patří rovněž mezi položky a procesy důležité z hlediska radiační ochrany, a
značná část dokumentace je kontrolována dozornými orgány. Systém jakosti musí
být popsán vzhledem k zajištění standardizace prováděných činností a pro
ujištění zainteresované strany, že procesy jsou definovány a řízeny.
Dokumentace odstraňuje neurčitost a nejistoty výkonů činností a je podmínkou
funkčnosti systému jakosti. Musí být jednoznačně a srozumitelně stanoveno kdo,
co, jak, kdy a kde vykonává, s jakým výsledkem, a to minimálně pro všechny
činnosti důležité z hlediska RO. Dokumentace systému jakosti je hierarchicky
strukturovaná do tří stupňů:
     První stupeň: program zabezpečování jakosti -
základní dokument, který v organizaci musí popisovat zabezpečení požadavků
důležitých z hlediska RO. Je nezbytnou součástí dokumentace „Žádosti o povolení
k nakládání se zdroji IZ“ podle atomového zákona.
Jeho schválení SÚJB je jednou z podmínek pro vydání povolení
k nakládání se zdroji IZ. Popsané činnosti a procesy mohou být kontrolovány
SÚJB a zjištění nesrovnalostí mezi tímto dokumentem a skutečností může být
předmětem sankcí. Obsahuje popisy hlavních činností, vzájemných vztahů, vazeb,
odpovědností a pravomocí. V něm uváděné informace musí být takové, aby popsané
skutečnosti byly pravdivé a s náležitou vypovídací schopností o zavedeném
systému jakosti.
     Druhý stupeň: směrnice - dokumentace, která popisuje
organizační vazby a rozhraní, odpovědnosti a pravomoci, používaná zařízení,
spolupráci s externím organizacemi a zainteresovanými stranami. Popisuje, . jak
je systém jakosti naplňován v jednotlivých požadavcích. Jedná se o organizační
směrnice, vnitřní havarijní plán, program monitorování, které popisují systém
podle zásady - kdo, co vykonává a jak při tom postupuje.
     Třetí stupeň: standardní operační postupy, provozní
pokyny - dokumentace, která popisuje konkrétní pracovní činnosti prováděné na
pracovišti a zařízeních. Činnosti jsou popsány podle zásady: jak se postupuje
při prováděné činnosti a kde se provádí.

     Záznamy je důležitá součást všech stupňů dokumentace. Poskytují důkazy o shodě s požadavky na provedené činnosti a umožňují prokázat dosaženou úroveň jakosti konkrétní položky. Musí být stanoveny postupy pro tvorbu záznamu - kdo záznam pořizuje, kdo je zodpovědný za pořízení záznamu, kde je záznam uložen a jak dlouho.

     Mezi položky důležité z hlediska radiační ochrany se řadí tato dokumentace a její archivace:

     a) evidence dokladů o závěrech preventivních lékařských prohlídek pracovníků

     b) evidence a archivace výsledků osobního monitorování

     c) záznamy o monitorování pracoviště

     d) archivace všech veličin, parametrů a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany, včetně programu monitorování a výsledků monitorování

     e) patří sem i záznamy zdrojích záření a měřidlech, zejména:

          • odběr zářičů

          • přeprava zářičů

          • manipulace se zářiči

          • předání zářiče jiné osobě

          • zkoušky přejímací, dlouhodobé stability, provozní stálosti

          • zabezpečení, kontrola kalibrace a kalibrace provozních měřidel

          • ověření stanovených měřidel

     Jakost v radiační ochraně potřebuje neustálé hodnocení, které musí být zaměřeno na průběžné sledování dosažených výsledků jakosti, musí být identifikovány odchylky od stanovených nebo předpokládaných požadavků, analyzovány příčiny neshod a realizována nápravná opatření. Hodnocení zahrnuje posouzení shody se stanovenými požadavky; při jeho provádění jsou hledány odpovědi na otázky:

     • Jsou základní a dílčí procesy určeny a odpovídajícím způsobem popsány?

     • Jsou stanoveny jednoznačné odpovědnosti a pravomoci pro řízení stanovených procesů?

     • Jsou činnosti realizovány podle dokumentovaných postupů?

     Výsledky hodnocení slouží ke zlepšení stávající stavu systému jakosti. Přezkoumání systému jakosti vedením organizace zahrnuje posouzení vhodnosti, přiměřenosti a účinnosti v souvislosti s požadavky na jakost a radiační ochranu.

3.2.5. Požadavky na systém jakosti

     Před prováděním činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření musí být:

     • Identifikovány výrobky, činnosti, vztahy, systémy a osoby (dále položky) důležité z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

     • Stanoveny a dokumentovány odpovědnosti, pravomoci a vzájemné vztahy osob, které řídí, vykonávají, hodnotí a ověřují činnosti ovlivňujících jakost položek důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

     • Stanoveny a dokumentovány postupy pro dílčí činnosti nebo jejich ucelené soubory důležité z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany (dále procesy).

     • Zajištěny dostatečné finanční, personální, technické a jiné zdroje a předpoklady nutné pro výkon činností ovlivňujících jakost položek důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.

     • Systém jakosti pro povolované činnosti je nezbytné zavést a zdokumentovat formou programu zabezpečování jakosti.

3.3. Program zabezpečení jakosti

3.3.1. Jedním z důležitých dokumentů v systému je Program zabezpečování jakosti (dále jen „Program“) pro danou organizaci. Zavádí se pro celý rozsah nakládání se zdroji ionizujícího záření, resp. pro všechny činnosti vedoucích k ozáření. Jeho cílem je zajistit minimální možné ozáření pracovníků a ostatních osob podle principu ALARA [2]. Je zpracován ve smyslu ustanovení zákona č. 18/1997 Sb. [3]. Jako příklad lze uvést oblasti, pro něž je zpracován:

v jaderné energetice

     a) dodávky, montáže, opravy, údržba a kalibrace zařízení a systémů

          • pro měření veličin v atomové a jaderné fyzice

          • pro měření a regulaci obecně fyzikálních veličin

          • pro elektrická zařízení

          • pro elektrická zabezpečení

     b) speciální měření radiační situace
     c) odběry a analýzy vzorků
     d) provoz jaderné elektrárny
nebo v nukleární medicíně kde se projevují dva
vzájemně propojené procesy:
         • proces přípravy radiofarmaka
         • proces jeho aplikace
Vyplývá z toho - vstupní materiál při procesu přípravy je
radionuklid, výstupní materiálem je již radionuklid převedený do lékové formy a
připravený pro aplikaci. Připravené radiofarmakum je vstupem do procesu
aplikace pacientovi pro vyšetření.
Komponenty, které oba procesy ovlivňují:
     • osoby připravující radiofarmaka (jejich znalosti a
zkušenosti),
     • použitá zařízení (stínící a manipulační prostředky, měřiče
aktivity, scintilační kamera, počítač),
     • metoda (SOP pro přípravu radionuklidu, metodika
vyhodnocení, software),
     • prostředí (dostatek času, prostoru, kontrolované pásmo,
monitorování).
3.3.2. Program zabezpečování jakosti musí obsahovat:
     • Obchodní jméno, sídlo a formu právnické, nebo fyzické
osoby držitele povolení a jeho přímých dodavatelů položek důležitých z hlediska
jaderné bezpečnosti a radiační ochrany.
     • Předmět, místo a rozsah činností držitele povolení.
     • Výčet položek důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a
radiační ochrany, včetně procesů, na které se program zabezpečování jakosti
vztahuje, s vyznačením činností důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti,
které se provádějí dodavatelským způsobem.
     • Popis systému jakosti držitele povolení, včetně pravomocí,
odpovědností, způsobu řízení a organizačního zabezpečení jednotlivých prvků
tohoto systému.
     • Rozpracované požadavky na systém jakosti a zabezpečování
jakosti dodavatelů a subdodavatelů položek důležitých z hlediska jaderné
bezpečnosti, včetně způsobu hodnocení systémů jakosti a ověřování zabezpečování
jakosti u těchto dodavatelů a subdodavatelů.

     • Seznam navazující dokumentace o zabezpečováni jakosti s
její jednoznačnou identifikací.
     • Způsob a četnost prověrek na soulad s vyhláškou SÚJB
214/1997Sb., zabezpečovaných držitelem povolení a způsob a forma zaznamenávání
výsledků těchto prověrek.
     • Způsob provádění revizí a změn programu zabezpečování
jakosti a navazující dokumentace s podmínkou, že postup ověřování a schvalování
revizí a změn musí být prováděn podle stejných zásad jako u původního programu.
Obsahem „Programu" je, vedle uvedených oblastí
platnosti, také popis:
     • pravomocí a odpovědností
     • systému jakosti
     • zabezpečování jakosti při činnostech vedoucích k ozáření
     • dokumentace, tj. záznamy, evidence, archivace apod.
3.4. Pravomoci a odpovědnosti
3.4.1. Odpovědnost za jakost
     Vedení musí zajistit dostatečné finanční, materiálové a
personální zdroje pro provádění činností spojených s užíváním zdrojů IZ. To
znamená mít dostatečné prostředky pro zajištění ochranných a manipulačních
pomůcek, nákup vhodných měřících přístrojů, zajištění servisu, příslušenství,
náhradních dílů; školení pracovníků, vhodných prostor atd. Vedení musí ověřovat
a hodnotit funkčnost zavedeného systému jakosti.
Z hlediska atomového zákona je za RO zodpovědný držitel
povolení - ten je zpravidla reprezentován vedením organizace, popř. majitelem.
     a) Pracovník vykonávající dohled nad radiační ochranou
(dále jen „dohlížející pracovník“):
• zajišťuje trvalý kontakt a komunikaci s dozornými orgány
na ochranu před zářením;
• instruuje zaměstnance o správných způsobech práce a o
konkrétních opatřeních na ochranu před ionizujícím zářením;
• vyžaduje dodržování pravidel radiační ochrany a dalších
navazujících předpisů a provádí namátkové kontroly jejich dodržování dle
příslušné dokumentace;
• poskytuje všem pracovníkům organizace konzultace při
vyjasňování některých ustanovení obecně závazných předpisů a při řešení
konkrétních situací;
• kontroluje, zda se pracovníci organizace podrobili všem
předepsaným preventivním, vstupním, periodickým a mimořádným lékařským
prohlídkám pro práci v riziku ionizujícího záření;

• účastní se jednání o nápravných opatřeních s držiteli povolení v případě překročení referenčních úrovní stanovených držiteli povolení (u pracovníků vlastní organizace) v prostorách držitelů povolení;
• odpovídá za prokazatelné proškolení pracovníků organizace z pravidel práce se zdroji ionizujícího záření;
• kontroluje dokumentaci organizace z hlediska požadavků radiační ochrany a upozorňuje na nedostatky v této dokumentaci;
• . zastavuje libovolnou činnost pracovníků organizace v případě, že by při této činnosti mohlo dojít k porušení hlavních principů radiační ochrany.
     b) vedoucí pracovník:
• vyžaduje dodržování pravidel radiační ochrany a dalších navazujících předpisů a provádí namátkové kontroly jejich dodržování dle příslušné dokumentace;
• kontroluje, zda se podřízení pracovníci podrobili všem předepsaným lékařským prohlídkám pro práci se zdroji ionizujícího záření;
• odpovídá za prokazatelné proškolení svých podřízených pracovníků z pravidel práce se zdroji ionizujícího záření;
• oznamuje všechny závady ohrožující ochranu před ionizujícím zářením na pracovišti „dohlížejícímu pracovníkovi";
• zajišťuje dodržování postupů v odpovídající dokumentaci.
c) Pracovník řídící práci se zdroji ionizujícího záření (dále jen „řídící pracovník"):
• instruuje zaměstnance o správných způsobech práce a o konkrétních opatřeních na ochranu před ionizujícím zářením;
• vyžaduje dodržování pravidel radiační ochrany a dalších navazujících předpisů a provádí namátkové kontroly jejich dodržováni dle příslušné dokumentace;
• kontroluje, zda se daní pracovníci podrobili všem předepsaným lékařským prohlídkám pro práci se zdroji ionizujícího záření;
• odpovídá za prokazatelné proškolení daných pracovníků z pravidel práce se zdroji ionizujícího záření;
• účastní se jednání o nápravných opatřeních s držiteli povolení v případné překročení referenčních úrovní stanovených držiteli povolení (u pracovníků vlastní organizace) v prostorách držitelů povolení v případě, že se neúčastní dohlížející pracovník;
• kontroluje dokumentaci z hlediska radiační ochrany a upozorňuje na případné nedostatky v ní;
• zastavuje libovolnou činnost pracovníků organizace v případě, že by při této činnosti mohlo dojít k porušeni hlavních principů radiační ochrany.
     d) Pracovník odpovědný za výcvik personálu:
• zajišťuje a organizuje předepsaná školení pracovníků dle plánu výcviku, požadavků dohlížejícího a vedoucích pracovníků;

• zajišťuje, aby se daní pracovníci vstupující do kontrolovaného pásma organizace podrobili všem předepsaným lékařským prohlídkám pro práci se zdroji ionizujícího záření;
• předkládá řediteli (vedoucímu, majiteli apod.) plán
školení;
• uchovává dokumentaci a vede záznamy o výcviku a
zdravotních prohlídkách všech pracovníků organizace.
     e) Povinnosti pracovníků pracujících se zdroji
ionizujícího záření:
• znát a dodržovat ustanovení Provozních pokynů pro bezpečné
nakládání se zdroji ionizujícího záření, Programu monitorování, Vnitřního
havarijního plánu a Programu zabezpečování jakosti u své organizace, případně
externí organizace, u niž pracují;
• podrobovat se pravidelně předepsaným lékařským prohlídkám
(obvykle s periodou 1 rok);
• soustavně zvyšovat svou kvalifikaci pro práci se zdroji
záření a prohlubovat znalosti způsobů ochrany před ionizujícím zářením a
podrobovat se pravidelnému ověření těchto znalostí (obvykle s periodou 1 rok);
• oznamovat pracovníkovi řídícímu práce se zdroji ionizujícího
záření, dohlížejícímu pracovníkovi, případně vedoucímu pracoviště, skutečnosti,
které mění jejich zdravotní způsobilost k práci se zdroji záření, všechny
závady ohrožující ochranu před ionizujícím zářením na pracovišti a také
nedostatky v dokumentaci týkající se radiační ochrany.
3.5. Popis systému jakosti
3.5.1. RO potřebuje účelnou organizaci.
     Musí být stanovena účelná organizační struktura a
organizační rozhraní, odpovědnosti a pravomoci za provádění konkrétních
činností (obrázek č.2). V rámci organizace musí být určena osoba se zvláštní odbornou
způsobilostí k vykonávání soustavného dohledu nad dodržováním RO a stanoveny
její odpovědnosti a pravomoci. Rozsah organizační struktury - může zahrnovat i
organizační rozhraní s externími organizacemi a formu komunikace.
Obrázek č.2
<img width=579 height=373 src="klinicka_soubory/image073.gif">
3.5.2. V Příručce jakosti
     Jsou uvedeny vazby a odpovědnosti pracovníků, kteří se
zdroji IZ přímo nenakládají, ale svou činností mohou RO ovlivnit (např. osoby
odpovědné za zásobování atd.). Jako příklad lze uvést větší firmu, třeba
jadernou elektrárnu [4].
Tabulka č.5

```
<table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0 bordercolor="black"
style="border-collapse: collapse" >
    <tr>
      <td><p>Kapitola Příručky jakosti</p></td>
      <td><p>Odpovídá (příklad)</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Odpovědnost vedení</p></td>
      <td><p>Ředitel organizace</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Systém jakosti</p></td>
      <td><p>Ředitel organizace, představitel systému jakosti (PSJ)</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2"><p align=center style='text-align:center'>Řízení dokumentů a
údajů:</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>systémová dokumentace</td>
      <td><p>PSJ, dohlížející pracovník</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>obchodní dokumentace</td>
      <td><p>Obchodní ředitel</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>technická dokumentace</td>
      <td><p>Technický ředitel</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Nakupování</p></td>
      <td><p>Tech. ředitel, referent zásobování</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Řízení dodaného výrobku</p></td>
      <td><p>Dtto</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Identifikace a sledovatelnost výrobku</p></td>
      <td><p>Dtto</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Řízení procesu</p></td>
      <td><p>Technický ředitel</p></td>
    </tr>
```

```
    <tr>
      <td><p>Kontrola a zkoušení</p></td>
      <td><p>PSJ, Dohlížející pracovník</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Řízení měřícího zařízení</p></td>
      <td><p>Metrolog</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Stav po kontrole a zkouškách</p></td>
      <td><p>Technický ředitel, PSJ</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Řízení neshodného výrobku</p></td>
      <td><p>Tech. ředitel, referent zásobování</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Opatření k nápravě a preventivní opatření</p></td>
      <td><p>Ředitel organizace, Výrobní ředitel</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Manipulace, skladování atd.</p></td>
      <td><p>Referent zásobování</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td colspan="2"><p align=center style='text-align:center'>Řízení záznamů o
jakosti:</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>technický úsek</p></td>
      <td><p>Technický ředitel</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>obchodní úsek</p></td>
      <td><p>Obchodní ředitel</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>kontrola vyhotovení</p></td>
      <td><p>PSJ</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Interní prověrky jakosti</p></td>
      <td><p>PSJ, auditor</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Výcvik</p></td>
```

```
      <td><p>PSJ, personalista, dohlížející pracovník</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>Statistické metody</p></td>
      <td><p>Tech. ředitel, statistik</p></td>
    </tr>
</table>



<p><b>3.5.3. Jakost v radiační ochraně vyžaduje procesní
    přístup</b></p>
  <p>     Procesem je jakákoliv činnost, která přeměňuje vstupy
na
    výstupy. Na používání zdrojů ionizujícího záření lze pohlížet jako na proces,
    který je složen ze vzájemně propojených dílčích procesů. Každý z procesů má
    určité vstupy a výstupy a zahrnuje komponenty, které průběh procesu ovlivňují.
    Výstup z jednoho procesu je vstupem do dalšího procesu.</p>
  <p>     Procesní přístup vyžaduje:</p>
  <p>     Definování základních a dílčích procesů v organizaci
(např.
    položky důležité z hlediska RO).</p>
  <p>     Stanovení požadavků na vstupní a výstupní parametry
procesu
    (např. parametry zařízení). Hodnocení možných rizik, souvislostí a vlivů na
    bezpečnost procesu (např. program monitorování, vnitřní havarijní plán).</p>
  <p>     Stanovení jasných odpovědností a pravomocí pro řízení
    procesu (např. organizační struktura).</p>
  <p>     Definování rozhraní procesů uvnitř i vně organizace
(např.
    zajištění dodávek radiofarmak, likvidace kontaminovaných odpadů). Pokud se podaří
zajistit
    kvalitu dílčích procesů, je vytvořen předpoklad pro kvalitu a bezpečnost
    procesu používání zdrojů IZ. Požadovaného výsledku se dosáhne s větší účinností
    a bezpečněji, jsou-li jednotlivé činnosti a související komponenty řízeny jako
    proces.</p>
  <p><b><a name="4"></a>4. ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI V RADIOTERAPII</b></p>
  <p><b><a name="4.1"></a>4.1. Co je zabezpečování jakosti</b></p>
  <p>Jsou to:</p>
  <p>     • Všechna plánovaná opatření a systematické akce
nezbytné
    pro poskytnutí důvěry, že výrobek nebo služba bude uspokojovat dané požadavky
    na jakost (podle ISO 9000).</p>
  <p>     • Mezinárodní agentura pro atomovou energii ji chápe
v
    kontextu lékařských expozic jako zásadní pro radiační ochranu pacientů [5].</p>
```

     Je to dále souhrn prvků nebo charakteristik, které se opírají o naši schopnost směřovat k cíli zajištění efektivní péče o pacienta. Dosažení tohoto cíle vyžaduje implementovat program zabezpečování jakosti pro všechny části zařízení. Zabezpečování jakosti a kontrola jakosti je rovněž důležitá pro celkové posouzení efektivnosti radiační ochrany a bezpečnostních opatření.

4.1.1. Jaké jsou úkoly při zabezpečování jakosti

     • Být dobře obeznámen s koncepcí zabezpečování jakosti jako multidisciplinární činnosti a jejího vzájemného vztahu s radiační ochranou v radioterapii;

     • Být dobře obeznámen s postupy zabezpečování jakosti jako nástroje pro posouzení a hodnocení celkové účinnosti programu radiační ochrany;

     • Být schopen porozumět potřebě a úloze specifických testů v kontextu kontroly jakosti a být schopen pochopit národní a mezinárodní protokoly pro tento úkol;

     • Být si vědom potřeby zaangažovanosti odborníků v programu zabezpečování jakosti a radiační ochraně.

4.2. Kontrola a programy zabezpečování jakosti

     Zabezpečování jakosti je celkový proces, který je podporován činnostmi kontroly jakosti. Kontrola jakosti popisuje aktuální mechanismy a postupy, jimiž je zajišťována jakost.

     Osoby žádající o povolení a držitelé povolení musí zavést komplexní program zabezpečování jakosti pro lékařské expozice za účasti kvalifikovaných expertů v příslušných oborech (radiační fyzika, radiofarmacie), přičemž musí být vzaty v úvahu principy ustanovené Světovou zdravotnickou organizací a Pan American Health Organization [5]. Dobrý program uvádění do provozu je fundamentální pro jakékoliv činnosti zabezpečování jakosti. Činnosti zabezpečování jakosti jsou typicky podmnožinou testů a postupů používaných pro uvádění jednotky do provozu. Zabezpečování jakosti aplikuje jak fyzikální, tak klinické aspekty léčby.

     Programy zajišťování jakosti musí být ustanoveny tak, aby poskytovaly:

• adekvátní zabezpečení, že jsou splněny specifikované požadavky související s ochranou a bezpečností,

• mechanismus kontroly jakosti a postupy pro posouzení a hodnocení celkové efektivnosti ochranných a bezpečnostních opatření.

     Programy zabezpečování jakosti pro lékařské expozice musí zahrnovat:

• měření fyzikálních parametrů generátorů záření,
zobrazovacích zařízení a ozařovacích aparatur při uvedení do provozu a následně
periodicky,
• ověřování příslušných fyzikálních a klinických faktorů
používaných při diagnostice a léčbě pacientů,
• jak dalece je to možné, pravidelný a nezávislý audit
programu zabezpečování jakosti pro radioterapeutické postupy,
• písemné záznamy relevantních postupů a výsledků,
• ověřování vhodnosti kalibrace a podmínek provozování
dozimetrie a monitorovacího vybavení atd.
     Musí být uchovávány záznamy všech relevantních aspektů léčby
zahrnující:
         • Záznamy o všech parametrech léčby
         • Výpočty dávky
         • Měření dávky
4.3. Systémy zabezpečování jakosti
     Jsou vysoce úspěšné ve výrobním průmyslu, protože zlepšují
produktivitu a vyvarují se nákladných chyb. Existuje mnoho systémů
zabezpečování jakosti - jedním důležitým příkladem je systém ISO 9000. Je to
komplexní sada standardů pro zabezpečování jakosti (zejména ve výrobním a
servisním průmyslu).
     Podle European Society for Therapeutic Radiology and
Oncology (ESTRO) [6] se obvykle program zabezpečování jakosti skládá z:
     • Výboru zabezpečování jakosti
     • Příručky přístupů a postupů zabezpečováni jakosti
     • Týmu zabezpečování jakosti
     • Auditu jakosti
     • Prostředků ke kontrole jakosti
4.3.1. Výbor zabezpečováni jakosti
Musí reprezentovat mnoho oborů v rámci oddělení:
     • Předsedou by měl být vedoucí oddělení.
     • Musí zahrnovat minimálně lékaře, fyzika a
radioterapeutického technika.
     • Musí být jmenován a podporován nadřízeným vedením.
     • Musí mít dostatečné zkušenosti k tomu, aby porozuměl
důsledkům procesu.
     • Musí mít pravomoc a přístup k prostředkům pro podněcování
a provádění procesu zabezpečování jakosti.
     • Měl by „reprezentovat" oddělení.

     • Měl by být „viditelný" a přístupný personálu.
     • Dohlíží na celý program zabezpečování jakosti.
     • Píše postupy pro zabezpečení jakosti péče o pacienta.
     • Je nápomocen personálu v přizpůsobení programu tak, aby
vyhověl potřebám oddělení (s použitím publikovaných zpráv jako návodu).
     • Monitoruje a kontroluje program, aby bylo zajištěno, že
každá komponenta je prováděna a dokumentována.
     •Uděluje schválení „akčních úrovní“.
Jako příklad lze uvést:
     Fyzikovi je uděleno právo zajišťovat správný výstup
urychlovače. Pro denní kontrolu výstupu jsou ustanoveny dvě „akční úrovně“. Pro
každé denní měření, které přesahuje 2 % a je nižší než 4 %, může léčba pokračovat, ale zodpovědný vedoucí fyzik
musí být neprodleně informován. Pro každé denní měření přesahující 4 % musí být
léčba okamžitě zastavena a problém je zkoumán zodpovědným vedoucím fyzikem.
Výbor zabezpečování jakosti pak kontroluje, kde byly překročeny „akční
úrovně" a kde bylo objeveno, že postupy jsou nesprávné. Po kontrole musí
být v písemné podobě formulováno doporučení pro zlepšení programu zabezpečování
jakosti. Výbor se musí setkávat ve stanovených intervalech a ponechat si čas
pro účely kontroly doporučených akcí a dosažených výsledků. Výbor zabezpečování
jakosti (i Tým zabezpečování jakosti) musí soustavně sledovat nové informace a
implementovat je do svých postupů
4.3.2. Příručka přístupů a postupů (PZJ)
     Obsahuje jasné a výstižné popisy všech přístupů a postupů
prováděných na oddělení. Je přezkoumávána (typicky) ročně a je aktualizována
při každé změně postupů. Musí být podepsána vedoucím oddělení a vedoucími příslušných
sekcí, má však odrážet názory všech zaměstnanců. Musí být uchováván seznam
všech kopií příručky a míst jejich uložení, aby bylo zajištěno, že každá kopie
je aktualizována.
Jako minimum by měly existovat sekce pro:
     • Administrativní postupy
     • Klinické postupy
     • Léčebné postupy
     • Fyzikální postupy
     • Radiační bezpečnost
4.3.3. Tým zabezpečování jakosti
     Každý člen týmu musí znát své zodpovědnosti, být vyškolen
pro jejich provádění a vědět, jaké akce musí být provedeny, jestliže test nebo
činnost leží mimo předvolené „akční úrovně“. Každý člen týmu musí rovněž

porozumět následkům, jestliže test nebo činnost leží mimo „akční úrovně“. Musí být uchovány záznamy dokumentující frekvenci výkonů, výsledků a nápravných akcí.

4.3.4. Audit jakosti

     „Systematické a nezávislé zkoušky a hodnocení za účelem určení, zda jakost činností a výsledků vyhovuje opatřením a zda opatření jsou implementována efektivně a vhodně pro to, aby bylo dosaženo cílů“ [6]. Ideálně je prováděn externím odborníkem.

4.4. Kontrola jakosti v radioterapii

Činnosti zabezpečování jakosti v radioterapii se obecně dělí na tři oblasti:

     • Fyzikální dozimetrie

     • Plánování léčby

     • Léčba pacienta

Činnosti musí být plánovány:

     • denně

     • týdenně

     • měsíčně

     • ročně

     • kdykoliv je zapotřebí

4.4.1. Radioterapie externím svazkem

Příklad denní kontroly:

     • bezpečnost

     • dveře a jiná blokování

     • varovná světla

     • monitory radiačního prostředí

     • kontrola radiační stability atp.

Příklad týdenní kontroly:

     • Kontrola pozice zdroje (_{<img width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif">})

Příklad měsíční kontroly:

     • Dozimetrie

     • Stabilita výkonu

     • Záložní monitory

     • Bezpečnostní blokování

     • Shoda světelného a radiačního pole

     • Poloha izocentra

     • Indikátory velikostí pole atd.

Příklad roční kontroly.

     • Dozimetrie

     • Bezpečnost

     • Mechanické součásti

4.4.2. Brachyterapie

Jsou prováděny a dokumentovány tyto kontroly zdrojů:

```
  <p>     • Fyzikálně-chemická forma</p>
  <p>     • Zapouzdření zdroje</p>
  <p>     • Distribuce radionuklidu a homogenita</p>
  <p>     • Autoradiograf</p>
  <p>     • Homogenita aktivity mezi zrny</p>
  <p>     Kalibrace je prováděna na základě předpisu a
dokumentace
    dodané výrobcem, včetně kontroly tolerancí. V ideálním případě je vhodné
    kalibrovat každý zdroj, v každém případě všechny zdroje s dlouhým poločasem
    (např. <sub><img width=36 height=21 src="klinicka_soubory/image074.gif"></sub>),
    pokud je to možné i všechny (pokud je jich málo) zdroje s krátkým poločasem
    přeměny (např. <sub><img width=27 height=20
src="klinicka_soubory/image075.gif"></sub>).</p>
  <p>Obvyklé tolerance jsou:</p>
  <p>     • Střední hodnoty série (3 %)</p>
  <p>     • Odchylka od střední hodnoty (5 %)</p>
  <p><b>4.4.3. Dálkově ovládaný afterloading</b> </p>
  <p><i>Kontrola před každým léčebným dnem:</i></p>
  <p>     • Bezpečnost blokování dveří ozařovny </p>
  <p>     • Osvětlení a alarmy</p>
  <p>     • Radiační monitory </p>
  <p>     • Funkce konzole</p>
  <p>     • Vizuální inspekce vodících lišt zdroje aj.</p>
  <p><i>Týdenně:</i></p>
  <p>     • Přesnost zdroje a zakládání makety</p>
  <p>     • Umístění zdroje</p>
  <p><i>Při každé změně zdroje nebo čtvrtletně:</i></p>
  <p>     • Kalibrace</p>
  <p>     • Funkce časovače</p>
  <p>     • Přesnost vodících prvků a konektorů</p>
  <p><i>Ročně:</i></p>
  <p>     • Algoritmus výpočtu dávky</p>
  <p>     • Simulace nouzových podmínek</p>
  <p>     • Verifikace inventáře zdrojů</p>
  <p><i>Zabezpečováni jakosti nevyžaduje pouze léčebná jednotka,
    ale i SIMULÁTOR:</i> </p>
  <p>     • kVp a mAs kalibrace</p>
  <p>     • Kontrola jakosti zesilovač obrazu</p>
  <p>     • Kontrola automatické expozice, je-li používána </p>
  <p>     • Proces zpracování filmů</p>
  <p><b>4.4.4. CT scanner</b></p>
  <p>     • Jakost zobrazení</p>
  <p>     • Změna měřítka a deformace</p>
  <p>     • Přenos dat</p>
  <p>     • Přenos pacienta (je-li pozice v pořádku, je lůžko
na CT a
```

lineárním urychlovači identické?)
     • Zabezpečování jakosti pro měřící zařízení:
     • Lokální standard
     • Kalibrace 2x ročně
     • Přístroje pro měření pole
     • Linearita
     • Únik
     • Rekombinace
     • Automatizované scannery
     • Přesnost pozice
     • Připojení
     • Přesnost analýzy dat
     • Příslušenství
     • Teploměr
     • Barometr
4.4.5. Přínosy a náklady systému zabezpečování jakosti
     • Náklady
     • Specializovaní pracovníci - kvalifikace, školení a počet
     • Vybavení - zahrnuje příspěvek na nadbytečnost
     • Čas - uvádění do provozu, zabezpečování jakosti, zprávy, schůze, výcvik, atd.
Přínosy:
a) pro oddělení:
     • zlepšený organizační systém
     • zlepšená komunikace
     • zlepšená bezpečnost
     • méně zdvojení a plýtvání
b) pro pacienty:
     • optimalizované postupy
     • opětovné ujištění, že byly ozářeni správnou dávkou
c) další:
     • spolehlivost
     • potenciální získáváni financování (a konto pro ně)
     • účast na multicentrických klinických zkouškách
     • pravidelné aktualizace a audity, aby se mohlo pokračovat
ve zlepšeních
     • hrdost a důvěra zaměstnanců
     • angažovat administrativy v případě jejich účasti na
školení
Co riskujeme bez programu zabezpečování jakosti - příklad:
     V Exeteru, UK byl instalován nový zdroj <sub><img width=33

height=21 src="klinicka_soubory/image002.gif"></sub>. V průběhu 5 následujících
měsíců byla aplikována 207 pacientům dávka vyšší o 25 % v důsledku nesprávné
kalibrace.
Přispívající faktory:
     • Kalibrační údaje nebyly detailně zaznamenány
     • Málo dokumentace a protokolů
     • Snížený počet zaměstnanců (peníze)
     • Nebyla proveden nezávislá kontrola výpočtů a
kalibrace
To bylo zjištěno během širokého národního průzkumu!
5. ZABEZPEČOVÁNÍ JAKOSTI V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ
Cílem je:
     a) informovat lékaře, radiology, fyziky, technology a
další
zabývající se různou praxí v nukleární medicíně o vlivu absorbovaných dávek na
pacienty;
     b) indikovat cesty, při nichž toto riziko může být
minimalizováno při zamýšleném lékařském přínosu.
     Programy zabezpečování jakosti v kombinaci s dobrou
organizací snižují počet opakovaných vyšetření a zlepšují kvalitu diagnostické
informace a také snižují zátěž pacientů při radioterapii. Nutno si uvědomit
biologickou variabilitu - na základě popsaných výpočtů lze dávku pro
jednotlivce odhadnout. Fantomy mají přesně definované rozměry a vzdálenosti
mezi nimi. Nicméně se jedná o nejlepší odhady, jichž lze dosáhnout. Pokud je
hmotnost některého orgánu známa (např. štítná žláza), lze ji do odhadování
zahrnout. Jako příklad aplikace lze uvést <sub><img width=37 height=21
src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> MIBI časné a pozdní (scintigrafie
příštitných tělísek).
Indikace:
     Diagnostika hyperfunkčního příštitného tělíska
(adenom,
hyperplasie, výjimečně karcinom).
Příprava na vyšetření:
     Vyšetření nevyžaduje speciální přípravu.
Radiofarmakum a aplikovaná aktivita:
     700 MBq <sub><img width=37 height=21
src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> MISI i.v. U dětí nutno přepočítat
aplikovanou aktivitu dle váhy a tabulky EANM.
Přístrojové vybavení:
     Kamera Sopha DST-XL vybavená kolimátorem LEAP.
Postup vyšetření:
     Časný snímek se provádí za 10 minut po i.v. aplikaci
radiofarmaka. Pacient vyšetřován vleže na zádech, hlava ke gantry, v mírném
záklonu, (ev. podložení zad polštářem). Zorné pole zahrnuje dolní část hlavy,
krk a hrudník až pod horní okraj jater. Ve stejném nastavení se provádí i
pozdní snímek za 120 - 180 minut po aplikaci radiofarmaka. Vyšetření se v

pozdní fázi doplňuje vždy SPECTem krku a hrudníku.
Snímkování:
1. Chained Protocol - <sub><img width=37 height=21
src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> MIBI Č+P 99mTC MIBI časné
(128x128, snímek á 10 minut, zoom 1,6)
2. Chained Protocol - <sub><img width=37 height=21
src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> MIBI Č+P 99mTc MIBI pozdní (128x128,
snímek á 10 minut, zoom 1,6)
3. Značka jugulum (ev. u ektopického tělíska i dolní okraj
sterna - zavolat lékaře) Chained Protocols <sub><img width=37 height=21
src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> MIBI Č+P-Značka jugulum
(snímek 128x128, zoom 1,6, snímek stopnout po dostatečném
zobrazení značky)
4. SPECT krku a hrudníku, přednostně na dvouhlavé kameře
Tomography - Příštitná tělíska
(64x64, 32 kroků/detektor, krok á 40 sec, zoom 1, 0, 360
stupňů, konturovaná studie)
5.1. Zařízení
5.1.1. Návrh nebo projekt zařízení a přístrojů musí
obsahovat [7]:
     a) farmaceutickou laboratoř - je to sterilní místo
pro
pripravu radiofarmak a je vybavena zejména rukavicovými boxy, ventilací s
podtlakem a filtrací,
     b) měřící laboratoř s elektronickým a vyhodnocovacím
zařízením; poznámka: zařízení pro nukleární medicínu je velmi citlivé na jiné
elektrické impulzy, a proto se doporučuje přístroje odrušit stíněním (např.
Faradayovou klecí),
     c) místnosti pro terapii; s ohledem na vysoké
aplikované
aktivity by mohli být ozářeni pacienti navzájem, případně detekční zařízení, a
proto je nutné, aby místnosti byly izolovány a odstíněny,
     d) administrativní místnost slouží k výpočtům,
vyhodnocení a
záznamům,
     e) čekárny jsou místnosti neuzamčené pro veřejnost, a
proto
musí být řádně odstíněny od kontrolovaného pásma a nesmí být navštěvovány
pacienty, jimž byly aplikovány radionuklidy,
     f) místnost pro ukládání radioaktivních odpadů;
poznámka:
někdy bývá součástí i biologický odpad, např. exkrety, proto musí tomuto být
upraveny i toalety pro pacienty, u nichž byly aplikovány radionuklidy.
5.1.2. Řízení jakosti v této oblasti [7]:
     a) Test shody je prováděn jako přejímací zkouška u
nového

zařízení, ale je dělán vždy i po opravách vážných poruch, nebo když je zařízení přemístěno, např. do jiné budovy.

     b) Rutinní testování musí být součástí údržby a slouží k pravidelné kontrole ochrany pacientů.

     c) Servisní záznamy musí být verifikovány a archivovány.

     d) Kalibrace pomocí zdrojů ionizujícího záření i s pomocí fantomů, zejména u otevřených kapalných zářičů.

     e) Měřiče aktivity (někdy je nazýváme „kalibrátory dávky“); kontrola jejich kvality obsahuje stanovení pozadí, těsnosti stínění, geometrie zařízení a linearity, přesnosti a správnosti měření.

     f) Kontrola kvality se dále provádí u zařízení [8]:

• studnové měřiče vč. připojené elektroniky

• gama kamery; zde se především stanovuje charakter fluktuací a časové změny nejrůznějších parametrů a provádí se kalibrace analyzátoru (pík, okno, energetické rozlišení, účinnost atp.)

• systém SPECT (Single Photon Emission Computed Tomographic systém). Citlivost SPECT scintigrafie je vyšší než u jiných technik jako např. planární scintigrafie, protože při rotaci se lépe zobrazují odpovídající orgány a tkáně. Při metodě SPECT je důležité kontrolovat 4 faktory:

• diagnostická kvalita obrazu, zejména při mechanických rázech rotující hlavy

• shoda geometrické osy rotace s elektronickou osou hlavy kamery

• mechanická stabilita

• elektronická stabilita

     Tyto faktory se minimálně jednou týdně testují a zavádějí se též na ně korekce. Kvalitu obrazu vážně ovlivňuje také „hluk" v datech zvětšující se při procesu přestavby bez aplikace „vyhlazovacího" filtru nebo při použití vysoké aktivity a vede až ke ztrátě prostorového rozlišení. Tento jev závisí také na typu kolimátoru, velikostí filtrace a úhlu rotace.

• pozitronový tomograf

• vzorkovací systémy

5.2. Příprava řízení jakosti radiofarmak

     Radiofarmaka jsou produkty značené radionuklidy a slouží k podávání pacientům při diagnóze, terapii a lékařském výzkumu. Proto je nutné při výrobě, přípravě a aplikaci provádět kontrolu jejich kvality. Kontrolují se fyzikální, chemické a metabolické vlastnosti. Stanovuje se potřebný čas na obstarání a přípravu, také účinek a potenciální radiační expozice personálu. Nejcennější jsou např. radiofarmaka, která při odpovídající diagnostické informaci způsobují nejmenší dávky.

```
  <p><b>5.2.1. Poločas pro krátkodobé radionuklidy</b>, jako jsou
    např. <sub><img width=37 height=21 src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub> a
<sub><img width=25 height=20 src="klinicka_soubory/image077.gif"></sub> další
    používané v pozitronové tomografii, je od několika sekund do několika hodin.</p>
  <p>     • Střední poločasy (dny až týdny) mají např.
<sub><img
width=25 height=20 src="klinicka_soubory/image078.gif"></sub>, <sub><img
width=35 height=21 src="klinicka_soubory/image079.gif"></sub>, <sub><img
width=32 height=21 src="klinicka_soubory/image080.gif"></sub>, <sub><img
width=25 height=20 src="klinicka_soubory/image081.gif"></sub> </p>
  <p>     • Dlouhé poločasy (dny až měsíce) mají např.
<sub><img
width=31 height=21 src="klinicka_soubory/image082.gif"></sub>, <sub><img
width=32 height=21 src="klinicka_soubory/image083.gif"></sub>, <sub><img
width=33 height=21 src="klinicka_soubory/image084.gif"></sub>, <sub><img
width=31 height=21 src="klinicka_soubory/image085.gif"></sub>, <sub><img
width=27 height=20 src="klinicka_soubory/image075.gif"></sub>.</p>
  <p>     Je nutno při aplikacích uvažovat i biologické
poločasy,
    které mohou být, na rozdíl od fyzikálního poločasu, velmi krátké jako např. u
    tricia.</p>
  <p><b>5.2.2. Radiofarmaka se dělí na 4 základní třídy</b>,
    které mají různé požadavky na zajišťování kvality:</p>
  <p>     a) Radiofarmaka dodaná od výrobce přímo k použití pro
    pacienty.</p>
  <p>     b) Radionuklidy, které se oddělují od generátorů
např. <sub><img
width=36 height=21 src="klinicka_soubory/image086.gif"></sub>(<sub><img
width=37 height=21 src="klinicka_soubory/image076.gif"></sub>), <sub><img
width=35 height=21 src="klinicka_soubory/image087.gif"></sub>(<sub><img
width=40 height=21 src="klinicka_soubory/image088.gif"></sub>) aj.</p>
  <p>     c) Radiofarmaka oddělená na pracovištích nukleární
medicíny
    od surovin dodaných výrobcem, které např. obsahují radionuklidy vytvořené na
    urychlovačích nebo koloidy apod.</p>
  <p>     d) Materiál značený radionuklidy po odebrání
pacientovi
    (např. červené krvinky značené <sub><img width=31 height=21
src="klinicka_soubory/image082.gif"></sub> aj.)</p>
  <p><b>5.2.3. Při kontrole kvality radiofarmak</b> je nutno se
    zabývat:</p>
  <p>     • radiochemickou i chemickou čistotou</p>
  <p>     • měrnou aktivitou a měrnou hmotností radionuklidů
</p>
  <p>     • sterilitou produktu</p>
  <p>     • stabilitou produktu </p>
```

     • toxicitou produktu
5.2.4. Zajišťování jakosti
     Organizace zajišťování jakosti radiofarmak se provádí během
výrobního procesu a kontroluje se také během převozu a uskladnění. V praxi je
důležitý trénovaný a kvalifikovaný personál s potřebným zařízením a osvědčenými
metodami. Jak bylo řečeno, každá třída radiofarmak má různé požadavky na
zajišťování jakosti. Některé specifické jsou následující:
     a) musí být přiložen atest specifikující produkt i ochranný
kontejner,
     b) musí být kontinuální kontrola elučního procesu, zejména
stabilita a radiochemická čistota tohoto procesu. Např. _{<img width=36 height=21 src="klinicka_soubory/image086.gif">} může být v _{<img width=37 height=21 src="klinicka_soubory/image076.gif">} jako radioaktivní
kontaminant, a proto musí být gama spektrometricky kontrolován v každém eluátu,
     c) zde je zejména nutno parametry produktu uvedené v
předešlém paragrafu rozsáhle testovat před použitím v klinické praxi,
     d) tyto produkty tvoří specifický problém při získávání
materiálu od pacientů a pro možnost infikování personálu při procesu značení. V
obou případech musí být tedy sterilní prostředí.
6. PROGRAM ZABEZPEČENÍ JAKOSTI PRO PRÁCI SE ZDROJI
IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V RADIODIAGNOSTICE FAKULTNÍ NEMOCNICE V MOTOLE
6.1. Popis systému jakosti (osnova) a seznam navazující
dokumentace
     • Cíle systému jakosti v oblasti radiodiagnostiky
     • Organizační struktura Odpovědnosti a pravomoci
     • Řízení dokumentace a její struktura
     • Řízení provozu radiodiagnostických pracovišť
     • Návrh nového RTG pracoviště
     • Návrh kontrolovaného pásma
     • Smlouvy a nákup
     • Údržba
     • Kontroly a zkoušky
     • Metrologie
     • Řízení neshod
     • Evidence a likvidace zdrojů ionizujícího záření (dále jen
ZIZ)
     • Personalistika a školení na radiodiagnostických pracovištích
     • Vnitřní prověrky
Seznam navazující dokumentace:
     • Směrnice pro zajištění a provádění ZDS a ZPS

```
  <p>     • Evidence ZIZ - rtg přístrojů</p>
  <p>     • Seznam vyvolávacích automatů</p>
  <p>     • Seznam přístrojů pro měření ZIZ</p>
  <p>     • Seznam osob s přímou odpovědností za zajištění RO
při
    lékařských ozářeních a dohlížejících osob na rtg pracovištích</p>
  <p>     • Organizační řád FN v Motole 1998</p>
  <p>     • Provozní pokyny rdg pracoviště</p>
  <p>     • Hygienický režim rdg vyšetřovny</p>
  <p>     • Příkaz ředitele č. 4/2000 „Závazný postup pro
vyplňování
    provozního deníku rtg zařízení“ Nařízení přednosty KZM ze dne 12.9.2000 „Zásady
    řešení závad a oprav rtg přístrojů na KZM ve FN v Motole“</p>
  <p>     • Způsob vyřazování ZIZ z provozu</p>
  <p>     • Důkaz optimalizace</p>
  <p><b><a name="6.2"></a>6.2. Identifikace položek důležitých z hlediska radiační
    ochrany</b></p>
  <p>Tabulka č.6</p>
  <table width="600" align=center border=1 cellspacing=0 cellpadding=0
bordercolor="black" style="border-collapse: collapse" >
    <tr>
      <td colspan="2"><p>1. <b>Procesy</b></p></td>

    </tr>
    <tr>
      <td><p>1.1 Návrh
          pracoviště </p></td>
      <td><p>PZJ čl.6</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>1.2 Kontrolované pásmo</p></td>
      <td><p>PZJ čl.7</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>1.3 Vlastní provedení expozice </p></td>
      <td><p>PZJ čl.5</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>1.4 Kontrolní činnosti</p></td>
      <td><p>PZJ čl.5</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>1.5 Vyvolání (zobrazení) </p></td>
      <td><p>PZJ čl.5</p></td>
    </tr>
    <tr>
```

```
  <td><p>1.6 Čtení snímku</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>1.7 Příprava pracoviště a zdroje</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>1.8 Zacházení se SW </p></td>
  <td><p>PZJ čl.5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="2"><p>2. <b>Osoby</b></p></td>

</tr>
<tr>
  <td><p>2.1 Obsluha, laborant, lékař</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.2 Dohlížející osoba</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.3 Osoba s přímou odpovědností</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</span></p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.4 Vedení v přímé linii</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.5 Ekonom zodpovědný za výkony pro zdr. poj.</p></td>
  <td><p>Metodika VZP ČR 1999</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.6 Indikující lékař</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.7 Osoba ověřující indikaci</p></td>
  <td><p>PZJ čl.3, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>2.8 Rentgenolog (radiodiagnostik)</p></td>
  <td>PZJ čl.3, 5</p></td>
```

```
</tr>
<tr>
  <td><p>2.9 Osoba odpovědná za správu dok. a záznamů</p></td>
  <td><p>PZJ čl.4, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="2"><p>3. <b>Vybavení</b></p></td>

</tr>
<tr>
  <td><p>3.1 Vlastní RTG a vybavení</p></td>
  <td><p>PZJ čl.13</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.2 Ochranné prostředky (personálu a pacienta)</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, Provozní pokyny RDG pracoviště</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.3  Čtecí zařízení</p></td>
  <td><p>PZJ čl.10, 12, Směrnice</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.4 Vyvolávací zařízení</p></td>
  <td><p>PZJ čl.10, 12, Směrnice</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.5 Dozimetry</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, Provozní pokyny RDG pracoviště</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.6 Testovací zařízení (SW+HW)</p></td>
  <td><p>PZJ čl.11</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.7 Prostředky ke stínění</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, Provozní pokyny RDG pracoviště</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.8 Filmy a chemikálie</p></td>
  <td><p>PZJ čl.10, 12</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>3.9 Jistící, blokovací a výstražná zařízení</p></td>
  <td><p>PZJ čl.6, 7, Projekt pracovišť</p></td>
</tr>
<tr>
```

```
  <td><p>3.10 Výstražná značení</p></td>
  <td><p>PZJ čl.7, ČSN ISO 3864</p></td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="2"><p>4. <b>Systém</b></p></td>

</tr>
<tr>
  <td><p>4.1 Osobní monitorování</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, 10, 12, Program monitorování</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.2 Monitorování pracoviš' a okolí</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, 10, 12, Program monitorování</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.3 Systém řešení havarijní situace</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5, 12, Provozní pokyny RDG prac., Havarijní plán</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.4  Systém jakosti</p></td>
  <td><p>PZJ kap. V.</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.5 Vzdělávání</p></td>
  <td><p>PZJ čl.14</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.6 Systém identifikace a sledování ZIZ</p></td>
  <td><p>PZJ čl.13</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.7 Systém předávání informací</p></td>
  <td><p>PZJ čl.5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td><p>4.8 Systém nakládání s dokumentací</p></td>
  <td><p>PZJ čl.4, 5</p></td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="2"><p>5. <b>Související</b></p></td>

</tr>
<tr>
  <td><p>5.1 Osoba zajišťující výcvik, personalista</p></td>
  <td><p>PZJ čl.14</p></td>
```

```
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.2 Zkoušky dlouhodobé stability</p></td>
      <td><p>PZJ čl.5, 10, 12, Směrnice</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.3 Řešení havarijní situace</p></td>
      <td><p>PZJ čl.5, 12, Provozní pokyny RDG prac., Havarijní plán</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.4 Údržba</p></td>
      <td><p>PZJ čl.9</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.5 Nákup</p></td>
      <td><p>PZJ čl.8</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.6 Smlouvy</p></td>
      <td><p>PZJ čl.8</p></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><p>5.7 Metrologie</p></td>
      <td><p>PZJ čl.11</p></td>
    </tr>
  </table>
  <p><b><a name="6.3"></a>6.3. Popis systému jakosti</b></p>
  <p><b>6.3.1. Cíle sytému jakosti v oblasti radiodiagnostiky</b></p>
  <p>     Systém jakosti v oblasti radiodiagnostiky (dále jen
RDG) je
    zaveden ve smyslu zákona [3] ve znění pozdějších předpisů a jeho prováděcích
    vyhlášek. Systém jakosti je zdokumentován programem zabezpečování jakosti (dále
    jen PZJ), jehož cílem je zajistit a optimalizovat radiační ochranu, tj.
    stanovit postupy k dosažení a udržení takové úrovně RO, aby riziko ohrožení života,
    zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při
    uvážení hospodářských a společenských hledisek.</p>
  <p>Hlavní zásady k dosažení cíle PZJ jsou zejména:</p>
  <p>     • zajištění správné identifikace pacienta v celém
průběhu
    RDG vyšetření,</p>
  <p>     • provedení správně indikovaného diagnostického
výkonu,</p>
  <p>     • použití vhodné vyšetřovací RDG techniky při
nepřekračování
    diagnostických referenčních úrovni pro lékařské ozáření, nepřekračování limitů
    ozáření pro obsluhu, provádění přejímacích zkoušek, zkoušek dlouhodobé
```

stability (dále jen ZDS), ve stanoveném rozsahu a termínech u všech RDG zařízeních, tj. zdroje ionizujícího záření a příslušenství, ovlivňujících radiační zátěž osob,

     • dodržovat pravidelné preventivní prohlídky RTG zařízení,

     • systematické provádění osobního monitorování, monitorování pracoviště a okolí.

6.3.2. Organizační struktura

Organizační struktura organizačních celků, která přímo souvisí s programem zabezpečení jakosti, je následující:

     • Organizační struktura FNM - vedoucí zaměstnanci podřízení řediteli a úsek ředitele se začleněním Komise pro zabezpečení radiační ochrany a začleněním dohlížejících osob.

     • Organizační struktura FNM - úsek léčebně preventivní péče se začleněním osob s přímou odpovědností za zajištění RO při lékařských ozářeních, tj. na RDG pracovištích.

     • Organizační struktura FNM - organizačně technický úsek se začleněním Samostatného oddělení radiologické fyziky (dále jen SORF).

     • Organizační struktura FNM - Samostatné oddělení radiologické fyziky.

6.3.3. Odpovědnosti a pravomoci

     Odpovědnosti a pravomoci obecně jsou stanoveny v organizačním řádu, ve směrnicích a standardech nemocnice. V rámci realizace tohoto PZJ jsou stanoveny další povinnosti a pravomoci vyplývající z obecně závazných právních předpisů, interních směrnic a pokynů pro tuto oblast. Ředitel FNM (držitel povolení) je statutárním orgánem, jedná jménem nemocnice ve všech věcech, odpovídá za řízení FNM a za naplňování jejího poslání v souladu s obecně závaznými právními předpisy, nařízeními vlády, normativními akty, nařízeními a rozhodnutími zřizovatele, Statutem a vnitřními předpisy FNM. Odpovídá za veškerou činnost FNM, včetně nakládání se ZIZ. Odpovídá za jejich zajištění v oblastech materiálního, personálního a finančního zabezpečení, které potom umožňují bezpečné nakládání se ZIZ. Dále odpovídá za plnění povinností při používání ZIZ v souladu s požadavky zákona č. 18/1997Sb., ve znění pozdějších předpisů a souvisejících vyhlášek. Náměstek pro léčebně preventivní péči odpovídá za koncepční řízení FNM v oblasti poskytování zdravotní péče, za běžné řízení úseku LPP, kontroluje činnost zdravotnických pracovišť a podřízených organizačních celků. Odpovídá v rozsahu své působnosti za soulad léčebně preventivních postupů užívaných ve FNM s lékařskými odbornými zásadami a etickými principy, včetně nakládání se ZIZ. Přednostově a primáři specializovaných klinik a oddělení odpovídají za soulad plnění poslání FNM v oblasti poskytování zdravotní péče, za organizaci provozu zdravotnického pracoviště, za dodržování obecně závazných právních předpisů, bezpečnost a

ochranu zdraví při práci a za zabezpečení RO na svěřeném pracovišti při RDG vyšetření, používání ZIZ v souladu s uživatelskou a technickou dokumentací, za řádné vedení veškeré dokumentace, její evidence, archivace a skartace. Lékař - radiodiagnostik je odpovědný za správnou indikaci RDG vyšetření, tj. použití ZIZ a interpretaci výsledků. Při volbě způsobů vyšetření se řídí schválenými doporučeními radiologické společnosti ČLS JEP a ČLK, vyhláškami a zákony týkajícími se RO a PZJ. Vedoucí laborant kliniky zobrazovacích metod (dále jen KZM) odpovídá za technickou kvalitu a odbornou úroveň vyšetření a způsob hospodaření se svěřenou přístrojovou technikou a zdravotnickým materiálem. Je odpovědný za techniku vyšetření zabezpečující minimalizaci dávek IZ. Organizuje a řídí práci RTG laborantů, metodicky řídí činnost středního, nižšího a pomocného zdravotnického personálu v oblasti své působnosti. Odpovídá za dodržování PZJ a navazující dokumentace v oblasti své působnosti. Radiologický laborant odpovídá za kvalitu provedených RDG výkonů, zejména za metodicky správné zhotovení skiagrafických snímků, správné nastavení expozice dle expozičních tabulek u jednotlivých RTG přístrojů, metodicky správné ovládání skiaskopických

přístrojů především se zaměřením na minimální radiační zátěž pacientů i obsluhujícího personálu. Dodržuje provozní pokyny RDG pracovišť a PZJ. Dohlížející osoba na pracovištích se ZIZ odpovídá za dodržování PZJ, programu monitorování a soustavný dohled nad dodržováním požadavků RO, havarijní připravenosti, včetně její ověřování. Je přímo podřízena řediteli FNM, kterého pravidelně informuje o plnění požadavků RO. Provádí přešetřování vyšetřovacích a zásahových úrovní v programu monitorování. V případě zjištění závažných neshod vyplývajících z poruch zařízení nebo zjištěných při ZDS a ZPS je oprávněn pozastavit provoz ZIZ a neprodleně informovat ředitele, náměstka LPP a přednostu příslušné kliniky. V oblasti kontrolní odpovídá za pravidelné školení a přezkušování lékařů a středního zdravotnického personálu. Osoba s přímou odpovědností za zajištění radiační ochrany při lékařských vyšetřeních na RDG pracovišti odpovídá za dodržování PZJ a programu monitorování při RDG vyšetřeních. Pro oblast radiodiagnostiky jsou jmenovány osoby s přímou odpovědností za zajištění RO na pracovištích, jejichž seznam je uveden v příloze č.4 a. Provádí přešetřování vyšetřovacích a zásahových úrovní v programu monitorování. V případě zjištění závažných neshod vyplývajících z poruch zařízení nebo zjištěných při ZDS a ZPS je oprávněn pozastavit provoz ZIZ a neprodleně informovat ředitele, náměstka LPP, přednostu příslušné kliniky a dohlížející osoby. Samostatné oddělení radiologické fyziky v oblasti nakládání se ZIZ (RTG přístrojů a souvisejícího zařízení) a zajištění RO na RDG pracovištích odpovídá zejména za tyto činnosti:

     • realizace AZ, jeho prováděcích vyhlášek a PZJ,

     • zavedení a udržování systému jakosti v PZJ pro RDG pracoviště,

     • koordinace a provádění zkoušek ZIZ,

     • vedení evidence ZIZ, její aktualizace a předkládání závěrů

SÚJB,

     • koordinace likvidace nevyhovujících ZIZ a oznamování
výsledků SÚJB,
     • spolupráce na aktualizaci vnitřních havarijních plánů a
programů monitorování,
     • spolupráce při návrhu na vymezení kontrolovaného pásma,
     • vyjadřování se ke smlouvám na nákup ZIZ, k servisním
smlouvám ZIZ v oblasti povinných zkoušek a měření podle zásad a pravidel
stanovených AZ a jeho prováděcími vyhláškami,
     • doporučování nákupu měřícího zařízení, příslušenství a
pomůcek pro zajištění RO, nárokování kalibrace měřícího zařízení pro měření
parametrů ionizujícího záření, podléhá--li této povinnosti,
     • spolupráce při oznamování závažných změn a událostí v
oblasti RO příslušným organizacím,
     • spolupráce a organizační zajištění stáží a školení o RO na RDG
pracovištích pro SÚJB, MAAE a FNM.
Oddělení zdravotnické techniky (dále jen OZT) v oblasti
nakládání se ZIZ na RDG pracovištích zajišťuje zejména tyto činnosti:
     • vypracovává návrhy smluv na nákup ZIZ, ND pro ZIZ,
měřícího zařízení pro kontrolu ZIZ s ohledem na zajištění RO, služeb spojených
s provozem ZIZ (servis, ZDS),
     • objednává opravy ZIZ, ZDS, ND pro ZIZ, kalibraci měřícího
zařízení pro kontrolu ZIZ,
     • vede evidenci o poruchách, servisních zásazích a opravách
ZIZ.
     Komise pro zabezpečení radiační ochrany (dále jen KZRO) je
poradním orgánem ředitele FN v Motole, má voleného předsedu a tajemníka a
dalších 5 členů. Dohlížející osoby z Kliniky zobrazovacích metod, Kliniky
nukleární medicíny a endokrinologie, Radioterapeuticko-onkologického oddělení,
SORF a úseku LPP jsou členy této komise. Komise v oblasti RDG plní ve
spolupráci s SORF tyto hlavní úkoly:
     • centrálně a jednotně řídí, kontroluje, koordinuje a
navrhuje řešení zabezpečení radiační ochrany v celé FN v Motole,
     • kontroluje systém jakosti, který je zdokumentován v
programech zabezpečení jakosti pro jednotlivá pracoviště se zdroji ionizujícího
záření dle § 4 odst č. 7 zákona č. 18/1997Sb., ve znění pozdějších předpisů,

     • kontroluje systém monitorování dle Vyhl. č. 307/2002 Sb.,
který je zdokumentován v programech monitorování jednotlivých pracovišť se zdroji ionizujícího záření, případně monitorování okolí specializovaných pracovišť,
     • kontroluje havarijní systém realizovaný prostřednictvím
vnitřních havarijních plánů dle Vyhl. č. 318/2002 Sb., a v mimořádném případě i havarijní plán FN v Motole,
     • kontroluje vytvořený systém evidence a likvidace radioaktivních odpadů, který je zdokumentován v plánech likvidace radioaktivních odpadů příslušných pracovišť,
     • kontroluje systému zavádění nových pracovišť se zdroji
ionizujícího záření do provozu,
     • kontroluje systém a metody vyřazování pracovišť' z provozu
a z evidence,
     • poskytuje teoretické informace pro přípravu programů
zabezpečování jakosti na jednotlivých pracovištích,
     • kontroluje provádění předepsaných zkoušek dle ustanovení
Vyhlášky č. 307/2002 Sb., na všech vyčleněných pracovištích a zařízeních s cílem dosáhnout co nejnižší ekonomické náročnosti (přejímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability, zkoušky provozní stálosti),
     • vyjadřuje se k nákupu zdrojů ionizujícího záření podle
zásad a pravidel stanovených v zákoně č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů a s ním souvisejících vyhlášek,
     • vyjadřuje se k nákupu měřící techniky pro jednotlivá
pracoviště v oblasti radiační ochrany,
     • kontroluje seznamy přesné evidence všech zdrojů ionizujícího záření a zodpovědných pracovníků ve FN v Motole,
     • vede evidenci radiačních nehod, jejich analýzu a vyvozuje
poučení pro předcházení radiačním haváriím,
     • ve spolupráci se všemi specializovanými odděleními oznamuje veškeré změny a události v oblasti radiační ochrany Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost - Regionální centrum Praha,
     • kontroluje optimalizaci radiační ochrany na všech specializovaných odděleních se ZIZ ve FN v Motole,
     • kontroluje záznamy radiačních zátěží pacientů a obsluh na
jednotlivých pracovištích a okamžitě řeší jejich překročení.

6.3.4. Řízení dokumentace a její struktura
a) Struktura dokumentace
     1. stupeň: Program zabezpečování jakosti
     2. stupeň: Organizační řád
     3. stupeň: Provozní pokyny RDG pracoviště, Hygienický režim
RTG vyšetřovny, Směrnice-postupy.
Program zabezpečování jakosti
     PZJ popisuje prvky systému jakosti, které jsou důležité z
hlediska RO. Jednotlivé články PZJ určují rozsah, principy a strukturu systému,
činnosti, procesy, odpovědnosti a pravomoci pro zabezpečování jakosti.
Organizační řád
     OŘ stanovuje začlenění organizačních celků a funkčních míst
s působností zabezpečování jakosti a RO do organizační struktury FNM. Definuje
jejich činnosti a stanovuje pravomoci a odpovědnosti při realizaci PZJ.
Provozní pokyny RDG pracoviště
     Provozní pokyny jsou vypracovány pro všechna RDG pracoviště
podle členění na následující skupiny přístrojů: stacionární skiagrafické,
stacionární skiaskopické, angiografické, mamografické, pojízdné skiagrafické,
pojízdné skiaskopické a stomatologické. Mimo specifických údajů o pracovišti a
druhu RDG vyšetření pokyny stanovují povinnosti obsluhy při provádění
vyšetření, vedení provozních záznamů, zabezpečení jakosti vyšetření,
zabezpečení ochrany pacienta a obsluhy, pokyny postupu při nehodě a havárii.
Hygienický režim RTG vyšetřovny
     Hygienický režim RTG vyšetřovny tvoří přílohu provozního
pokynu a stanovuje základní povinnosti k dodržování zásad při práci se ZIZ,
využívaní ochranných pomůcek určených pro RTG laboranty a pacienty, zásady
obecné hygieny.
Směrnice, pokyny
     Směrnice, resp. pokyny určují odpovědnost za řádné provádění
konkrétních činností zabezpečení jakosti, stanovují způsob soustřeďování,
zpracování, předávání a využívání informací k zabezpečení jakosti. Součástí
směrnic, resp. pokynů jsou vzory záznamů, které umožňují prokázat dosaženou úroveň
jakosti, postupy pro tvorbu těchto záznamů, tj. jejich formu, pořízení,
evidenci a archivaci, popis zjištěného stavu a v případě neshody návrh opatření
k nápravě a řešení k vyloučeni opakování neshody.
     Seznam směrnic o provádění ZDS A ZPS je uveden v navazující
dokumentaci.
b) Řízení dokumentace
     Postup pro tvorbu, připomínkové řízení, schvalování,

zveřejňování, evidenci a archivaci, ověřování, změnové řízení a aktualizaci vnitřních předpisů a individuálních řídících aktů stanovuje OŘ, čl. 6 a Směrnice č. 3/98 „Sbírka vnitřních předpisů“. Pro řízení dokumentace související s PZJ platí stejná pravidla.

     Návrh dokumentace vypracovává odborný útvar (zpracovatel), který je hlavním nositelem činností, tj. je odpovědný za provádění, odborné nebo metodické řízení činností, případně je odpovědný za rozhodující část nebo za výsledné činnosti. Zpracovatel odpovídá za včasné, obsahově správné a úplné vypracování návrhu, za soulad s platnými předpisy, za udržování aktuálnosti a návaznosti dokumentace.

     Návrh dokumentace, pokud to její charakter vyžaduje, předává zpracovatel k připomínkovému řízení odborným útvarům, do jejichž oboru působnosti obsah dokumentace náleží a právnímu oddělení, pokud dokumentaci schvaluje ředitel FN v Motole. Hlavního nositele odpovědnosti za tvorbu a úplnost PZJ a navazující dokumentace včetně jejich aktualizace, určuje ředitel FN v Motole, pokud tato odpovědnost nevyplývá z náplně práce zpracovatele. Všechny změny v již schválené dokumentaci musí být opět schváleny příslušným útvarem SÚJB.

6.3.5. Řízení provozu radiodiagnostických pracovišť

     Provoz RDG pracovišť zabezpečují jednotliví zaměstnanci v rámci stanovených kompetencí, pravomocí a odpovědnosti (viz čl. 3 PZJ) při dodržování následujících základních pravidel.

Evidence pacientů

     Pacientům, kteří přicházejí na radiologické pracoviště, je vystavena evidenční karta v elektronické podobě systému LTNIS, která obsahuje osobní identifikační data a údaje vztahující se k následnému RTG vyšetření. Údaje systému UNIS jsou centrálně zpracovány a zálohovány výpočetním střediskem FNM. RTG vyšetření je realizováno pouze na základě řádné písemné žádanky (tiskopis VZP-06/1999 „Poukaz na vyšetření/ošetření"), která obsahuje předepsané údaje. Radiologický laborant dle správně vyplněné žádanky provede RTG vyšetření (viz čl. 3 PZJ) a zároveň provede o vyšetření záznam do systému UNIS a provozního deníku příslušného RTG zařízení (RTG přístroje).

Provozní deník

     Provozní deník obsahuje jméno a příjmení pacienta, rodné číslo, datum vyšetření, druh vyšetření, jméno a příjmení vyšetřujícího lékaře a technické parametry vyšetření, ze kterých lze určit dávku ozáření (expoziční hodnoty, počet expozic, čas, použité formáty, použité kontrastní látky), a to i v elektronické formě. „Závazný postup pro vyplňování provozního deníku RTG zařízení“ stanovuje příkaz ředitele FNM.

Vyhotovení nálezu

     Vyhodnocení RTG vyšetření provádí lékař určený rozpisem
služeb. Po skončení vyšetření vypracuje nález, který je evidován v systému UNIS a současně vytištěn, přičemž je ke každému vyšetření zhotovena obrazová dokumentace. Evidenci a označení snímků provádějí rtg laboranti pomocí speciálního zařízení, které přímo na snímku označí jméno pacienta, jeho rodné číslo, označení KZM a datum vyhotovení. Kopie nálezu a obrazové dokumentace je archivována dle příslušných předpisů a nařízení a je složena podle rodných čísel a jmen pacientů. Pokud je na žádance uvedeno „Statim“, případně jiné upozornění, je třeba provést vyšetření do půl hodiny, resp. co nejdříve. Výsledek radiologického vyšetření, nebo alespoň písemný předběžný nález musí být v tomto případě odeslán do půl hodiny po vyšetření. V ostatních případech je obvyklou nejdelší lhůtou pro vyhotovení nálezu 7 pracovních dnů. Obrazovou dokumentaci je možné půjčit ošetřujícímu lékaři a pojišťovnám při přešetřování pojistných událostí na základě jejich písemných žádostí, které obsahují minimálně tyto údaje: jméno osoby dokumentaci půjčující, jméno osoby, která dokumentaci přijala, jejich podpisy a datum.
Expoziční tabulky
     Expoziční tabulky pro příslušné RDG pracoviště vytváří RTG
laborant. Při jejich tvorbě vychází z hodnot doporučených výrobcem ZIZ a provede korekci s ohledem na specifické podmínky pracoviště, zejména vyvolávací proces, používané filmy a zesilovací fólie.
     Návrh vytvořených expozičních tabulek schvaluje vedoucí
laborant.
Odstranění závad
     Pokud jsou jakékoliv pochybnosti o správném fungování RTG
zařízení (ZIZ), je povinností obsluhy činnost přerušit a nahlásit situaci vedoucímu laborantovi kliniky. Vedoucí laborant kliniky v těchto případech objednává opravu přístroje prostřednictvím OZT. Ukončení opravy ZIZ oznámí vedoucí laborant pověřenému technikovi SORF, který zajistí objednání ZDS. O poruchách, opravách a servisních zásazích se vede elektronická dokumentace v OZT.
Osobní monitorování
     Zaměstnanci pracující se ZIZ jsou povinně monitorováni
pomocí osobních dozimetrů, které jsou vyhodnocovány v jednoměsíčním sledovacím období u obsluhy pracovišť v kontrolovaném pásmu a u ostatních v tříměsíčním sledovacím období. Vyhodnocení provádí CSOD - Celostátní služba osobní dozimetrie na základě předložených dozimetrů pověřenými pracovníky klinik, kteří následně po obdržení vyhodnocení dozimetrů vedou evidenci osobních dávek radiačních pracovníků. V případě hodnoty vyšší, než je vyšetřovací nebo zásahová úroveň, je informována dohlížející osoba. Do centrálního registru SÚJB jsou předávány výsledky přímo od CSOD. V případě zjištění úrovně vyšší, než je

vyšetřovací a zásahová provede dohlížející osoba následující opatření:
     • zjistí zařízení, na kterém došlo k vyšší dávce,
     • zkontroluje platnost měření dlouhodobé stability,
     • zajistí u vedoucího pracoviště náhradní provoz do provedení
opravy vadného ZIZ,
     • zajistí provedení kontroly neužitečného záření, v případě
zvýšené úrovně IZ zajistí prostřednictvím vedoucího laboranta nápravu.
     Pokud není závada na zařízení, dohlížející osoba zajistí u
vedoucího pracoviště opatření k nápravě a jiný pracovní režim obsluhy, aby
nedošlo k dalšímu ozáření. Osoby doprovázející pacienty na rtg vyšetření z
důvodu přidržování pacienta musí být prokazatelně informovány o možném ozáření
a musí podepsat poučení o pobytu ve sledovaném nebo kontrolovaném pásmu. Záznamy
o přešetření jsou uloženy u dohlížející osoby. Osobní monitorování,
monitorovaní pracoviště a okolí, je podrobně rozvedeno v „Programu monitorování“
(viz čl. 8 a 10 PZJ).
Obecné povinnosti
     Všichni zaměstnanci jsou povinni dodržovat „Provozní pokyny
pro RDG pracoviště“ a „Hygienický režim RTG vyšetřovny“, který je jeho
přílohou. Dále jsou povinni dodržovat pravidelné lékařské prohlídky a
podrobovat se školením a přezkušováním v oblasti RO, vnitrního havarijního
plánu a programu monitorování. Za dodržování a realizací těchto úkolů odpovídá
vedoucí pracoviště.
6.3.6. Návrh nového RTG pracoviště
     Na základě výběrového řízení na požadovanou technologii, tj.
ZIZ (RTG přístroj), je ve výběrovém řízení komisí vybrána projekční firma,
která zajistí vypracování kompletního projektu pracoviště. Nedílnou součástí
projektu RTG pracoviště je výpočet stínění a předepsaná technologie provedení
stavby tak, aby byl projekt v souladu s požadavky RO.
6.3.7. kontrolované pásmo, sledované pásmo
     Kontrolované pásmo (dále jen KP) se stanovuje s ohledem na §
30, odst. 1 - 9, Vyhl. č.307/2002 Sb. Návrh na vymezení KP a SP provádí
dohlížející osoba ve spolupráci s vedoucím laborantem a pověřeným zaměstnancem
SORF na základě výsledků měření a monitorování pracoviště a okolí. Sledované
pásmo (dále jen SP) se stanovuje s ohledem na § 29, odst. 1- 5, Vyhl č.
307/2002 Sb.
6.3.8. Smlouvy a nákup
     Výběr dodavatele, kdy předmět dodávky se týká položek
ovlivňujících RO, je zajišťován výběrovým řízením podle obecně závazných
právních předpisů, zejména zákona č. 199/1994 Sb., o zadávání veřejných

zakázek, ve znění pozdějších předpisů, na základě specifikace požadavků
uživatelem. Smlouvy, týkající se těchto dodávek se člení do těchto oblastí:
     • nákup ZIZ,
     • nákup služeb spojených s provozem ZIZ, tj. zkoušky
dlouhodobé stability, náročnější opravy zařízení,
     • nákup náhradních dílů pro ZIZ,
     • nákup měřících zařízení pro kontrolu ZIZ s ohledem na
zajištění RO,
     • veškerý provozní materiál nutný k zajištění ZIZ,
     • Zpracování návrhů smluv organizačně zajišťuje a vypracovává
OZT. Návrh je přezkoumáván z hlediska, technicko-odborného a hlediska zajištění
RO pro jednotlivé oblasti dodávek následovně:
     • Smlouvy pro nákup ZIZ - přezkoumává přednosta KZM nebo příslušného
odborného oddělení, který je uživatelem ZIZ, SORF a KZRO.
     • Smlouvy pro nákup služeb spojených s provozem ZIZ:
     • servisní smlouvy přezkoumává přednosta KZM a SORF,
     • smlouvy pro zajištění ZDS přezkoumává SORF a KIRO s
důrazem na oprávnění vydané SÚJB k provozování této činnosti,
     • smlouvy pro nákup ND pro ZIZ přezkoumává SORF,
     • smlouvy pro nákup měřících zařízení pro kontrolu ZIZ s
ohledem na zajištění RO přezkoumává SORF a KZRO,
     • smlouvy na výstavbu nových rtg pracovišť přezkoumává
přednosta KZM, SORF a OZT s důrazem na oprávněnost firem,
     • smlouvy na nákup provozního materiálu zabezpečuje vedoucí
laborant ve spolupráci se SORF.
     Návrhy všech smluv, jejíž předmět se týká položek
ovlivňujících RO, musí být podroben procesu včasného přezkoumání dříve, než
bude smlouva uzavřena, a o tomto přezkoumání musí být proveden písemný záznam. Vypracované
návrhy smluv jsou předloženy právnímu odboru k právní úpravě a následně
řediteli FN v Motole ke schválení.
6.3.9. Údržba
Údržba ZIZ a příslušenství je prováděna v rozsahu uvedeném v
servisní dokumentaci, a to:
     • Operativní údržba malého rozsahu - zpravidla na základě
ústního požadavku vedoucího laboranta je prováděna techniky SORF v rámci

kapacity.
     • Operativní údržba většího rozsahu - na základě písemného
požadavku vedoucího laboranta a následné objednávky OZT je prováděna
specializovanými firmami.
     • Preventivní údržba - na základě servisních smluv je
prováděna specializovanými firmami.
     • Zajištění a realizace údržby ZIZ, včetně vedení
dokumentace o jejím provádění.
6.3.10. Kontroly a zkoušky
     Zkoušky dlouhodobé stability - pro zkoušky provozní stálosti
k zajištění požadované jakosti veškerých činností souvisejících s používáním
ZIZ při lékařských aplikacích v oblasti radiodiagnostiky je zaveden systém ZDS
a ZPS. ZDS jsou organizačně zajišťovány techniky SORF a prováděny
autorizovanými firmami s povolením SÚJB pro jednotlivé druhy ZIZ, ve smyslu
Vyhl. č. 307/2002 Sb. Systém ZPS je zajišťován a prováděn techniky SORF tak,
aby byl v souladu s Vyhl. č.307/2002 Sb., Vyhl. č. 214/1997 Sb. a vyhovoval
hodnocení dosažené úrovně jakosti. Detailní postup pro zajištění, resp.
provádění ZDS a ZPS, včetně vedení evidence a archivace výsledků kontrol a
zkoušek, stanovují směrnice, jejichž seznam je uveden v navazující dokumentaci.
Protokol o provedené ZDS překontroluje fyzik a zhodnotí výsledky zkoušky.
Zabezpečení osobního monitorování, monitorování pracoviště a okolí je detailně
stanoveno v Programu monitorování.
6.3.11. Metrologie
     Kalibrace přístrojů, které přímo souvisí s měřením ZIZ a
jejichž seznam je uveden v navazující dokumentaci, je zajišťována techniky SORF
v rozsahu a termínech stanovených v průvodní technické dokumentaci. Provedení
kalibrace u externích autorizovaných organizací objednává OZT na základě
požadavku techniků SORF. Výsledky jsou archivovány u techniků SORF. V případě
opravy přístroje je kalibrace prováděna stejným způsobem, podléhá-li přístroj
této povinnosti
6.3.12. Řízení neshod
Při používání a provozu ZIZ může na RDG pracovištích dojít k níže uvedeným neshodám:
     • zvýšené ozáření pacientů nebo zaměstnanců
     • technické parametry používaného ZIZ nejsou ve shodě
     • neoprávněná manipulace se ZIZ
     • neoprávněný vstup osob do kontrolovaného pásma
     • porucha blokovacích systémů při vstupu na pracoviště
     • nesprávná identifikace vyšetřovaného místa
     • nesprávná identifikace pacient-snímek

     Řízení těchto neshod stanovují zejména „Provozní pokyny RDG pracoviště“, „Hygienický režim RTG vyšetřovny“, „Vnitřní havarijní plán“ .

     Neshody zjištěné při ZDS a ZPS, týkající se nesplnění předepsaných parametrů ZIZ, souvisejících technických zařízení a procesů. Tyto neshody jsou řešeny SORF ve smyslu příslušných směrnic o ZDS a ZPS a čl. 5 PZJ. Při nedodržení termínu provedení zkoušky dlouhodobé stability a nevyhovujícím výsledku měření závažného charakteru se rentgenové zařízení vyřadí z provozu do doby odstranění závady a provedení nové ZDS. Radiační zátěž pacienta při opakované expozici je uváděna v záznamu o provedeném vyšetření a k maximálnímu možnému omezení opakování jsou zajišťovány pravidelné odborné semináře prováděné vedoucími pracovníky KZM. Řešení opakovaných expozic zaviněných obsluhou je denně řešeno vedoucím laborantem na ranních pracovních poradách. Řešení opakovaných expozic zaviněných technickou chybou jsou vyhodnocována vedoucím laborantem a SORF. V případě opakování na stejném zařízení je zastaven jeho provoz a proveden oprava nebo výměna.

6.3.13. Evidence a vyřazování ZIZ

     Evidence ZIZ je vedena v rámci všeobecné evidence oddělením operativní evidence. Podrobná evidence ZIZ je vedena na SORF ve spolupráci s oddělením operativní evidence a dalšími odbornými pracovišti. Tato evidence je aktualizována techniky SORF, zasílána na RC SÚJB, kopie je předána dohlížející osobě a současně slouží také pro KIRO.

Evidovanými položkami jsou následující informace:

     • úplný název zařízení

     • jméno výrobce

     • umístění

     • výrobní číslo

     • specifikace zařízení (skiagrafie, skiaskopie, pojízdný, mamografie, CT, angiografie, zubní)

     • počet zářičů a vyšetřovací nářadí

     • registrační údaj pro hlídání zkoušek dlouhodobé stability

     • datum poslední ZDS

     • jméno firmy, která zkoušku provádí

     • zjištěné závady

Vyřazování ZIZ z provozu se realizuje podle Vyhl č. 30712002 Sb., § 35 a Vyhl. č. 196/1999 Sb. následujícím způsobem:

     • vedoucí laborant předá OZT „Návrh na likvidaci nemovitých předmětů“. OZT zajistí vypracování „Likvidačního posudku“, na základě kterého likvidační komise rozhodne, zda bude ZIZ likvidován fyzicky, rozebrán na náhradní díly, nebo využit jiným způsobem,

     • dle rozhodnutí likvidační komise SORF vyřadí ZIZ z evidence a oznámí tuto skutečnost RC SÚJB,

     • přístroj po ukončení provozu nebude předán jinému uživateli bez vědomí SÚJB.

6.3.14. Personalistika a školení na radiodiagnostických pracovištích

Pro zaměstnance RDG pracovišť je školícím místem KZM FNM. Systém školení je rozdělen do následujících skupin:

     • odborné semináře pro lékaře - 1 x týdně

     • odborné semináře pro laboranty - 1 x měsíčně

     • odborné semináře k programu kvality – l x za 3 měsíce

     • odborné semináře ze znalostí RO při použití ZIZ – l x ročně

     • školení o ochraně pacientů a personálu před IZ – l x ročně

     • odborné atestace včetně přezkoušení - výběrově

     • účast na pravidelných odborných akcích pořádaných ČLS JEP

     • zahraniční stáže mezinárodní kongresy

     Odpovědnost za organizaci, evidenci a náplň školeni lékařů má příslušný vedoucí pracovník kliniky, tj. přednosta kliniky a za vzdělávání SZP odpovídá vedoucí laborant příslušné kliniky, přičemž při přípravě programu školení a vzdělávání spolupracuje s KZRO.

     O provedeném školení je vyhotoven zápis s uvedením předmětu školení, jména školitele a jeho podpisem, jmen proškolených osob a jejich podpisem a datem, kdy bylo školení provedeno.

6.3.15. Vnitřní prověrky jakosti ve FNM

     Vnitřní prověrky zabezpečování celého systému jakosti k ověření shody zavedeného systému jakosti zahrnují tyto zásady:

     • Prověrky budou prováděny jednou za dva roky osobami pověřenými ředitelem FNM. Osoby provádějící prověrky musí být nestranné, s dostatečnou kvalifikací a zkušeností a budou funkčně nezávislé na těch, kteří za prověřovanou činnost odpovídají.

     • Bude prověřen celý systém jakosti na soulad s požadavky Vyhl. č. 214/1997 Sb. Výsledky prověrek budou zaznamenány do „Protokolu o prověrce PZJ“. Protokol o prověrce PZJ bude předložen řediteli a osobám odpovědným za prověřovanou oblast.

     • V případě neshod vyplývajících z Protokolu o prověrce PZJ budou přijata opatření k odstranění nedostatků.

7. LITERATURA

1. Absorbed Dose Determination in External Beam

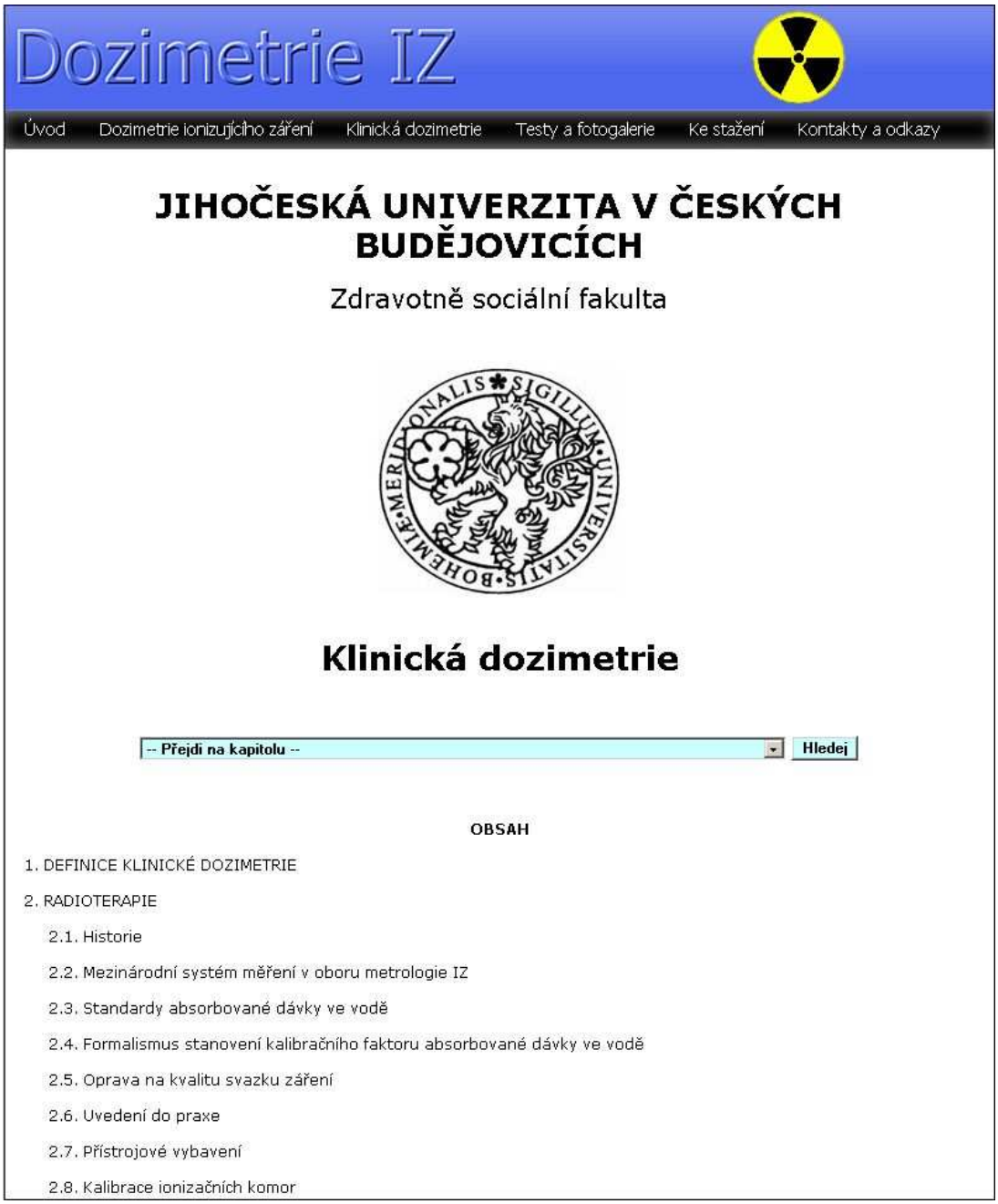
Radiotherapy, Code of Practice, TRS-398, IAEA, Vienna 1993
2. Singer J.: Dozimetrie ionizujícího záření, skripta, ZSF JLJ, České Budějovice 2005
3. Zákon č. 18/1997 Sb. (Atomový zákon)
4. Prouza Z.: Činnosti dodavatelských subjektů v prostorách kontrolovaného pásma držitelů
zdrojů ionizujícího
    záření, vydal SÚJB v edici Radiační ochrana, ÚJI duben 1999
5. Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources, IAEA, Vienna 1996
6. Quality Assurance in Radiotherapy, Report European Society for Therapeutic Radiology and Oncology,
Radiother.
    Oncol. 35, p. 61-73, 1995
7. Protection of the Patient in Nuclear Medicíně, ICRP Publication 52, 1987
8. The Quality Kontrol of Nuclear Medicíně Instruments, Tec. Doc. 316, IAEA, Vienna 1984
9. Program zajištění jakosti pro práci se zdroji ionizujícího záření v diagnostice, Fakultní nemocnice Motol, Praha 2003

8. OTÁZKY KE ZKOUŠCE

1. Jaká je historie dozimetrie v radiodiagnostice
2. Jaké laboratoře jsou zařazeny v mezinárodním systému metrologie ionizujícího záření
3. Jaké kalorimetry se používají ke standardizaci dávky ve vodě
4. Co je to Frickeho chemický dozimetr
5. Jaký je vztah pro součinitel (<img width=33 height=25 src="klinicka_soubory/image016.gif">) pro oprav mezi kvalitou referenčního a měřeného svazku podle
    Bragg-Grayovy teorie dutiny
6. Jaké jsou metody získání kalibračních faktorů „<img width=45 height=25 src="klinicka_soubory/image089.gif">“podle standardu primární laboratoře a které jsou
    považovány za nejlepší
7. Jaké ionizační komory se používají ke kalibraci a z čeho sestávají
8. K čemu se používají a jaké jsou fantomy. Proč se používají vodotěsné návleky na komory
9. Jaké jsou vlivy přítomnosti dutiny a stěn komory při kalibraci
10. Jaké jsou referenční podmínky doporučené při kalibraci ve svazcích záření kobaltu 60 (rozměry fantomu,
      referenční body)
11. Jaké jsou referenční podmínky doporučené při kalibraci ve svazcích rtg záření (rozměry fantomu, referenční body)
12. Na které ovlivňující veličiny se provádí v praxi opravy při kalibraci
13. Na co je Třeba v klinické dozimetrii dávat pozor při měření za jiných podmínek než referenčních
14. Co znamenají pojmy: dohlížející osoba, držitel povolení, jakost, položka důležitá z hlediska radiační
      ochrany, systém jakosti aj.

```
  <p>15. Co víte o zkouškách: přejímací, dlouhodobě stability, provozní stálosti</p>
  <p>16. Jaké jsou položky a procesy důležitě z hlediska radiační ochrany</p>
  <p>17. Do jakých stupňů se řadí dokumentace systému jakosti a co obsahuje</p>
  <p>18. Co je program zabezpečování jakosti a na koho se vztahuje</p>
  <p>19. Co musí obsahovat program zabezpečování jakosti</p>
  <p>20. Popište odpovědnost zajatosti jednotlivých pracovníků u držitele povolení</p>
  <p>21. Co je obsahem Příručky jakosti a k čemu slouží</p>
  <p>22. Co musí obsahovat program zabezpečování jakosti při lékařské expozice v
radioterapii</p>
  <p>23. Co jsou výbor a tým zabezpečování jakosti. Co je audit jakosti</p>
  <p>24. Jak se kontroluje jakost při terapii externím svazkem</p>
  <p>25. Jak se kontroluje jakost při brachyterapii</p>
  <p>26. Jak se kontroluje jakost při afterloadingu</p>
  <p>27. Jak se kontroluje jakost u CT scanneru</p>
  <p>28. Jaké místnosti jsou na oddělení nukleární medicíny a které přístroje se zde
kontrolují a jak</p>
  <p>29. Na jaké třídy se dělí radiofarmaka</p>
  <p>30. Čím je třeba se zabývat při kontrole kvality radiofarmak obecně a speciálně u
jednotlivých tříd</p>
  <p>31. Jaké jsou hlavní zásady programu zajištění jakosti v radiodiagnostice.</p>
  <p>32. Na co se sestavuje program monitorování a na co havarijní plán</p>
  <p>33. Jaké má povinnosti dohlížející osoba na pracovišti radiodiagnostiky.</p>
  <p>34. Jaké má povinnosti lékař-diagnostik na pracovišti radiodiagnostiky.</p>
  <p>35. K čemu slouží Oddělení radiologické fyziky a k čemu Oddělení zdravotnické
techniky</p>
  <p>36. Jaká základní pravidla je nutno dodržet při řízení provozu radiodiagnostických
pracovišť (od evidence<br>      pacientů až po osobní
dozimetrii)</p>
  <p>37. Kdo provádí vymezení kontrolovaného a sledovaného pásma</p>
  <p>38. Údržba a metrologie radiodiagnostického zařízení</p>
  <p>39. K jakým neshodám může v radiodiagnostice dojit a jak se řeší</p>
  <p>40. Jak se evidují a vyřazují radionuklidové zdroje obecně</p>
<br><br><br><br><br>
<center>&copy; 2007   Štěpán Leština   <a
href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img SRC="images/mail.gif" height=10 width=14
border="0" alt="e-mail"></a></center>
</div> </div>      </div>    </div></div></center></body></html>
```

6.7 Finální úprava stránky „Klinická dozimetrie“



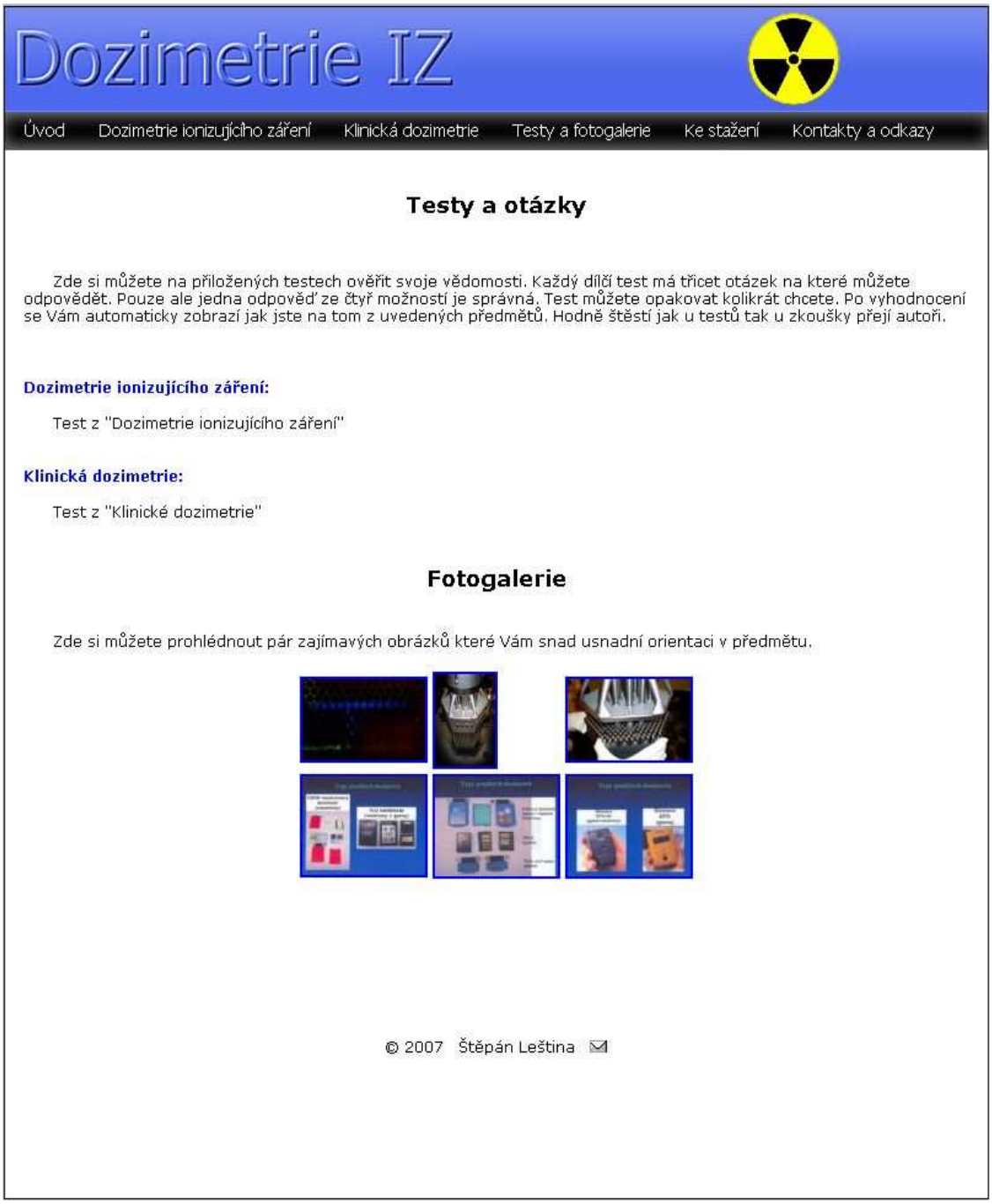
Obrázek č.6 Finální úprava stránky „Klinická dozimetrie“ [18]

6.8 Zdrojový kód stránky „Testy a fotogalerie“

```
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
<div id="wrap">
<div id="header"><img src="images/main_header.jpg" alt="Your site" /></div>
<div id="nav">   
<a href="index.htm" class="navlink" >Úvod</a>      
<a href="dozimetrie.htm" class="navlink" >Dozimetrie ionizujícího záření</a>
      
<a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická dozimetrie</a>
      
<a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a fotogalerie</a>
      
<a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke stažení</a>
      
<a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a odkazy</a>
      
</div>
    <div id="lconti">
<br><br>
<h3><center>Testy a otázky</center></h3>
<br><br>
<p>      Zde si můžete na přiložených testech ověřit svoje
vědomosti. Každý dílčí test má třicet otázek na které můžete odpovědět. Pouze ale jedna
odpověď ze čtyř možností je správná.
Test můžete opakovat kolikrát chcete. Po vyhodnocení se Vám automaticky zobrazí jak jste
na tom z uvedených předmětů. Hodně štěstí jak u testů tak u zkoušky přejí autoři.
</p><br><br>
<p>
<b><font color="#0000ff">Dozimetrie ionizujícího záření:</font></b>
</p>
<p>      <a   href="test1.htm"   target="_blank">Test   z
"Dozimetrie ionizujícího záření"</a><br>
<br><br>
<p>
<b><font color="#0000ff">Klinická dozimetrie:</font></b>
</p>
<p>      <a   href="test2.htm"   target="_blank">Test   z
"Klinické dozimetrie"</a><br>
```

```
<br><br>
<br>
<h3><center>Fotogalerie</center></h3>
<br>
<p>      Zde si můžete prohlédnout pár zajímavých obrázků
které Vám snad usnadní orientaci v předmětu.
<br><br><center>
<table>
<tr>
<td><a   href="fotogalerie/eee.jpg"><img   src="fotogalerie/eee1.jpg"   alt="Čerenkovovo
záření v bazénu vyhořelého paliva"/a></td>
<td><a    href="fotogalerie/fff.jpg"><img    src="fotogalerie/fff1.jpg"    alt="Palivový
soubor"/></a></td>
<td><a    href="fotogalerie/ggg.jpg"><img    src="fotogalerie/ggg1.jpg"    alt="Uložení
palivových proutků (detail) v kazetě"/></a></td>
</tr>
<tr>
<td><a            href="fotogalerie/aaa.jpg"><img            src="fotogalerie/aaa1.jpg"
alt="Dozimetry"/></a></td>
<td><a            href="fotogalerie/bbb.jpg"><img            src="fotogalerie/bbb1.jpg"
alt="Dozimetry"/></a></td>
<td><a            href="fotogalerie/ccc.jpg"><img            src="fotogalerie/ccc1.jpg"
alt="Dozimetry"/></a></td>
</tr>
</table>
</center>
<br><br><br><br><br><br><br><br><br>
<center>&copy;        2007          Štěpán        Leština          <a
href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img    SRC="images/mail.gif"    height=10    width=14
border="0" alt="e-mail"></a></center>
</div></div></div></div>
</div>
</center>
</body>
</html>
```

6.9 Finální úprava stránky „Testy a fotogalerie“



Obrázek č.7 Finální úprava stránky „Testy a fotogalerie“ [18]

6.10 Zdrojový kód stránky „Ke stažení“

```
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
  <div id="wrap">
    <div id="header"><img src="images/main_header.jpg" alt="Your site" /></div>
    <div id="nav">
   
<a href="index.htm" class="navlink" >Úvod</a>
      
<a href="dozimetrie.htm" class="navlink" >Dozimetrie ionizujícího záření</a>
      
<a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická dozimetrie</a>
      
<a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a fotogalerie</a>
      
<a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke stažení</a>
      
<a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a odkazy</a>
      
</div>
   <div id="lconti">
<br><br>
<h3><center>Ke stažení</center></h3>
<br><br>
<p>     Zde Vám nabízím celá skripta ke stažení. Skripta jsou
uložena ve formátu <i>*ZIP*</i> z důvodu rychlejšího stažení z webu.
Ocení to zejména ti kteří mají pomalejší připojení. Samotná skripta jsou ve formátu
<i>*WORD*</i>.
<br><br><br>
<b>Skripta:</b><br><br>
<a
href="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=xhnho11f9hus00d5u4rnh875hmvkp4&down=true&
url=http://www.lestinas.webzdarma.cz/dozimetrie.zip">
<b><font                    color="#0000ff">Dozimetrie                    ionizujícího
záření:</font></b></a>   počet stažení:
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER -->
<script
src="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=xhnho11f9hus00d5u4rnh875hmvkp4&url=http://
www.lestinas.webzdarma.cz/dozimetrie.zip"  type="text/javascript" ></script>
```

```
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER KONEC-->
<br><br>
<a
href="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=6n5oucp0d5nfbi73780vk3o0xrb76s&down=true&
url=http://www.lestinas.webzdarma.cz/klinicka.zip">
<b><font    color="#0000ff">Klinická    dozimetrie:</font></b></a>   počet
stažení:
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER -->
<script
src="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=6n5oucp0d5nfbi73780vk3o0xrb76s&url=http://
www.lestinas.webzdarma.cz/klinicka.zip"  type="text/javascript" ></script>
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER KONEC-->
<br><br><br><br><br>
<b>Otázky ke zkoušce:</b><br><br>
<a
href="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=98iebp23di1xdj8fcsvhv72303tact&down=true&
url=http://www.lestinas.webzdarma.cz/odozimetrie.zip">
<b><font                     color="#0000ff">Dozimetrie                     ionizujícího
záření:</font></b></a>   počet stažení:
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER -->
<script
src="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=98iebp23di1xdj8fcsvhv72303tact&url=http://
www.lestinas.webzdarma.cz/odozimetrie.zip"  type="text/javascript" ></script>
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER KONEC-->
<br><br>
<a
href="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=5hxi0mu9v86k3jxuv9rf4b7tx66o60&down=true&
url=http://www.lestinas.webzdarma.cz/oklinicka.zip">
<b><font    color="#0000ff">Klinická    dozimetrie:</font></b></a>   počet
stažení:
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER -->
<script
src="http://www.blueboard.cz/dcounter.php?hid=5hxi0mu9v86k3jxuv9rf4b7tx66o60&url=http://
www.lestinas.webzdarma.cz/oklinicka.zip"  type="text/javascript" ></script>
<!-- BLUEBOARD DCOUNTER KONEC-->
<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>
<center>&copy;        2007          Štěpán        Leština          <a
href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img     SRC="images/mail.gif"     height=10     width=14
border="0" alt="e-mail"></a></center>
</div></div></div></div>
</div>
</center>
</body>
</html>
```

6.11 Finální úprava stránky „Ke stažení“

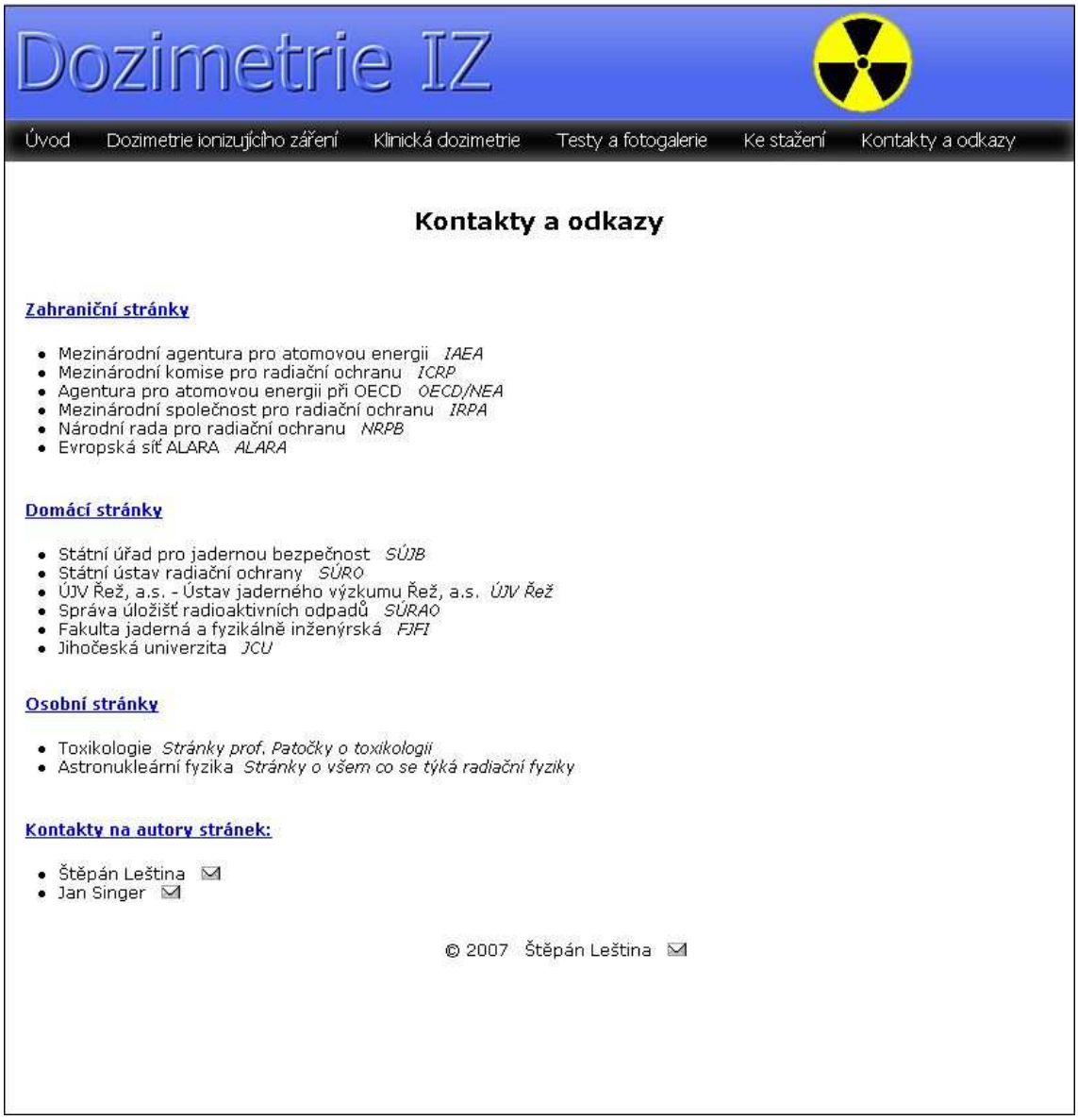
Obrázek č.8 Finální úprava stránky „Ke stažení“ [18]

6.12 Zdrojový kód stránky „Kontakty a odkazy“

```
<html>
<head>
<title>Dozimetrie</title>
<link rel="stylesheet" href="indexs.css" type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="#c0c0c0">
<center>
<div id="surround">
<div id="wrap">
<div id="header"><img src="images/main_header.jpg" alt="Your site" /></div>
<div id="nav">
   
<a href="index.htm" class="navlink" >Úvod</a>
      
<a href="dozimetrie.htm" class="navlink" >Dozimetrie ionizujícího záření</a>
      
<a href="klinicka.htm" class="navlink" >Klinická dozimetrie</a>
      
<a href="testy.htm" class="navlink" >Testy a fotogalerie</a>
      
<a href="kestazeni.htm" class="navlink" >Ke stažení</a>
      
<a href="kontakty.htm" class="navlink" >Kontakty a odkazy</a>
      
</div>
  <div id="lconti">
<br><br>
<h3><center>Kontakty a odkazy</center></h3>
<br><br>
<p>
<font color="#0000ff"><b><u>Zahraniční stránky </font></b></u>
<ul>
<li> <a href="http://www.iaea.org/" target="blank">Mezinárodní agentura pro atomovou
energii </a><i>  IAEA</i>
<li> <a href="http://www.icrp.org/" target="blank">Mezinárodní komise pro radiační
ochranu </a><i>  ICRP</i>
<li> <a href="http://www.nea.fr/" target="blank">Agentura pro atomovou energii při OECD
</a><i>  OECD/NEA</i>
<li> <a href="http://www.irpa.net/" target="blank">Mezinárodní společnost pro radiační
ochranu </a><i>  IRPA</i>
<li> <a href="http://www.nrpb.org/" target="blank">Národní rada pro radiační ochranu
</a><i>  NRPB</i>
<li> <a href="http://ean.cepn.asso.fr/" target="blank">Evropská síť ALARA
</a><i>  ALARA</i></ul>
```

```
<br>
<p>
<font color="#0000ff"><b><u>Domácí stránky </font></b></u>
<ul>
<li> <a href="http://www.sujb.cz/" target="blank">Státní úřad pro jadernou bezpečnost
</a><i>  SÚJB</i>
<li> <a href="http://www.suro.cz/" target="blank">Státní ústav radiační ochrany
</a><i>  SÚRO</i>
<li> <a href="http://www.nri.cz/" target="blank">ÚJV Řež, a.s. - Ústav jaderného výzkumu
Řež, a.s.</a><i>  ÚJV Řež</i>
<li> <a href="http://www.vidivici.cz/surao2/" target="blank">Správa úložišť
radioaktivních odpadů </a><i>  SÚRAO</i>
<li> <a href="http://www.fjfi.cvut.cz/" target="blank"> Fakulta jaderná a fyzikálně
inženýrská </a><i>  FJFI</i>
<li> <a href="http://www.jcu.cz/" target="blank">Jihočeská univerzita
</a><i>  JCU</i>
</ul>
<br>
<p>
<font color="#0000ff"><b><u>Osobní stránky </font></b></u>
<ul>
<li> <a href="http://toxicology.emtrading.cz"
target="blank">Toxikologie</a><i>  Stránky prof. Patočky o toxikologii</i>
<li> <a href="http://www.sweb.cz/AstroNuklFyzika" target="blank">Astronukleární
fyzika</a><i>  Stránky o všem co se týká radiační fyziky</i>
</ul>
<br>
<p>
<font color="#0000ff"><b><u>Kontakty na autory stránek:</font></b></u>
<ul>
<li> Štěpán Leština   <a href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img
SRC="images/mail.gif" height=10 width=14 border="0" alt="e-mail"></a></center>
<li> Jan Singer   <a href="mailto:singerj@seznam.cz"><img
SRC="images/mail.gif" height=10 width=14 border="0" alt="e-mail"></a></center>
</p>
<br>
<center>&copy; 2007   Štěpán Leština   <a
href="mailto:lestinas@seznam.cz"><img SRC="images/mail.gif" height=10 width=14
border="0" alt="e-mail"></a></center>
</div></div></div></div></div>
</center>
</body>
</html>
```

6.13 Finální úprava stránky „Kontaky a odkazy“



Obrázek č.9 Finální úprava stránky „Kontakty a odkazy“ [18]

7. Diskuze

Vzdělávání studentů pomocí internetu naráží na problematiku odmítavého postoje vzdělávacích zařízení vůči využívání informačních technologií ve výuce. Jde o to, že krátkozraký přístup při vypracovávání politiky internetového vzdělávání a tradiční výuky na institucích vyššího vzdělání má za následek minimální používání, aby nevyšla najevo ta skutečnost, že informační technologie dokáží v dnešní době už plně nahradit klasickou formu výuky.

S problémem odmítavého postoje se setkávám i na naší instituci, ale zároveň jsem zaznamenal, jakou měrou může zavádění informačních technologií v oblasti klasického vzdělávání postupně změnit postoj vůči ní. Doporučuji vzdělávání kombinovat, jako ideální řešení pro vzdělávání studentů. Nápady a zkušenosti získané během tohoto období můžeme použít při integrování informačních technologií do výuky.

7.1 Faktory odmítavého postoje

Odmítavý postoj ke konceptům výuky včetně otevřeného a distančního vzdělávání a dálkové výuky, se kterým se setkáváme mezi učiteli a studenty při vzdělávání studentů, způsobují dle mého názoru čtyři důležité faktory, úzce související se zažitými tradicemi v této oblasti:

- Tradice učebních osnov
- Tradice ústní výuky
- Nedostatek důvěry v technická řešení problémů výuky
- Nedostatek zkušeností s médii

7.2 Tradice učebních osnov

Tradice učebních osnov se opírá o lineární postup dosažený na základě studijních programů, obsahu učiva, úloh a odpovědí. Od studentů se očekává, že budou pracovat dle předem stanovených studijních programů, plnit zadané úlohy a skládat zkoušky a testy tak, aby daná škola mohla jejich studium uznat. Učební osnovy jsou vypracované na principu "pro případ potřeby", kdy obsah učiva je dobré znát pro případ, že by to někdy někdo mohl potřebovat.

7.3 Tradice ústní výuky

Dle naší pedagogické tradice jsou dialog a diskuze stimulujícími prvky studia. Učitelé ve školách jsou tudíž zvyklí na ústní a přímou komunikaci, tedy klasický příklad komunikace, která je otevřena všem přímým výzvám a dialogům zahrnujícím i řeč těla. Někteří učitelé pochybují o tom, že by digitální komunikace mohla být tak účinná jako ústní. Chybějí jim zkušenosti, je-li třeba zvolit digitální formu studia a stimulovat studenty novými pomůckami. Zároveň mají potřebu používat při výuce jiné vzdělávací prostředky. Tyto nové nároky jsou pro učitele i studenty výzvou, aby radikálně změnili své dosavadní dovednosti týkající se psaní a chápání.

7.4 Nedostatek důvěry v technická řešení problémů výuky

Nedůvěra v užitečnost informační technologie vznikla na základě předchozích zkušeností. Počítače nejsou první technickou novinkou ve světě vzdělávání. Začátkem 70. let byly zaváděny jazykové laboratoře a o deset let později se od nich prakticky upustilo. Rádio a televize, které se na svých počátcích též zdály být slibným prostředkem jak nahradit učitele, dnes ve třídách nevidíme ani v zastrčeném koutě.

7.5 Nedostatek zkušeností s médii

Uznat prospěšnost médií je hlavním předpokladem pro zavádění informačních technologií do výuky, a to se v případě vzdělávacích institucí nestává často. Učitele je třeba podněcovat, aby média využívali a vyvíjeli metody, jak informační technologie pedagogicky aplikovat.

7.6 Dosavadní zkušenosti

Dosavadní zkušenosti ukazují, že pomocí kombinovaného vzdělávání je možné překlenout propast mezi pedagogikou a technologií. Před pár lety vstupem internetu a technologií jím spojených zaznamenal velký skok ve výuce. Učitelé a administrativa si na něj postupně přivykají a dnes papírová forma přednášek ze škol pomalu mizí. Veškeré informace jsou zajišťovány prostřednictvím elektronických konferencí. Učitelé začali tohoto systému využívat v rámci svého vyučování. Dálkovým studentům individuální studium a příprava, kdy se připravují samostatně obzvláště vyhovuje. Elektronické konference jsou hlavním komunikačním prostředkem mezi učitelem a studentem. Dnes někteří učitelé komunikují se studenty elektronickou formou 1 až 2 hodiny denně.

7.7 Vize budoucnosti

Věřím, že kombinovaná výuka bude představovat stále důležitější součást studia, které budeme v příštích letech nabízet, a to nehledě na to, že je třeba vyřešit ještě mnoho problémů a osvojit si další znalosti a dovednosti, aby bylo možné klasickou výuku zcela nahradit.

8. Závěr

Informační technologie nabízí nové možnosti na poli didaktiky. Zatímco výuka ve třídě je jakýmsi masovým vzděláváním určeným pro průměrného žáka, informační technologie umožňují uvědomit si rozdíly jak v obsahu učiva, tak i použitých pracovních metodách. Vzdělávací akce mohou být organizovány tak, aby zohledňovaly individuální potřeby a studijní způsoby každého. Kombinované vzdělávání se jeví jako ideální cesta jak začít.

Učitelé potřebují získat zkušenosti v oblasti informačních technologií, aby byli schopni uvažovat o svých možnostech v didaktickém kontextu. Potřebují se naučit, jak stimulovat studenta prostřednictvím internetu, jak reagovat a odpovídat jednotlivcům a skupinám a jak zpřístupnit diskuze na webu. Studentům je třeba umožnit, aby se naučili s médii pracovat, komunikovat a spolupracovat se svými kolegy.

Na základě studie, která byla provedena ve Velké Británii bylo navrženo doporučení, podle kterého by měl mít každý student vlastní přenosný počítač. Důvodem je stále rostoucí důležitost používání informačních technologií ve výuce a nutnost, aby školské instituce zvyšovaly počty počítačů na studenty. Podle šetření v České republice je dnes na základních školách přibližně 36 tisíc vyhovujících počítačů, což je pouze 26% potřebného počtu. Na středních a vyšších odborných školách je počítačů přibližně stejný počet, což je zhruba 33% potřebného počtu.

Internet však přináší výuce ještě další netušené možnosti. Není jen zdrojem dat a místem určeným pro prezentaci výsledků práce školy. Je možno s ním pracovat též jako s nástrojem komunikačním. Budeme-li chtít internet co nejvíce využívat v kontextu sociální podstaty vzdělávání, potřebujeme do práce zapojit jeho schopnost spojovat živé lidi. Jedná se o něco poněkud jiného, než je pouhé získávání informací. Právě o společné řešení úkolů jde ve většině případů právě těm učitelům, kteří připravují projekty, v nichž spolupracují děti z různých, někdy i velmi vzdálených škol. V kontextu zde používaného třídění výukových metod na tradiční instruktivní a pokrokové konstruktivní patří internetové projekty jednoznačně do kategorie metod pokrokových. Jsou značně různorodé a je jich velké množství.

9. Literatura

[1] Kosek J.: *HTML- tvorba dokonalých WWW stránek*, Grada 1998

[2] Písek S.: *Vytváříme internetové stránky*, Grada 2003

[3] Broža P.: *Tvorba WWW stránek pro úplné začátečníky*, C- Press 2004

[4] Grusová L.: *CSS pro úplné začátečníky*, Computer Press 2003

[5] Staníček P.: *CSS Kaskádové styly*, Computer Press 2003

[6] Schurman E. M., Pardi W. J.: *Dynamické HTML v akci*, C- Press 2001

[7] Singer J.: *Dozimetrie ionizujícího záření*, Jihočeská univerzita 2005

[8] Singer J., Heřmanská J.: *Klinická dozimetrie*, Jihočeská univerzita 2005

[9] Broža P.: *Programování WWW stránek pro úplné začátečníky*, C- Press 2001

[10] Václavek P.: *JavaScript - hotová řešení*, C- Press 2003

[11] Mach J.: *PHP pro úplné začátečníky*, C- Press 2006

[12] Gerndt J.: *Detektory ionizujícího záření*, ČVÚT 1994

[13] Klener V.: *Principy a praxe radiační ochrany*, AZIN 2000

[14] Koláček P.: *Radiační ochrana*, ČEZ Brno 2001

[15] Šantavý I., Trojánek A.: *Fyzika*, Prométheus 2000

[16] Lepil O., Bednařík M., Hýblová R.: *Fyzika II*, Prométheus 2000

[17] Kelby S.: *Digitální fotografie ve Photoshopu*, C- Press 2003

10. Internetové odkazy

[18] http://www.lestinas.webzdarma.cz/

[19] http://www.jakpsatweb.cz/

[20] http://www.kosek.cz/

[21] http://interval.cz/

[22] http://www.builder.cz/

[23] http://www.hp.cz/e-learning/index.php

[24] http://www.jaknaweb.cz/

[25] http://cs.wikipedia.org/wiki/JPEG

[26] http://cs.wikipedia.org/wiki/GIF

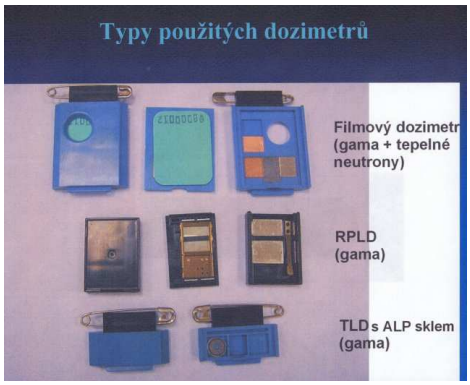
[27] http://cs.wikipedia.org/wiki/PNG

11. Přílohy

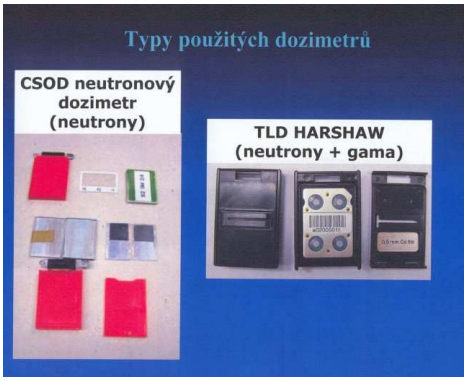
I. Seznam obrázků použitých na http://www.lestinas.webzdarma.cz

1. Čerenkovovo záření v bazénu vyhořelého paliva

2. Palivový soubor - detail



3. Typy dozimetrů



4. Typy dozimetrů

5. Typy dozimetrů

6. Palivový soubor před zasunutím do zásobníku

II. Zdrojový kód „Testu znalostí z Dozimetrie ionizujícího záření“

```
<html>
<head>
   <title>Test znalostí z Dozimetrie ionizujícího záření</title>
   <meta     http-equiv="Content-Type"     content="text/html;     charset=windows-1250"
type="text/javascript">
<style>
p  {text-indent: 0px; margin: 10px;}
h2 { background-color: #FFF7D5 ; width: 500px ; border: 1px solid; border-color: #996600
}
</style>
</head>

<br>
<div align="center">
<div style="background-color: #F1E7D4; width:800px; padding:30px 30px 30px 30px; border:
solid 1px; border-color: #996600; border-width: 1px, 1px, 1px, 1px">

<div align="left">
      <br>
      <center>
      <h2>Test znalostí z Dozimetrie ionizujícího záření</h2>
      </center>
      <br><br>

<form id="anketa">
<label id="o1"><strong>1.<font> </font>Jednotkou aktivity je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">
a) gray</label>
<br>
<label id="dobre1" >
<input type="radio" name="otazka1" value="1" onClick="odpoved(1,this.value)">
b) becquerel</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">
c) sievert</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">
d) gray za sekundu</label>
<br>
</p><label id="o2"><strong>2.<font> </font>Becquerel má rozměr:</strong></label>
```

```
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
a) sekunda</label>
<br>
<label id="dobre2">
<input type="radio" name="otazka2" value="1" onClick="odpoved(2,this.value)">
b) sekunda na mínus prvou
        </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
c) sekunda na mínus druhou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
d) metr krát sekunda na mínus prvou</label>
<br>
</p>
<label id="o3"><strong>3.<font> </font>Jednotkou plošné aktivity je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
a) sievert</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
b) gray</label>
<br>
<label id="dobre3">
<input type="radio" name="otazka3" value="1" onClick="odpoved(3,this.value)">
c) becquerel na centimetr čtvereční</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
d) becquerel</label>
<br>
</p>
<label id="o4"><strong>4.<font> </font>Jednotkou měrné aktivity je :</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
a) sievert na kilogram</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
```

```
b) gray na kilogram</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
c) becquerel</label>
<br>
<label id="dobre4">
<input type="radio" name="otazka4" value="1" onClick="odpoved(4,this.value)">
d) becquerel na kilogram
</label>
<br>
</p>
<label id="o5"><strong>5.<font> </font>Jednotkou objemové aktivity je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre5">
<input type="radio" name="otazka5" value="1" onClick="odpoved(5,this.value)">
a) becquerel na metr krychlový </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
b) becquerel na metr</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
c) becquerel na metr na mínus prvou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
d) gray na metr krychlový</label>
<br>
</p>
<label id="o6"><strong>6.<font> </font>Jednotkou toku částic je: </strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
a) sekunda na prvou</label>
<br>
<label id="dobre6">
<input type="radio" name="otazka6" value="1" onClick="odpoved(6,this.value)">
b) sekunda na mínus prvou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
c) sekunda na mínus druhou</label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
d) sekunda na mínus třetí</label>
<br>
</p>
<label id="o7"><strong>7.<font> </font>Jednotkou fluence částic je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
a) gray </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
b) jedna na metr </label>
<br>
<label id="dobre7">
<input type="radio" name="otazka7" value="1" onClick="odpoved(7,this.value)">
c) jedna na metr čtvereční </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
d) dvě na metr čtvereční</label>
<br>
</p>
<label    id="o8"><strong>8.<font>    </font>Jednotkou    příkonu    fluence    částic
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
a) sekunda</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
b) metr za sekundu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
c) dvě na čtvereční metr za sekundu</label>
<br>
<label id="dobre8">
<input type="radio" name="otazka8" value="1" onClick="odpoved(8,this.value)">
d) jedna na čtvereční metr za sekundu </label>
<br>
</p>
<label id="o9"><strong>9.<font> </font>Měrná aktivita má rozměr:</strong></label>
<p>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
a) metr na mínus prvou krát kilogram na mínus prvou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
b) sekunda na prvou krát kilogram na mínus prvou</label>
<br>
<label id="dobre9">
<input type="radio" name="otazka9" value="1" onClick="odpoved(9,this.value)">
c) sekunda na mínus prvou krát kilogram na mínus prvou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
d) sekunda na mínus druhou krát kilogram na mínus prvou</label>
<br>
</p>
<label id="o10"><strong>10.<font> </font>Jednotkou kermy je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre10">
<input type="radio" name="otazka10" value="1" onClick="odpoved(10,this.value)">
a) gray </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
b) sievert</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
c) sekunda na mínus prvou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
d) becquerel</label>
<br>
</p>
<label id="o11"><strong>11.<font> </font>Kerma má rozměr:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
a) metr na mínus druhou krát sekunda na mínus druhou</label>
<br>
<label id="dobre11" >
<input type="radio" name="otazka11" value="1" onClick="odpoved(11,this.value)">
b) metr na druhou krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
c) metr na druhou krát litr na mínus druhou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
d) metr na druhou krát sekunda na mínus prvou</label>
<br>
</p>
<label      id="o12"><strong>12.<font>      </font>Jednotkou      kermového      příkonu
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
a) sievert za sekundu</label>
<br>
<label id="dobre12">
<input type="radio" name="otazka12" value="1" onClick="odpoved(12,this.value)">
b) gray za sekundu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
c) metr za sekundu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
d) sekunda za sekundu</label>
<br>
</p>
<label id="o13"><strong>13.<font> </font>Rozměr kermového příkonu je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
a) metr na druhou krát sekunda na mínus čtvrtou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
b) metr na druhou</label>
<br>
<label id="dobre13">
<input type="radio" name="otazka13" value="1" onClick="odpoved(13,this.value)">
c) metr na druhou krát sekunda na mínus třetí</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
d) sekunda na mínus třetí</label>
<br>
```

```
</p>
<label id="o14"><strong>14.<font> </font>Jednotkou sdělené energie je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
a) ampér </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
b) sekunda na mínus prvou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
c) kelvin </label>
<br>
<label id="dobre14">
<input type="radio" name="otazka14" value="1" onClick="odpoved(14,this.value)">
d) joule </label>
<br>
</p>
<label id="o15"><strong>15.<font> </font>Sdělená energie má rozměr:</strong></label>
<p>
<label id="dobre15">
<input type="radio" name="otazka15" value="1" onClick="odpoved(15,this.value)">
a) kilogram krát metr na druhou krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
b) kilogram krát metr na druhou krát sekunda na mínus třetí </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
c) metr na druhou krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
d) kilogram krát metr krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
</p>
<label      id="o16"><strong>16.<font>      </font>Jednotkou      dávkového      příkonu
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
a) sievert </label>
<br>
```

```
<label id="dobre16">
<input type="radio" name="otazka16" value="1" onClick="odpoved(16,this.value)">
b) gray za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
c) bacquerel za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
d) sekunda na mínus prvou </label>
<br>
</p>
<label id="o17"><strong>17.<font> </font>Jednotkou expozice je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
a) sievert </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
b) kilogram </label>
<br>
<label id="dobre17">
<input type="radio" name="otazka17" value="1" onClick="odpoved(17,this.value)">
c) coulomb na kilogram </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
d) coulomb </label>
<br>
</p>
<label id="o18"><strong>18.<font> </font>Starší jednotkou expozice je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
a) curie</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
b) metr na druhou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
c) coulomb</label>
<br>
```

```
<label id="dobre18">
<input type="radio" name="otazka18" value="1" onClick="odpoved(18,this.value)">
d) rentgen </label>
<br>
</p>
<label      id="o19"><strong>19.<font>      </font>Jednotkou      expozičního      příkonu
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
a) coulomb</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
b) coulomb na kilogram </label>
<br>
<label id="dobre19">
<input type="radio" name="otazka19" value="1" onClick="odpoved(19,this.value)">
c) ampér na kilogram </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
d) volt na kilogram </label>
<br>
</p>
<label      id="o20"><strong>20.<font>      </font>Jednotkou      ekvivalentní      dávky
je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre20">
<input type="radio" name="otazka20" value="1" onClick="odpoved(20,this.value)">
a) sievert </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
b) gray </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
c) coulomb </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
d) ampér </label>
<br>
</p>
<label id="o21"><strong>21.<font> </font>Ekvivalentní dávka má rozměr:</strong></label>
```

```
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
a) metr na třetí krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label id="dobre21" >
<input type="radio" name="otazka21" value="1" onClick="odpoved(21,this.value)">
b) metr na druhou krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
c) metr krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
d) metr na druhou krát sekunda na mínus prvou  </label>
<br>
</p>
<label     id="o22"><strong>22.<font>     </font>Příkon     akvivalentní     dávky     má
jednotku:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
a) sekunda na mínus prvou</label>
<br>
<label id="dobre22">
<input type="radio" name="otazka22" value="1" onClick="odpoved(22,this.value)">
b) sievert za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
c) gray za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
d) coulomb za hodinu </label>
<br>
</p>
<label       id="o23"><strong>23.<font>       </font>Radiační       váhový       faktor
vyadřuje:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
a) relativní riziko vzniku nestocastických poškození </label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
b) relativní riziko vzniku stocastických poškození </label>
<br>
<label id="dobre23">
<input type="radio" name="otazka23" value="1" onClick="odpoved(23,this.value)">
c)  radiobiologickou účinnost IZ </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
d) nevyadřuje nic </label>
<br>
</p>
<label id="o24"><strong>24.<font> </font>Jednotkou efektivní dávky je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
a) becquerel </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
b) coulomb </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
c) gray </label>
<br>
<label id="dobre24">
<input type="radio" name="otazka24" value="1" onClick="odpoved(24,this.value)">
d) sievert </label>
<br>
</p>
<label        id="o25"><strong>25.<font>        </font>Tkáňový        váhový        faktor
vyadřuje:</strong></label>
<p>
<label id="dobre25">
<input type="radio" name="otazka25" value="1" onClick="odpoved(25,this.value)">
a) relativní riziko vzniku pozdně stochastických účinků </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
b) relativní riziko vzniku pozdně nestochastických účinků </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
c) riziko vzniku leukémie </label>
<br>
```

```
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
d) nevyadřuje nic </label>
<br>
</p>
<label    id="o26"><strong>26.<font>    </font>Jednotkou    úvazku    efektivní    dávky
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
a) gray </label>
<br>
<label id="dobre26">
<input type="radio" name="otazka26" value="1" onClick="odpoved(26,this.value)">
b) sievert </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
c) gray za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
d) coulomb </label>
<br>
</p>
<label   id="o27"><strong>27.<font>   </font>Jednotkou   kolektivní   efektivní   dávky
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
a) gray za hodinu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
b) gray </label>
<br>
<label id="dobre27">
<input type="radio" name="otazka27" value="1" onClick="odpoved(27,this.value)">
c) sievert </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
d) coulomb </label>
<br>
</p>
<label id="o28"><strong>28.<font> </font>Dávkový ekvivalent má rozměr:</strong></label>
```

```
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
a) sekunda na mínus druhou </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
b) metr na druhou krát sekunda na mínus třetí </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
c) metr na druhou </label>
<br>
<label id="dobre28">
<input type="radio" name="otazka28" value="1" onClick="odpoved(28,this.value)">
d) metr na druhou krát sekunda na mínus druhou </label>
<br>
</p>
<label     id="o29"><strong>29.<font>     </font>Osobní     dávkový     ekvivalent     má
jednotku:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
a) becquerel </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
b) gray </label>
<br>
<label id="dobre29">
<input type="radio" name="otazka29" value="1" onClick="odpoved(29,this.value)">
c) sievert </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
d) coulomb </label>
<br>
</p>
<label   id="o30"><strong>30.<font>   </font>Dávkový   ekvivalent   v   hloubce   0,07mm
je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre30">
<input type="radio" name="otazka30" value="1" onClick="odpoved(30,this.value)">
a) mělký </label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
b) hluboký </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
c) střední </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
d) nulový </label>
<br>
</p><br>
<center>
<input name="hodnoceni" type="button" value="Hodnocení" onClick="ukaz_hodnoceni();">
<input type="reset" value="Vynulovat">
</center>

</form>

<script language="JavaScript" type="text/JavaScript">
<!--
// 0-20 body
var vysledek1 = "Dozimetrie IZ ti cosi říká, ale žádná sláva to není. Na zkoušku raději
nechoď!";
//21-25 bodů
var vysledek2 = "Dozimetrie IZ už ti docela dost říká, ale ještě jsou tam drobné mezery.
Na zkoušku už můžeš jít, ale na jedničku to pravděpodobně nebude!";
//26 - 30 bodů
var vysledek3 = "Gratuluji v tomto těžkém testu jde o vynikající výsledek! Na zkoušku se
můžete v pohodě přihlásit.";

var odpovedi = new Array(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);

function vychozi() {
for ( var i = 0; i < document.forms[0].elements.length; i++ ) {
document.forms[0].elements[i].checked = false;
}
}

function odpoved(otazka,bodovani) {
odpovedi[otazka-1] = bodovani;
}

function ukaz_hodnoceni() {
var pocet_bodu = 0;
for(var i=0; i<30; i++){
```

```
pocet_bodu = pocet_bodu + parseInt(odpovedi[i]);
if (odpovedi[i] == 0) {
document.getElementById('o' + (i+1)).style.color = 'red';
}
else {
document.getElementById('o' + (i+1)).style.color = 'black';
}
document.getElementById('dobre' + (i+1)).style.color = 'green';
document.getElementById('dobre' + (i+1)).style.fontWeight = 'bolder';
}
var hlaska = "Váš bodový zisk v tomto testu je "+pocet_bodu+" z 30.\n";
if (pocet_bodu <30){
hlaska = hlaska + "Chybné odpovědi jsou označeny červeně.\n\n";
}
if (pocet_bodu <= 20){
alert(hlaska+vysledek1);
}
else if (pocet_bodu >= 25){
alert(hlaska+vysledek3);
}
else {
alert(hlaska+vysledek2);
}
}
//-->
</script>

        <center><b>&copy; Štěpán Leština 2007</b></center>
</div></div>
<br>


</body>
</html>
```

III. Zdrojový kód „Testu znalostí z Klinické dozimetrie“

```
<html>
<head>
   <title>Test znalostí z Klinické dozimetrie</title>
   <meta     http-equiv="Content-Type"     content="text/html;     charset=windows-1250"
type="text/javascript">
<style>
p  {text-indent: 0px; margin: 10px;}
h2 { background-color: #FFF7D5 ; width: 400px ; border: 1px solid; border-color: #996600
}
</style>
</head>

<br>
<div align="center">
<div style="background-color: #F1E7D4; width:800px; padding:30px 30px 30px 30px; border:
solid 1px; border-color: #996600; border-width: 1px, 1px, 1px, 1px">

<div align="left">
      <br>
      <center>
      <h2>Test znalostí z Klinické dozimetrie</h2>
      </center>
      <br><br>






<form id="anketa">
<label id="o1"><strong>1.<font> </font>Třetí stádium klinické dozimetrie lze datovat od
roku:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">
a) 1956</label>
<br>
<label id="dobre1" >
<input type="radio" name="otazka1" value="1" onClick="odpoved(1,this.value)">
b) 1955</label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">

c) 1957</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka1" value="0" onClick="odpoved(1,this.value)">
d) 1958</label>
<br>
</p>
<label  id="o2"><strong>2.<font>  </font>Mezi  základní  složky  klinické  dozimetrie
nepatří:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
a) údaje o pacientovi</label>
<br>
<label id="dobre2">
<input type="radio" name="otazka2" value="1" onClick="odpoved(2,this.value)">
b) fantom
        </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
c) základní fyzikální a dozimetrické údaje</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka2" value="0" onClick="odpoved(2,this.value)">
d) vlastní ozařovací proces</label>
<br>
</p>
<label id="o3"><strong>3.<font> </font>Mezinárodní systém měření v oboru metrologie IZ
neobsahuje:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
a) BIMP</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
b) PSDLs</label>
<br>
<label id="dobre3">
<input type="radio" name="otazka3" value="1" onClick="odpoved(3,this.value)">
c) PSSSs</label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka3" value="0" onClick="odpoved(3,this.value)">
d) SSDLs</label>
<br>
</p>
<label id="o4"><strong>4.<font> </font>Standardy absorbované dávky ve vodě
jsou:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
a) Ionizační dozimetrie</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
b) Chemická dozimetrie</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka4" value="0" onClick="odpoved(4,this.value)">
c) Kalorimetrie</label>
<br>
<label id="dobre4">
<input type="radio" name="otazka4" value="1" onClick="odpoved(4,this.value)">
d) Kalorimetrie, Chemická dozimetrie, Ionizační dozimetrie
</label>
<br>
</p>
<label id="o5"><strong>5.<font> </font>Frickeho dozimetrem je založen
na:</strong></label>
<p>
<label id="dobre5">
<input type="radio" name="otazka5" value="1" onClick="odpoved(5,this.value)">
a) Využívá oxidace dvojmocného železa na trojmocné </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
b) Využívá oxidace dvojmocného zinku na trojmocný</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
c) Využívá oxidace dvojmocného chromu na trojmocný</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka5" value="0" onClick="odpoved(5,this.value)">
d) Využívá oxidace dvojmocné mědi na trojmocnou</label>
<br>
</p>
<label id="o6"><strong>6.<font> </font>PSDLs se soustředily na: </strong></label>
```

```
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
a) provádění kalibrace ionizační komory pro absorbovanou dávku ve vosku od svazku záření
alfa</label>
<br>
<label id="dobre6">
<input type="radio" name="otazka6" value="1" onClick="odpoved(6,this.value)">
b) provádění kalibrace ionizační komory pro absorbovanou dávku ve vodě od svazku záření
gama</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
c) nesoustředily se na nic</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka6" value="0" onClick="odpoved(6,this.value)">
d) soustředily se pouze na záření alfa</label>
<br>
</p>
<label id="o7"><strong>7.<font> </font>Cylindrická ionizační komora může být použita pro
kalibraci:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
a) tepelného záření</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
b) světelného záření </label>
<br>
<label id="dobre7">
<input type="radio" name="otazka7" value="1" onClick="odpoved(7,this.value)">
c) svazků záření gama </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka7" value="0" onClick="odpoved(7,this.value)">
d) ultrafialového záření</label>
<br>
</p>
<label id="o8"><strong>8.<font> </font>Fantomy se používají:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
a) jednou ročně</label>
<br>
```

```
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
b) vůbec</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka8" value="0" onClick="odpoved(8,this.value)">
c) prakticky neomezeně</label>
<br>
<label id="dobre8">
<input type="radio" name="otazka8" value="1" onClick="odpoved(8,this.value)">
d) Jako referenční látka pro měření absorbované dávky </label>
<br>
</p>
<label id="o9"><strong>9.<font> </font>Vodotěsný návlek pro komoru je vyroben
z:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
a) kovu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
b) PVC</label>
<br>
<label id="dobre9">
<input type="radio" name="otazka9" value="1" onClick="odpoved(9,this.value)">
c) PMMA (polymethylmethacrylate)</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka9" value="0" onClick="odpoved(9,this.value)">
d) PVA</label>
<br>
</p>
<label id="o10"><strong>10.<font> </font>V komoře může přítomnost dutiny
vyvolat:</strong></label>
<p>
<label id="dobre10">
<input type="radio" name="otazka10" value="1" onClick="odpoved(10,this.value)">
a) dva efekty</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
b) nic</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
```

```
c) jeden efekt</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka10" value="0" onClick="odpoved(10,this.value)">
d) tři efekty</label>
<br>
</p>
<label id="o11"><strong>11.<font> </font>Ionizační komora, která má být kalibrována ve
standardizační laboratoři:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
a) nemusí být testována</label>
<br>
<label id="dobre11" >
<input type="radio" name="otazka11" value="1" onClick="odpoved(11,this.value)">
b) musí být jak před odesláním, tak po navráceni testována na dlouhodobou stabilitu
</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
c) musí být před odesláním testována na dlouhodobou stabilitu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka11" value="0" onClick="odpoved(11,this.value)">
d) po navráceni testována na dlouhodobou stabilitu</label>
<br>
</p>
<label id="o12"><strong>12.<font> </font> Kalibrační faktor ionizační komory platí
pouze:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
a) neplatí vůbec</label>
<br>
<label id="dobre12">
<input type="radio" name="otazka12" value="1" onClick="odpoved(12,this.value)">
b) za referenčních podmínek, za jakých byla provedena kalibrace</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
c) platí stále</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka12" value="0" onClick="odpoved(12,this.value)">
d) za stejných podmínek</label>
```

```
<br>
</p>
<label id="o13"><strong>13.<font> </font>Držitel povolení je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
a) povinen nakládat se zdroji IZ</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
b) člověk likvidující zdroje IZ</label>
<br>
<label id="dobre13">
<input type="radio" name="otazka13" value="1" onClick="odpoved(13,this.value)">
c) subjekt, který může nakládat se zdroji ionizujícího záření na základě povolení
SÚJB</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka13" value="0" onClick="odpoved(13,this.value)">
d) nikdo</label>
<br>
</p>
<label id="o14"><strong>14.<font> </font>Návrh je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
a) soubor procesů </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
b) soubor předpisů </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka14" value="0" onClick="odpoved(14,this.value)">
c) soubor znaků </label>
<br>
<label id="dobre14">
<input type="radio" name="otazka14" value="1" onClick="odpoved(14,this.value)">
d) soubor procesů, které přeměňují požadavky na specifikované znaky </label>
<br>
</p>
<label id="o15"><strong>15.<font> </font>Položka důležitá z hlediska RO
je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre15">
<input type="radio" name="otazka15" value="1" onClick="odpoved(15,this.value)">
```

```
a) to co může ovlivnit radiační ochranu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
b) to co nemůže ovlivnit radiační ochranu </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
c) nic</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka15" value="0" onClick="odpoved(15,this.value)">
d) to co může ovlivnit bezpečnost práce  </label>
<br>
</p>
<label id="o16"><strong>16.<font> </font>Postup je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
a) závazný ukazatel</label>
<br>
<label id="dobre16">
<input type="radio" name="otazka16" value="1" onClick="odpoved(16,this.value)">
b) dokumentovaný způsob provádění činnosti </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
c) text odkazů na stránce</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka16" value="0" onClick="odpoved(16,this.value)">
d) způsob provádění činnosti </label>
<br>
</p>
<label id="o17"><strong>17.<font> </font>Preventivní opatření je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
a) nežádoucí situace </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
b) opatření podniknuté s cílem neodstranit příčiny možné neshody nebo jiné nežádoucí
situace </label>
<br>
<label id="dobre17">
```

```
<input type="radio" name="otazka17" value="1" onClick="odpoved(17,this.value)">
c) opatření podniknuté s cílem odstranit příčiny možné neshody nebo jiné nežádoucí situace </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka17" value="0" onClick="odpoved(17,this.value)">
d) předpracovní schůzka</label>
<br>
</p>
<label id="o18"><strong>18.<font> </font>Proces je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
a) Provozní předpis</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
b) soubor opatření</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka18" value="0" onClick="odpoved(18,this.value)">
c) soubor vzájemně propojených činností, které přeměňují výstupy na vstupy</label>
<br>
<label id="dobre18">
<input type="radio" name="otazka18" value="1" onClick="odpoved(18,this.value)">
d) soubor vzájemně propojených činností, které přeměňují vstupy na výstupy </label>
<br>
</p>
<label id="o19"><strong>19.<font> </font>Shoda je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
a) když se dva lidi dohodnou</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
b) nesplnění specifikovaných požadavků </label>
<br>
<label id="dobre19">
<input type="radio" name="otazka19" value="1" onClick="odpoved(19,this.value)">
c) splnění specifikovaných požadavků </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka19" value="0" onClick="odpoved(19,this.value)">
d) splnění nespecifikovaných požadavků </label>
<br>
```

```
</p>
<label id="o20"><strong>20.<font> </font>Systém jakosti je:</strong></label>
<p>
<label id="dobre20">
<input type="radio" name="otazka20" value="1" onClick="odpoved(20,this.value)">
a) organizační struktura, postupy, procesy a zdroje potřebné k zabezpečování požadavků
na jakost</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
b) organizační struktura</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
c) procesy a zdroje </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka20" value="0" onClick="odpoved(20,this.value)">
d) postupy</label>
<br>
</p>
<label id="o21"><strong>21.<font> </font>Výrobek je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
a) hmotný výsledek činností nebo procesů </label>
<br>
<label id="dobre21" >
<input type="radio" name="otazka21" value="1" onClick="odpoved(21,this.value)">
b) hmotný, nebo nehmotný výsledek činností nebo procesů </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
c) nehmotný výsledek činností nebo procesů </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka21" value="0" onClick="odpoved(21,this.value)">
d) hmotný proces  </label>
<br>
</p>
<label id="o22"><strong>22.<font> </font>Zabezpečování jakosti je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
a) soubor povolení</label>
<br>
```

```
<label id="dobre22">
<input type="radio" name="otazka22" value="1" onClick="odpoved(22,this.value)">
b) všechny plánované a systematické činnosti realizované a případně prokazované v rámci systému jakosti</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
c) všechny plánované a systematické činnosti </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka22" value="0" onClick="odpoved(22,this.value)">
d) soubor zákazů</label>
<br>
</p>
<label id="o23"><strong>23.<font> </font>Zkouška dlouhodobé stability se provádí:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
a) jednou za pět let</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
b) dle vlastního uvážení</label>
<br>
<label id="dobre23">
<input type="radio" name="otazka23" value="1" onClick="odpoved(23,this.value)">
c)  při každém důvodném podezření na špatnou funkci zařízení</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka23" value="0" onClick="odpoved(23,this.value)">
d) neprovádí se vůbec</label>
<br>
</p>
<label id="o24"><strong>24.<font> </font>Zkouška provozní stálosti zahrnuje:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
a) nezahrnuje nic</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
b) pro nás ztrátu času</label>
<br>
<label>
```

```
<input type="radio" name="otazka24" value="0" onClick="odpoved(24,this.value)">
c) pro jednotlivé zdroje ověřování platnosti kalibrace</label>
<br>
<label id="dobre24">
<input type="radio" name="otazka24" value="1" onClick="odpoved(24,this.value)">
d) pro jednotlivé zdroje ionizujícího záření ověřování charakteristických provozních
vlastností </label>
<br>
</p>
<label id="o25"><strong>25.<font> </font>Principy systému jakosti :</strong></label>
<p>
<label id="dobre25">
<input type="radio" name="otazka25" value="1" onClick="odpoved(25,this.value)">
a) definují odpovědnosti a pravomoci osob</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
b) jsou akorát na obtíž</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
c) nic zásadního neřeší</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka25" value="0" onClick="odpoved(25,this.value)">
d) nemusí se dodržovat</label>
<br>
</p>
<label id="o26"><strong>26.<font> </font>Zabezpečování jakosti nespočívá ve
sledování:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
a) zdrojů ionizujícího záření</label>
<br>
<label id="dobre26">
<input type="radio" name="otazka26" value="1" onClick="odpoved(26,this.value)">
b) docházky pacientů</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
c) osobních ochranných pomůcek</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka26" value="0" onClick="odpoved(26,this.value)">
```

```
d) dalších ochranných zařízení, jejichž konstrukce může ovlivnit radiační
ochranu</label>
<br>
</p>
<label id="o27"><strong>27.<font> </font>Jedním z důležitých dokumentů v systému
je:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
a) píchačka</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
b) jakost</label>
<br>
<label id="dobre27">
<input type="radio" name="otazka27" value="1" onClick="odpoved(27,this.value)">
c) program zabezpečování jakosti </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka27" value="0" onClick="odpoved(27,this.value)">
d) povolení</label>
<br>
</p>
<label id="o28"><strong>28.<font> </font>Radiofarmaka se dělí na:</strong></label>
<p>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
a) 1 třídu</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
b) 2 třídy</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka28" value="0" onClick="odpoved(28,this.value)">
c) 3 třídy</label>
<br>
<label id="dobre28">
<input type="radio" name="otazka28" value="1" onClick="odpoved(28,this.value)">
d) 4 třídy</label>
<br>
</p>
<label id="o29"><strong>29.<font> </font>Při kontrole kvality radiofarmak se
nezabýváme:</strong></label>
<p>
```

```
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
a) sterilitou produktu
        </label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
b) toxicitou produktu</label>
<br>
<label id="dobre29">
<input type="radio" name="otazka29" value="1" onClick="odpoved(29,this.value)">
c) množstvím</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka29" value="0" onClick="odpoved(29,this.value)">
d) sterilitou produktu</label>
<br>
</p>
<label          id="o30"><strong>30.<font>          </font>Struktura          dokumentace
obsahuje:</strong></label>
<p>
<label id="dobre30">
<input type="radio" name="otazka30" value="1" onClick="odpoved(30,this.value)">
a) 3 stupně</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
b) 2 stupně</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
c) 4 stupně</label>
<br>
<label>
<input type="radio" name="otazka30" value="0" onClick="odpoved(30,this.value)">
d) 5 stupňů</label>
<br>
</p><br>
<center>
<input name="hodnoceni" type="button" value="Hodnocení" onClick="ukaz_hodnoceni();">
<input type="reset" value="Vynulovat">
</center>

</form>

<script language="JavaScript" type="text/JavaScript">
```

```
<!--
// 0-20 body
var vysledek1 = "Klinická dozimetrie ti cosi říká, ale žádná sláva to není. Na zkoušku
raději nechoď!";
//21-25 bodů
var vysledek2 = "Klinická dozimetrie už ti docela dost říká, ale ještě jsou tam drobné
mezery. Na zkoušku už můžeš jít, ale na jedničku to pravděpodobně nebude!";
//26 - 30 bodů
var vysledek3 = "V tomto těžkém testu jde o vynikající výsledek! Na zkoušku se můžete v
pohodě přihlásit.";

var odpovedi = new Array(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0);

function vychozi() {
for ( var i = 0; i < document.forms[0].elements.length; i++ ) {
document.forms[0].elements[i].checked = false;
}
}

function odpoved(otazka,bodovani) {
odpovedi[otazka-1] = bodovani;
}

function ukaz_hodnoceni() {
var pocet_bodu = 0;
for(var i=0; i<30; i++){
pocet_bodu = pocet_bodu + parseInt(odpovedi[i]);
if (odpovedi[i] == 0) {
document.getElementById('o' + (i+1)).style.color = 'red';
}
else {
document.getElementById('o' + (i+1)).style.color = 'black';
}
document.getElementById('dobre' + (i+1)).style.color = 'green';
document.getElementById('dobre' + (i+1)).style.fontWeight = 'bolder';
}
var hlaska = "Váš bodový zisk v tomto testu je "+pocet_bodu+" z 30.\n";
if (pocet_bodu <30){
hlaska = hlaska + "Chybné odpovědi jsou označeny červeně.\n\n";
}
if (pocet_bodu <= 20){
alert(hlaska+vysledek1);
}
else if (pocet_bodu >= 25){
alert(hlaska+vysledek3);
}
```

```
else {
alert(hlaska+vysledek2);
}
}
//-->
</script>

        <center><b>&copy; Štěpán Leština 2007</b></center>
</div></div>
<br>


</body>
</html>
```