

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

**Nezávislé monitorování ETE RC SÚJB České Budějovice,  
návrh nezávislého monitorování ETE při MÚ RC SÚJB  
České Budějovice**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Karel Zeman

Vedoucí práce: Mgr. Marek Kurfířt

V Českých Budějovicích 25.5.2010

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci na téma „Nezávislé monitorování ETE RC SÚJB České Budějovice, návrh nezávislého monitorování ETE za MÚ RC SÚJB České Budějovice“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů a literatury, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své magisterské práce fakultou, 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 dne 25.5.2010      Bc. Karel Zeman .....

## **ABSTRACT**

**Work title: Independent monitoring of ETE by SONS RC Ceske Budejovice; a proposal of independent monitoring of ETE at municipal authority by regional center of SONS Ceske Budejovice**

The State Office for Nuclear Safety (SONS) and the National Radiation Protection Institute (NRPI) are involved in independent monitoring of surrounding areas of nuclear power plants (NPPs), in accordance with the Czech legislative requirements (Decree No. 319/2002 Coll. on radiation monitoring network (RMS), as amended by Decree No. 27/2006 Coll.). The monitoring includes surveillance of environmental samples, in which radionuclides can be detected in case of emergency event, i.e. radioactivity release from the NPP. Another part of the monitoring is measurement of photon dose equivalent, continuously in the air (early detection network - SVZ) or using thermoluminescent dosimeters (TLD) placed in SONS monitoring points in the NPP vicinity.

Environmental sampling and evaluation of photon dose equivalent in the air is carried out in regular intervals. The  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{131}\text{I}$  activity is measured by gamaspectrometry method used with Gamat evaluation program, according to SONS internal procedure (VDMI). Tritium activity in surface water is measured by liquid scintillation spectrometer Beta TriCarb made by Canberra Packard Company, according to methodology CSN ISO 9698 (757635). Evaluation of dose equivalent rate is carried out continuously by LB 6360 proportional probe and LB 6500-3 Geiger-Muller tube located in RC Building in Ceske Budejovice. TLD evaluation is carried out by NRPI laboratory in Prague and the results are sent to SONS RC Ceske Budejovice.

Goal of this work is to provide a set of results of the independent monitoring in surrounding areas of Temelin NPP (ETE) carried out between 1999 and 2009, by determination of volume, mass or surface activity of environmental samples ( $^{137}\text{Cs}$  and

$^{131}\text{I}$ ) and spot samples of water ( $^3\text{H}$ ) taken from SONS monitoring points near ETE . The set of such results should provide a baseline reference values for normal (pre-accident) situations. Additionally, based on the long term of the ETE surrounding surveillance, it can be shown that the ETE operation represents no threat to the health of the critical population group, and that the radiation situation in the ETE surrounding is stable. It can be also shown that the ETE operator meets requirements and conditions of authorized limits for discharging radionuclides into the environment. Procedures and method of independent environmental monitoring in the ETE surrounding during emergency events can be proposed on the basis of many years of experience with proven methodologies, experience with sampling locations, staffing and organization of measurement.

### **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Mgr. Marku Kurfiřtovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Také bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě při studiu podporovala a tolerovala můj nedostatek času. Dále bych chtěl poděkovat spolupracovníkům z RC SÚJB České Budějovice za poskytnutí dat a fotodokumentace.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 SOUČASNÝ STAV DANÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>3</b>
1.1 VÝKLAD POJMŮ.....	4
1.2 RADIONUKLIDY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ.....	10
1.2.1 Tritium.....	11
1.2.2 Cesium.....	14
1.2.3 Jód.....	15
1.3 ZPŮSOB UVÁDĚNÍ RADIONUKLIDŮ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (ŽP).....	16
1.4 LEGISLATIVNÍ PODMÍNKY UVÁDĚNÍ RADIONUKLIDŮ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (ŽP).....	18
1.4.1 Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě kapalných výpustí.....	19
1.4.2 Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě plyných výpustí.....	21
<b>2 CÍL PRÁCE A PŘEDPOKLÁDANÉ HYPOTÉZY</b> .....	<b>23</b>
2.1 CÍL PRÁCE .....	23
2.2 HYPOTÉZA .....	23
<b>3 POPIS METODIKY</b> .....	<b>24</b>
3.1 ODBĚRY VZORKŮ .....	24
3.1.1 Odběr vzorků pro stanovení tritia .....	24
3.1.2 Odběr a příprava vzorků pro stanovení cesia 137 .....	25
3.1.3 Odběr vzorků pro stanovení plyných forem jódu 131 .....	28
3.2 METODIKA MĚŘENÍ VZORKŮ .....	28
3.2.1 Měření tritia .....	28
3.2.2 Měření cesia a jódu v aerosolech a plynech.....	31
3.2.3 Měření cesia a jódu v pevných (kapalných) složkách ŽP .....	34
3.2.4 Měření cesia ve spadech.....	35
3.2.5 Měření fotonového dávkového ekvivalentu (FDE) .....	36
<b>4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>40</b>
4.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ SÚJB .....	40
4.1.1 MĚŘENÍ TRITIA V BODOVÝCH VZORCÍCH ŘEKY VLTAVY .....	40
4.1.2 MĚŘENÍ <sup>137</sup> Cs V AEROSOLECH.....	56
4.1.3 MĚŘENÍ Cs V PEVNÝCH (KAPALNÝCH) VZORCÍCH ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ .....	57
4.1.4 Měření jódu na sorbetu .....	65
4.1.5. Měření fotonového dávkového ekvivalentu .....	66
4.2 NÁVRH NEZÁVISLÉHO MONITOROVÁNÍ PŘI MŮ .....	79
4.2.1 Organizace monitorování .....	79
4.2.2 Fáze monitorování při MŮ.....	80
4.2.3 Kontinuální měření PFDE a předávání dat při MŮ.....	81
4.2.4 Sousednost odběru vzorků.....	81
4.2.6 Personální dispozice laboratoře SÚJB RC Č. Budějovice .....	83
4.2.7 Monitorování ve druhé fázi MŮ .....	85
<b>5. DISKUSE</b> .....	<b>86</b>
5.1 MĚŘENÍ TRITIA .....	86
5.2 MĚŘENÍ CESIA .....	94
5.3 MĚŘENÍ JÓDU .....	95
5.4 MĚŘENÍ PŘÍKONU FOTONOVÉHO DÁVKOVÉHO EKVIVALENTU .....	95
5.5 MONITOROVÁNÍ ZA MŮ .....	96
<b>6 ZÁVĚR</b> .....	<b>99</b>

<b>7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>100</b>
<b>8 KLÍČOVÁ SLOVA.....</b>	<b>105</b>
<b>9 SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>106</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>109</b>

## 1 SOUČASNÝ STAV DANÉ PROBLEMATIKY

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) se podílejí na nezávislém monitorování okolí jaderných elektráren (JE) v souladu s požadavky legislativy ČR (vyhláška č. 319/2002 Sb. o radiační monitorovací síti RMS, ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb.). Součástí monitorování je sledování vzorků životního prostředí, ve kterých mohou být detekovány radionuklidy v případě mimořádné události, tj. radioaktivní únik z JE. Dále měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu a to kontinuálně v ovzduší (sít' včasného zjištění – SVZ) nebo pomocí termoluminiscenčních dozimetrů (TLD) umístěných na monitorovacích bodech SÚJB v okolí JE.

Jako jedno z prvních způsobů monitorování pevných složek životního prostředí bylo v r. 1999 zahájeno měření spadů. Od r. 2000 následovalo měření vzorků zeleniny, ovoce, lesních plodů, lesních hub, brambor, obilí, krmiva a ve IV. čtvrtletí r. 2000 bylo započato s měřením mléka. Monitorování vzorků brambor bylo ukončeno v r. 2003 z důvodu zrušení zemědělského družstva Temelín se sídlem ve Všemyslicích. Jiný producent uvádějící brambory na trh v okolí Temelína neexistuje. Monitorování zeleniny bylo prováděno pouze dva roky pro obdržení referenčních úrovní. Další odběry by představovaly komplikace s drobnými dodavateli. Vzhledem k tomu, že neexistuje velký producent, není zelenina v okolí Temelína ani dodávána na trh.

Odběry složek životního prostředí a vyhodnocování fotonového dávkového ekvivalentu v ovzduší je prováděno v pravidelných intervalech. K měření aktivity  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{131}\text{I}$  je podle interních metodik SÚJB (VDMI) používána gamaspektrometrie s vyhodnocovacím programem Gamat. K měření aktivity tritia v povrchových vodách je používán podle metodiky ČSN ISO 9698 (757635) kapalinový scintilační spektrometr beta TriCarb od firmy CANBERRA PACKARD. V laboratoři RC České Budějovice se provádí odběr bodových vzorků vody z řeky Vltavy, zpracování a měření tritia v těchto vzorcích provádí SÚJB RC Brno. Vyhodnocování příkonu fotonového dávkového ekvivalentu kontinuálně je prováděno proporcionální sondou LB 6360 a Geiger-Müllerovou trubicí LB 6500-3 umístěnou vedle budovy RC České Budějovice.



Vyhodnocování TLD je prováděno laboratoří SÚRO Praha, která výsledky zasílá SÚJB RC České Budějovice.

V současné době není provedena systematizace a souhrnný přehled výsledků monitorování okolí ETE, který by umožnil posouzení výsledků v čase a to od r. 1999, kdy bylo monitorování započato. K dispozici jsou roční zprávy o státním dozoru nad radiační ochranou v JE Temelín, prováděném RC České Budějovice, nikoliv však zhodnocení vývoje a přehled o dlouhodobém vlivu provozu ETE na životní prostředí sledovaném od počátku zahájení nezávislého monitorování.

### ***1.1 Výklad pojmů***

#### **Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB)**

Ústřední orgán státní správy ve smyslu zákona č. 2/1969 Sb. (§2, úplné znění zákona č. 122/1997 Sb.). V jeho čele stojí předseda, který je jmenován vládou ČR. Mimo správní činnosti vykonává tento úřad kontrolní činnost nad dodržováním podmínek stanovených Atomovým zákonem při vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie a činností vedoucích k ozáření. Právní normou pro tuto činnost je zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie (Atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů ve znění pozdějších předpisů [50].

#### **Státní ústav radiační ochrany (SÚRO)**

Hlavním předmětem činnosti ústavu je [53]:

- příprava a zpracování odborných podkladů pro výkon státní správy v ochraně před ionizujícím zářením, včetně měření, odběru vzorků, šetření na místě, laboratorních analýz a expertních posudků
- příprava odborných podkladů pro legislativní dokumenty a předpisy v souladu s mezinárodními doporučeními včetně norem Evropských společenství

- zjišťování, sledování a vyhodnocování stavu ozáření pracovníků a obyvatel s cílem identifikovat situace vyžadující usměrnění a podávat nadřízenému orgánu návrhy na potřebná opatření
- zajištění výkonu referenční činnosti v radiační ochraně
- spoluúčast v akreditační a auditorské činnosti v radiační ochraně
- spolupráce s příslušnými orgány při metrologickém zabezpečení radiační ochrany
- zabezpečování určených funkcí v radiační monitorovací síti ČR: metodického řízení, sběru dat a přípravy jejich hodnocení, zpracování podkladů pro zprávy o radiační situaci, spolupráce s obdobnými sítěmi v zahraničí, zajištění činnosti sítě na regionální i centrální úrovni jak průběžně, tak i v případě mimořádných situací
- vývoj a ověřování nových metod měření a hodnocení důležitých pro ochranu před zářením
- organizace porovnávacích měření a zajišťování specializovaných jinde nedostupných měření a analýz
- vypracování metodických podkladů pro metodické řízení a zavádění programů zabezpečování jakosti v radiační ochraně
- spolupráce se zdravotnickými pracovišti při hodnocení možných zdravotních důsledků ozáření a posuzování podkladů pro posouzení nemocí z povolání uváděných do vztahu s ozářením, při stanovení kritérií zdravotní způsobilosti pro práci se zdroji záření a při provádění potřebných šetření zdravotního stavu ve skupinách exponovaných osob,
- účast na organizaci poskytování speciální lékařské pomoci při radiačních nehodách spojených s bezprostředním ohrožením zdraví, zabezpečování biologické dozimetrie pro tento účel
- odborné zabezpečování specializovaného výcviku a výuky pracovníků oboru radiační ochrany a uživatelů zdrojů záření ve spolupráci s vysokými školami a pedagogickými institucemi, podíl na tvorbě kvalifikačních kritérií pro tyto skupiny osob

- účast na programech a projektech mezinárodních organizací (MAAE, SZO aj.), domácích grantových agentur a zajišťování institucionálního výzkumu v oboru ochrany před zářením [51, 53].

### Výpusť

Kapalné nebo plynné látky vypouštěné do životního prostředí, které obsahují radionuklidy v množství nepřevyšujícím uvolňovací úroveň nebo vypouštěné do životního prostředí za podmínek uvedených v povolení k uvádění radionuklidů do životního prostředí [47].

### Monitorování výpustí (§ 78, vyhláška o radiační ochraně) [47].

Monitorování výpustí se uskutečňuje sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících výpusť radionuklidů do okolí pracoviště, zejména celkových aktivit a objemových aktivit výpustí. Zavádí se na všech pracovištích, kde dochází ke zneškodňování látek znečištěných radionuklidy jejich řízeným vypouštěním nebo kde existuje možnost úniku závažného množství radionuklidů do okolí. Slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí a k včasnému zjištění a zhodnocení případných úniků a jejich důsledků na obyvatelstvo v okolí pracoviště a na životní prostředí.

Monitorování výpustí do ovzduší a vodotečí z pracovišť IV. kategorie a z těch pracovišť III. kategorie, u nichž je to vyžadováno Úřadem v podmínkách povolení, zahrnuje jak soustavné bilanční měření všech radionuklidů, které se nezanedbatelně podílejí na ozáření obyvatelstva, tak i nepřetržité měření reprezentativních radionuklidů, které je schopné rychle signalizovat odchylky od běžného provozu. Existuje-li možnost nepřijatelných úniků radionuklidů do ovzduší, zajišťuje se také soustavné monitorování všech potenciálních cest těchto úniků.

### Monitorování okolí pracoviště (§ 79, vyhláška o radiační ochraně) [47].

Monitorování okolí pracoviště se uskutečňuje sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů v okolí pracoviště, zejména dávkových příkonů, aktivit,

objemových aktivit a hmotnostních aktivit. Zavádí se na všech pracovištích IV. kategorie a na těch pracovištích III. kategorie, u nichž je to vyžadováno Úřadem v podmínkách povolení, kde existuje možnost úniku závažného množství radionuklidů do okolí. Slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí a k včasnému zjištění a zhodnocení případných úniků a jejich důsledků na obyvatelstvo v okolí pracoviště a na životní prostředí a za běžného provozu slouží pro potvrzování bezpečnosti provozu ve vztahu k okolí.

Monitorování okolí se zabezpečuje sítí předem vybraných pozorovacích bodů a tras, v nichž se na základě měření dávkových ekvivalentů od zevního ozáření a na základě odběrů vzorků a stanovení obsahu radionuklidů v ovzduší, vodotečích a ve vybraných složkách životního prostředí a v potravinách vypočítává velikost a rozložení efektivních dávek a jejich úvazků.

Monitorování okolí pracoviště se zahajuje 1 až 2 roky před jejich uvedením do provozu. Cílem tohoto předprovozního monitorování je jak získání podkladů o původním stavu okolí budoucího zdroje, tak předprovozní ověření programu monitorování. Rozsah a obsah předprovozního monitorování je součástí předprovozní bezpečnostní zprávy [1]. Monitorování uskutečňované v rámci celostátní radiační monitorovací sítě upravuje vyhláška č. 319/2002 Sb., o radiační monitorovací síti, ve znění vyhl. č. 27/2006 Sb.

### Radiační ochrana

Oblast, která se zabývá kontrolou ozáření, snížením či zamezením následků ozáření pro zaměstnance, držitele povolení, obyvatelstvo a životní prostředí. Je to systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření osob a životního prostředí. Zahrnuje veškerá opatření organizačního, technického a edukativního charakteru, která omezují rizika vyplývající z expozic. Způsob zajištění radiační ochrany je určován základními principy, které vycházejí z předpisu Evropské unie pro radiační ochranu „Directive No. 96/29/EURATOM“, jež jsou postupně přijímány jednotlivými zeměmi EU. Předně jde o právní deklaraci čtyř základních principů: [47]

- Zdůvodnění dané aplikace zdrojů ionizujícího záření (ZIZ)

- Systém omezování (limitování) ozáření
- Optimalizace radiační ochrany
- Zajištění a zabezpečení ZIZ

#### Optimalizace radiační ochrany

Systém, který stanovuje podmínky práce v prostředí se zdroji ionizujícího záření, přičemž musí platit:

1. Veškerá rizika ozáření osob v souvislosti s činnostmi prováděnými se zdroji ionizujícího záření musí být opodstatněná přínosem pro společnost
2. Ozáření všech osob musí být tak nízké, jak je rozumně možné při uvážení hospodářských a společenských hledisek
3. Osobní dávky (individuální i kolektivní) musí být nižší, než jsou stanovené limity

Takto formulovaný přístup je někdy označován jako princip ALARA (z angličtiny: **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable), tj. tak nízko, jak je rozumně dosažitelné. Požadavek optimalizace radiační ochrany byl po svých vývojových úpravách stanoven v doporučení Mezinárodní komise pro radiační ochranu ICRP č. 26, kde je již uváděna základní matematická definice v podobě diferenciální analýzy nákladů a přínosu se zaměřením na radiační ochranu. Pro kritiku obtížnosti tohoto kvantitativního vyjádření připravila ICRP v r. 1988 publikaci č. 55 poskytující různé existující metody ekonomického rozhodování, vedoucí však ke stejným závěrům ve výběru alternativ, jako původní diferenciální analýza. Tato doporučení postupně přešla do národní legislativy řady států včetně České republiky [8, 47, 50, 51].

#### Kritická skupina obyvatel

Modelová skupina fyzických osob, která představuje ty jednotlivce z obyvatelstva, kteří jsou z daného zdroje a danou cestou ozáření nejvíce ozařováni.

Radiační nehoda (RN) (§2 *Atomového zákona*) [50].

Událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek (RL) nebo ionizujícího záření (IZ) nebo nepřipustné ozáření fyzických osob.

Radiační havárie (RH) (§2 Atomového zákona) [50].

Radiační nehoda, jejíž následky vyžadují naléhavá opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí.

Mimořádná událost (MU): (§2 vyhl. 318/02 ve znění 2/04) [48].

Událost důležitá z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, která vede nebo může vést k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do ŽP, případně ke vzniku radiační nehody (RN) nebo radiační havárie (RH) a tím i ke vzniku radiační mimořádné situace.

Radiační mimořádná situace: (§2 Atomového zákona) [50].

Následuje po RH nebo po takové RN, nebo po zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob.

#### *MU 1. stupně*

Vede nebo může vést k nepřipustnému uvolnění RL do prostor zařízení nebo pracovišť. Může být radiační nehodou, má omezený lokální charakter. K řešení jsou dostačující síly a prostředky obsluhy nebo pracovní směny. Při přepravě nedojde k úniku RL do životního prostředí (ŽP).

#### *MU 2. stupně*

Vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému ozáření zaměstnanců nebo uvolnění RL do ŽP. Nevyžaduje zavádění opatření k ochraně obyvatelstva a ŽP. Je to RN, řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení. Ke zvládnutí jsou postačující síly a prostředky držitele povolení (event. smluvně zajištěné).

#### *MU 3. stupně*

Vede nebo může vést k nepřipustnému závažnému uvolnění RL do ŽP. Vyžaduje zavedení neodkladných opatření k ochraně obyvatelstva a ŽP, stanovená ve vnějším havarijním plánu (HP) a havarijním plánu kraje. Je to RH, řešení vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení a dotčených orgánů dle vnějšího HP a HP kraje.

Radionuklid (vyhláška č. 307/2002 Sb., ve znění č. 499/2005 Sb.) [47].

Druh atomů, které mají stejný počet protonů, stejný počet neutronů, stejný energetický stav a které podléhají samovolné změně ve složení nebo stavu atomových jader.

Štěpné produkty [8].

Radionuklidy, které vznikají štěpením jaderného paliva v jaderném reaktoru

Aktivační produkty [8].

Radionuklidy, které vznikají neutronovou aktivací v jaderném palivu, v pokrytí paliva, v konstrukčním materiálu i v chladiivu primárního okruhu.

Aktivita [10].

Podíl středního počtu radioaktivních přeměn v určitém množství radionuklidu za časový interval a tohoto intervalu. Měrné aktivity: hmotnostní (Bq/kg), objemová (Bq/m<sup>3</sup>), plošná (Bq/m<sup>2</sup>).

Fotonový dávkový ekvivalent [10].

Veličina radiační ochrany, která zjednodušujícím způsobem vyjadřuje riziko ozáření fotony, gama nebo X. Fotonový dávkový ekvivalent se vždy vztahuje ke vzduchu a vyjadřuje se v jednotkách Sv. Přírůstek veličiny za jednotku času nazýváme příkonem takové veličiny.

## ***1.2 Radionuklidy v životním prostředí***

Přírodní radionuklidy se v našem životním prostředí vyskytují nezávisle na člověku a podle původu je lze rozdělit do tří skupin:

1. Kosmogenní radionuklidy, které vznikají průběžně jadernými reakcemi při interakci kosmického záření se stabilními prvky zejména ve vnějším obalu Země (např. <sup>14</sup>C, <sup>3</sup>H, <sup>7</sup>Be, <sup>22</sup>Na aj.).

2. Primordiální radionuklidy, které vznikly v raných stádiích vesmíru a mají dlouhý poločas rozpadu, více než  $10^8$  roků (např.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  aj.).
3. Sekundární radionuklidy, které vznikají z původních radionuklidů tvořících přeměnové řady.

Druhá a třetí skupina pochází přímo z naší planety, proto se označují jako radionuklidy terestrální [3, 8].

Umělé radionuklidy se do životního prostředí dostaly jednak z pokusných jaderných výbuchů, z havárií jaderných zařízení a z taveb železného šrotu obsahujícího radioaktivní zářiče. Největší novodobé zamoření ČR (nejenom) radionuklidy bylo způsobeno Černobylskou havárií v roce 1986.

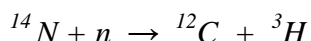
Do ovzduší jsou vypouštěny štěpné produkty jaderného paliva ve formě vzácných plynů (izotopy kryptonu a xenonu). Dále aktivační produkty ve formě plynů  $^{14}\text{C}$ ,  $^{16}\text{N}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{76}\text{As}$ . Tritium a radioizotopy jódu se uvolňují v plynných formách a ve formě aerosolů. V aerosolových formách se uvolňují štěpné a aktivační produkty a ve velmi malých aktivitách (relativně k ostatním aerosolovým výpustem i transurany. Při běžném dělení vypouštěných radionuklidů na aktivační a štěpné je třeba brát v úvahu i takové radionuklidy, které jsou produktem obou procesů jako např.  $^{134}\text{Cs}$ , které vzniká aktivací  $^{137}\text{Cs}$ , jež je konečným produktem řady  $^{133}\text{In}$  vzniklého štěpením (v této řadě se také  $^{133}\text{I}$  a  $^{133}\text{Xe}$ ). Rovněž vznik transuranů je poněkud složitější, obvykle jde o záchyt neutronu (i vícenásobný) a následnou radioaktivní přeměnu. Do hydrosféry je vypouštěno zejména tritium, dále pak zmíněné aktivační a štěpné produkty. [8]

### **1.2.1 Tritium**

Tritium se v životním prostředí vyskytuje jako přirozený radionuklid, a rovněž jako umělý radionuklid vzniklý v důsledku využívání jaderného paliva v reaktorech, přepracováním vyhořelého jaderného paliva a z jaderných pokusů prováděných volně v životním prostředí.



Přirozený výskyt tritia: v přírodě jako kosmogenní prvek vzniká v horních vrstvách atmosféry působením kosmického záření a to reakcí neutronů kosmického záření s jádrem dusíku:



Po svém vzniku je tritium zachytáváno atmosférickými aerosoly a zúčastňuje se pohybu vzdušných mas do té doby, než se dostane do nižších vrstev atmosféry. Poté je zachycováno kapkami kondenzovaných par a při srážkové činnosti dochází k jeho vymývání a transportu na zemský povrch do povrchových a podzemních vod.

Civilizační výskyt tritia: je důsledkem zkoušek jaderných a termojaderných zbraní v atmosféře a provozu jaderných elektráren.

V jaderném reaktoru vzniká tritium při zachytu neutronů na lehkých prvcích obsažených v jaderném palivu nebo chladivu. V chladivu vzniká přímo zachytem na deuteriu, tento příspěvek je však u současných lehkovodních reaktorů zanedbatelný. Zásadní je příspěvek od reakce (n,  $\alpha$ ) na atomech bóru, který se používá k regulaci výkonu reaktoru ve formě kyseliny borité. Většina tritia se přeměňuje na tzv. tritiovou vodu a stává se součástí normálního koloběhu vody. Při interakci neutronů s chladivem - příměsími a nečistotami v primárním chladivu vzniká celá řada dalších radioizotopů, z nichž většina nemá zvláštní význam buď pro krátký poločas rozpadu (např. dusík  $^{16}\text{N}$ ) nebo pro nízkou koncentraci v chladivu (aktivované nečistoty) [3, 8].

### **Fyzikální a chemické vlastnosti tritia:**

Tritium ( $^3\text{H}$ ) je nuklid s hmotnostním číslem 3, který emituje záření beta s maximální energií 18 keV a se střední energií emitovaných částic  $\beta$  5,6 keV. Jeho poločas radioaktivní přeměny je  $4,5 \times 10^3$  dnů (12,3 let). Přirozené poměrné zastoupení tritia vůči normálnímu vodíku v ovzduší činí přibližně  $10^{-15}$ , ve vodní páře asi  $8 \times 10^{-17}$  Bq a v povrchových vodách zhruba  $10^{-18}$ . Rychlost přirozené tvorby atomů tritia se odhaduje na  $0,12 - 2,0 \text{ cm}^{-3}\text{s}^{-1}$ . To vede k roční produkci tritia o aktivitě 1,5 až  $3,0 \times 10^{17}$  Bq a rovnovážné přirozené hladině tritiové aktivity 2,59 až  $5,18 \times 10^{18}$  Bq.

Nejčastější chemickou formou, v níž se tritium obecně vyskytuje, je tritiová voda (HTO). Její metabolismus v lidském těle je stejný jako metabolismus obyčejné vody. Následkem toho je tritium, vpravené do organismu např. ingescí, rozšířeno ve všech tělních tekutinách. Totéž platí pochopitelně i o tělech živočichů a o rostlin. Kromě ingesce se dostává do organismu také inhalací, případně i pokožkou.

Obecně lze říci, že tritium patří mezi významné radionuklidy vnitřní kontaminace. Jinými možnými formami výskytu tritia jsou elementární vodík (HT) a organické sloučeniny tritia.

**Tabulka č. 1:** Vybrané vlastností tritia [8, 51]

radionuklid	tritium ( $^3\text{H}$ )
fyzikální poločas rozpadu	12,3 let
emise max.	18 keV
emise $\beta^-$	-
zdroj $\alpha$	kosmické záření, štěpení aktivace
nutriční analog	vodík
hlavní rezervoár v biosféře	hydrosféra (HTO)
hlavní způsob ozáření člověka	ingesce, inhalace, absorpce
stupeň začlenění do potravinového řetězce	vysoký
kritický orgán	celé tělo
stupeň vstřebání do organismu	úplný
stupeň zadržování v organismu	nízký
biologický poločas rozpadu	$10 \pm 4$ dny celotělově
relativní atomová hmotnost	3,016
teplota varu	-248,1 °C
hustota	0,281 g/dm <sup>3</sup> (0 °C)
tvoří asi $10^{-17}$ až $10^{-18}$ % přírodního vodíku	

Tritium je řazeno mezi nejdůležitější nekovy z hlediska radioaktivity v životním prostředí. Globálně je nejrovnoměrněji rozšířeným radionuklidem. Při radioaktivní přeměně vzniká z  $^3\text{He}$ , stabilního nuklidu netečného plynu hélia. Tritium vzniká obvykle v plynné formě, záhy na to oxiduje a tvoří tritiovou vodu (HTO). V této podobě proniká do řek a oceánů a v atmosféře je obvykle přímo ve formě vodní páry. Tritium zachovává metabolismus vody a jeho kritickým orgánem jsou měkké tkáně. K migraci  $^3\text{H}$  dochází v důsledku větru, vypařování, molekulové výměny, gravitačního proudění a srážek, které jsou v troposféře převládajícím mechanismem. Tritium se ze stratosféry dostává do troposféry, kde střední doba jeho života činí asi 50 dnů a odkud se srážkami dostává až do podzemních rezervoárů, případně velkých hloubek oceánů. Přechod tritia z troposféry do rostlin je poměrně komplikovaný. Přibližně platí, že koncentrace tritia ve vegetaci je rovna koncentraci HTO v troposféře. Ve vodním prostředí se tritium nemá tendenci příliš sorbovat na povrchu rostlin nebo na sedimentech. Z toho důvodu je tritiová voda (HTO) výborným radioaktivním indikátorem pro  $\text{H}_2\text{O}$ . Normální koncentrace v životním prostředí je přibližně  $10^{18}$  atomů vodíku  $^1\text{H}$  na několik atomů  $^3\text{H}$ .

Vzhledem k tomu, že tritium je radionuklid vodíku, jsou chemické vlastnosti tritiové vody v podstatě stejné jako u obyčejné vody. Následkem toho je tritium, vpravené do organismu ingescí, rozšířeno v poměrně velké míře ve všech tekutinách těla. Totéž platí pochopitelně i o tělech živočichů a o rostlinách. Kromě ingesce se dostává do organismu také inhalací, případně i pokožkou [6, 8, 51].

### 1.2.2 Cesium

Cesium, chemická značka Cs, je chemický prvek z řady alkalických kovů, vyznačuje se velkou reaktivitou a mimořádně nízkým redox-potenciálem. Je to měkký, kujný, stříbřitě-zlatý kov. Cesium je jedním z těžších alkalických kovů, je také jedním z nejreaktivnějších a reaguje velmi explozivně při styku se studenou vodou. Vyskytuje se v minerálu polucitu. Bohatý zdroj tohoto kovu je lokalizován u Bernicových jezer v Manitobě, obsahuje kolem 13 % oxidu cesného. V přírodě se vyskytuje jako stabilní izotop  $^{133}\text{Cs}$  [8].

### 1.2.2.1 Vznik radioaktivního izotopu Cesia -137

$^{137}\text{Cs}$  je nejdůležitějším radioaktivním izotopem, který má poločas rozpadu 30,07 let. Vzniká jaderným štěpením, vedle radioaktivního izotopu  $^{135}\text{Cs}$ , většinou štěpením  $^{235}\text{U}$  nebo plutonia. Rozkládá se vysláním beta a gama záření na baryum-137m („m“ - metastabilní, přechodný produkt rozpadu), který se postupně rozkládá vyzářením energetického spektra gama záření na neradioaktivní formu barya (přes  $^{137}\text{Ba}$  „m“, který má poločas rozpadu 2,6 minut). Na 100 štěpení uranu vznikne přibližně 7 atomů  $^{135}\text{Cs}$  a 6 atomů  $^{137}\text{Cs}$  [7].

### 1.2.2.2 Cesium-137 v životním prostředí:

Do životního prostředí se dostává z různých zdrojů. Objemová aktivita  $^{137}\text{Cs}$  je především dána přísunem z vyšších vrstev atmosféry a resuspenzí původního spadu z půdního povrchu. Její hodnota se v současné době pohybuje okolo  $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  [7]. Část aktivity  $^{137}\text{Cs}$  pochází z globálního spadu, který je důsledkem dřívějších zkoušek jaderných zbraní v atmosféře v padesátých a šedesátých letech dvacátého století, část pochází z havárie jaderné elektrárny v Černobylu.

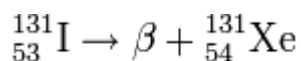
Cesium je homologem draslíku, který je obsažen ve všech živých organismech. Kontaminací složek životního prostředí přispívá v důsledku ke vnitřní i vnější kontaminaci člověka. Jelikož  $^{137}\text{Cs}$  má dlouhý poločas rozpadu (30,07 let) je tento radionuklid velmi důležitý z hlediska ozáření člověka.

## 1.2.3 Jód

Jód, chemická značka I, je prvek za skupiny halogenů, tvoří tmavě fialové destičkovité krystalky. Je to důležitý biogenní prvek, jehož přítomnost v potravě je nezbytná pro správný vývoj organismu. Na Zemi je jód přítomen pouze ve formě sloučenin, většina z nich je rozpuštěna v mořské vodě. Je zde přítomen nejen jako jodid, ale také ve formě jodičnanu. Mineralogicky doprovázejí sloučeniny jódu analogické sloučeniny chlóru a bromu, ovšem pouze ve velmi nízkých koncentracích. Relativní zastoupení jódu v zemské kůře i ve vesmíru je velmi nízké. V zemské kůře je jód

přítomen v koncentraci 0,1 až 0,5 ppm (mg/kg). V mořské vodě, kde se vyskytuje většina jódu přítomného na Zemi, dosahuje jeho koncentrace průměrné hodnoty 0,06 mg/l. Předpokládá se, že ve Vesmíru na 1 atom jódu připadá 70 miliard atomů vodíku.

Radioaktivní jód  $^{131}\text{I}$ , jehož únik hrál při černobylské havárii významnou roli, má velmi krátký poločas rozpadu (8,02 dnů) a relativně brzy po nehodě se přirozeným způsobem rozložil na neškodné látky. Při zkoumání dlouhodobějších dopadů tedy dnes již jód nehraje žádnou roli a na radioaktivním zamoření se dnes již nepodílí.  $^{131}\text{I}$  se rozpadá beta a gama emisí na stabilní nuklid  $^{131}\text{Xe}$  :



$^{131}\text{I}$  je štěpným produktem  $^{235}\text{U}$  a působil kontaminaci v období zkoušek jaderných zbraní a jaderné havárie. Díky krátkému poločasu rozpadu není přítomen v chlazení jaderného paliva, na rozdíl od  $^{129}\text{I}$ , jehož poločas rozpadu je téměř miliardakrát vyšší než v  $^{131}\text{I}$ .

Jód v potravinách je absorbován lidským tělem a přednostně soustředěna v štítné žlázy, kde je nezbytný pro její činnost. Pokud je  $^{131}\text{I}$  přítomen ve vysokých koncentracích v životním prostředí z radioaktivního spadu a pozřen s kontaminovanými potravinami, též se hromadí ve štítné žláze. Při jeho radioaktivním rozpadu může dojít k poškození štítné žlázy. Primární riziko z expozice  $^{131}\text{I}$  je pravděpodobnost výskytu radiogenní rakoviny štítné žlázy v pozdějším životě. Jiná rizika zahrnují možnost nenádorových změn na štítné žláze [8].

### ***1.3 Způsob uvádění radionuklidů do životního prostředí (ŽP)***

Při využívání jaderného paliva v jaderném reaktoru formou štěpení jader  $^{235}\text{U}$  vznikají radioaktivní látky ve skupenství plynném, kapalném i pevném. Radioaktivní látky v plynném a kapalném skupenství se následně v dalším procesu stávají radioaktivními odpady. Plynné radioaktivní odpady obsahují převážně přímo produkty štěpení  $^{235}\text{U}$ . Kapalně radioaktivní odpady obsahují zejména radionuklidy vzniklé

jadernými reakcemi neutronů uvolněných při štěpné reakci s látkami konstrukčních materiálů jaderného reaktoru nebo látkami zanesenými do aktivní zóny chladičem primárního okruhu [51].

Plynné výpusti jsou do ŽP zaváděny prostřednictvím ventilačních komínů obou hlavních výrobních bloků, které jsou soustředné (tzv. dvoudříkové) a dělí se na vnitřní a vnější. Výpusti z těchto komínů závisí na provozních režimech bloků. Vnější komíny jsou provozovány pouze v období odstávek jednotlivých bloků nebo za havarijních resp. pohavarijních podmínek. Plynné výpusti jsou dále vypouštěny prostřednictvím ventilačního komínu budovy aktivních pomocných provozů, který je jednodříkový a je provozován nepřetržitě. Dalším potenciálním zdrojem plynných výpustí je odvodušnění sekundárního okruhu 1. a 2. HVB [51].

Hlavním zdrojem plynných radioaktivních výpustí jsou technologické systémy odplynění:

- chladiivo primárního okruhu, které je za provozu bloku kontinuálně odpouštěno
- nádrže, kde je skladováno odpouštěné chladiivo a vzduchotechnické systémy, které odvětrávají prostory kontrolovaného pásma hlavních výrobních bloků a budovy aktivních pomocných provozů [45].

Kapalné výpusti se z JE uvolňují prostřednictvím systémů kontrolních nádrží, kde jsou soustřeďovány kapalné odpady před jejich uvolněním do ŽP. Tyto nádrže, resp. jejich obsah je před každým vypouštěním promíchán, následně je odebrán vzorek a tento kvalitativně a kvantitativně vyhodnocen v radiochemické laboratoři. Při vyhovující radiochemické analýze je kontrolní nádrž dle média, které je v ní obsaženo, vypuštěna do ŽP celkem třemi možnými způsoby:

- přes systém neutralizace: Vody s obsahem chemikálií a regenerační vody z čistící stanice RY, dochází k neutralizaci na výsledné pH = 6,5 – 9,0
- přes biologickou čistírnu odpadních vod: prádelenské vody a vody z hygienických uzávěrů

- přímo do sběrné jímky odpadních vod: nadbilanční kondenzát z čistící stanice TR, podmíněně aktivní kanalizace, bilančně nezahrnuté vody z nádrže promývacích vod ionexových filtrů čistících stanic TR, RY, TD a v případě potřeby i čistý kondenzát z čistící stanice TD [51].

Veškeré kapalně odpady, vypuštěné výše uvedenými způsoby jsou ve sběrné jímnici odpadních vod (o objemu 500 m<sup>3</sup>) smíšeny s odluhou z cirkulačních chladících okruhů, s odluhou bazénů technické vody důležité a vyčištěnou vodou z čistírny odpadních vod. Tím dochází k dalšímu naředění a snížení koncentrace radioaktivních látek. Ze sběrné jímky odchází odpadní vody mimo objekt elektrárny dvěma odpadními řády, které jsou zaústěny do řeky Vltavy v profilu Kořensko [3, 24, 25, 27, 51].

#### ***1.4 Legislativní podmínky uvádění radionuklidů do životního prostředí (ŽP)***

Uvádění radionuklidů do ŽP upravuje zákon č.18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ve znění pozdějších předpisů. Obecná pravidla a podmínky uvádění radionuklidů do ŽP jsou stanoveny vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhl. č. 499/2005 Sb., konkrétně ustanovením §56. Uvádění radionuklidů do ŽP je možné pouze na základě, v rozsahu a za podmínek stanovených v povolení SÚJB k uvádění radionuklidů do životního prostředí. Řízené vypouštění radionuklidů do životního prostředí je možné pouze za splnění podmínky, že u příslušné kritické skupiny obyvatelstva nepřekročí součet roční efektivní dávky a ročního úvazku efektivní dávky hodnotu 200 μSv za rok (v případě plyných výpustí do ovzduší) a hodnotu 50 μSv za rok (v případě kapalných výpustí do vodotečí) a tedy celkem 250 μSv za rok [51].

Dozorné orgány mohou ovšem stanovovat ještě nižší ukazatele pro možnost uvádění radionuklidů do ŽP, tzv. autorizované limity [51].

#### ***1.4.1 Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě kapalných výpustí***

Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě kapalných výpustí z JETE je povoleno rozhodnutím SÚJB. Rozhodnutím je stanoven autorizovaný limit pro kapalně vypustí do řeky Vltavy v profilu Kořensko pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva, který se vztahuje na součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření. Součástí rozhodnutí jsou i hodnoty převodních koeficientů pro přepočet celkové výpustí jednotlivých radioizotopů v Bq na jednotky efektivní dávky v Sv (resp.  $\mu\text{Sv}$ ) pro účely kontroly a regulace výpustí v průběhu kalendářního roku a další podmínky uvádění radionuklidů do ŽP včetně provádění ročního bilancování výpustí, které se na JETE provádí pomocí výpočetního programu RDETE. Autorizovaný limit stanovený v rozhodnutí ve veličině efektivní dávka je univerzální a zohledňuje vliv libovolné směsi radionuklidů (včetně tritia) vypuštěné do povrchových vod. Pro uvádění radionuklidů do životního prostředí ve formě kapalných výpustí je platné rovněž rozhodnutí Krajského úřadu České Budějovice odboru životního prostředí, zemědělství a lesnictví Čj.“ KUJCK 18 378/20/2005 OZZL Ža, které mění rozhodnutí Okresního úřadu České Budějovice, referátu životního prostředí (dále jen vodohospodářské rozhodnutí).



**Tabulka č. 2:** Autorizované limity a směrné ukazatele pro kapalně vypusti do řeky Vltavy v profilu Kořensko

<b>dokument</b>	<b>veličina</b>	<b>AL</b>
rozhodnutí SÚJB čj.26161/2009 Platné od 1. ledna 2010 dosud	součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva	3 $\mu$ Sv za rok
rozhodnutí SÚJB čj.8096/2005 Platné od dubna 2005 do 31.12.2009	součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva	3 $\mu$ Sv za rok
rozhodnutí RŽP OÚ Č. Budějovice čj. 6804/93/Si neplatné od února 2007	max. objemová aktivity beta  max. celková aktivita beta (bez tritia)	21 Bq/l  $1 \cdot 10^9$ Bq/rok, při provozu 2 bloků
rozhodnutí RŽP OÚ Č. Budějovice čj. 6804/93/Si neplatné od února 2007	max. objemová aktivita tritia  celková aktivita tritia	$3,48 \cdot 10^4$ Bq/l  $4 \cdot 10^{13}$ Bq/rok, při provozu 2 bloků
rozhodnutí KÚ- OŽPZL Č. Budějovice Čj.:KIJCK 18 378/20/2005 OZZL Ža, platné od února 2007	celková objemová aktivita beta  max. celková aktivita beta (bez tritia)  objemová a celková aktivita tritia	Hodnota p $21 \text{Bq.l}^{-1}$ Hodnota m $27 \text{Bq.l}^{-1}$ Max. $2 \cdot 700 \text{Bq.s}^{-1}$ Max $1,0 \cdot 10^9 \text{Bq.rok}^{-1}$ Hodnota p $2,56 \cdot 10^5 \text{Bq.l}^{-1}$ Hodnota m $3,33 \cdot 10^5 \text{Bq.l}^{-1}$ Max. $3,33 \cdot 10^7 \text{Bq.s}^{-1}$ Max $6,6 \cdot 10^{13} \text{Bq.rok}^{-1}$

Vedle výše uvedených autorizovaných limitů se k výpustem vztahuje ohlašovací povinnost na SÚJB při neplánovaném překročení sedminásobku průměrného denního limitu efektivní dávky z plynných nebo kapalných výpustí, odvozeného jako  $7/365$  dílů z ročních autorizovaných limitů [24, 25, 27, 51].

#### ***1.4.2 Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě plynných výpustí***

Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě plynných výpustí z JETE je povoleno rozhodnutím SÚJB č.j. 28718/2007 [26]. Rozhodnutím je stanoven autorizovaný limit pro uvádění radionuklidů do životního prostředí ve formě výpustí do ovzduší z ventilačních komínů výrobních bloků, z ventilačního komínu BAPP a ze systému PSA, a to v míře, která nepřesáhne za kalendářní rok pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva autorizovaný limit  $40 \mu\text{Sv}$ , který se vztahuje na součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření. Při ověřování dodržení tohoto limitu budou dodrženy následující podmínky:

1. Kritickou skupinou obyvatelstva jsou obyvatelé trvale žijící do vzdálenosti 5 km od středu jaderné elektrárny.
2. Roční bilancování (porovnání skutečnosti s hodnotou autorizovaného limitu) se provádí pomocí výpočetního programu RDETE, autorizovaného SÚJB.
3. Pro účely kontroly a regulace výpustí v průběhu kalendářního roku se odhad součtu efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření stanovuje jako součet součinů aktivit jednotlivých radionuklidů vypuštěných do ovzduší za sledované období a převodních koeficientů uvedených v bodě 4. Do součtu příspěvků od jednotlivých radionuklidů se nemusí započítávat ty, jejichž příspěvek není vyšší než 1 %. Počet takových příspěvků musí být omezen tak, aby chyba podcenění celkové hodnoty v důsledku nezapočtení radionuklidů byla menší než 10 %.
4. Převodní koeficienty  $h$  pro převod aktivity radionuklidů vypouštěných do ovzduší na součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních

dávek z vnitřního ozáření jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva, použité pro kontrolu a regulaci výpustí v průběhu kalendářního roku [26]:

**Tabulka č. 3:** Převodní koeficienty  $h$  pro převod aktivity radionuklidů vypouštěných do ovzduší na součet efektivních dávek ze zevního ozáření [26]

	$h$ (Sv/Bq)		$h$ (Sv/Bq)		$h$ (Sv/Bq)
$^3\text{H}$	5,20E-22	$^{87}\text{Kr}$	1,15E-20	$^{137}\text{Cs}$	1,47E-16
$^{14}\text{C}$	1,93E-19	$^{88}\text{Kr}$	3,24E-20	$^{133}\text{Xe}$	5,95E-22
$^{41}\text{Ar}$	1,43E-21	$^{89}\text{Sr}$	1,11E-19	$^{135}\text{Xe}$	4,44E-21
$^{51}\text{Cr}$	8,70E-20	$^{90}\text{Sr}$	5,80E-17	$^{135\text{m}}\text{Xe}$	3,68E-21
$^{54}\text{Mn}$	2,05E-17	$^{95}\text{Nb}$	2,22E-18	$^{138}\text{Xe}$	8,70E-21
$^{57}\text{Co}$	3,15E-18	$^{95}\text{Zr}$	3,99E-18	$^{140}\text{Ba}$	2,24E-19
$^{58}\text{Co}$	5,60E-18	$^{99}\text{Mo}$	1,03E-19	$^{140}\text{La}$	3,90E-19
$^{60}\text{Co}$	3,54E-16	$^{103}\text{Ru}$	1,77E-18	$^{141}\text{Ce}$	3,82E-19
$^{59}\text{Fe}$	4,17E-18	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	5,70E-17	$^{144}\text{Ce}$	6,71E-18
$^{65}\text{Zn}$	1,26E-17	$^{124}\text{Sb}$	8,70E-18	$^{181}\text{Hf}$	2,22E-18
$^{75}\text{Se}$	4,86E-18	$^{125}\text{Sb}$	3,72E-17	$^{238}\text{Pu}$	3,97E-15
$^{76}\text{As}$	9,70E-20	$^{131}\text{I}$	1,19E-18	$^{241}\text{Am}$	4,51E-15
$^{85}\text{Kr}$	4,55E-23	$^{133}\text{I}$	2,04E-19	$^{242}\text{Cm}$	2,10E-16
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	2,73E-21	$^{132}\text{Te}$	1,75E-19	$^{138}\text{Xe}$	8,70E-21

## **2 CÍL PRÁCE A PŘEDPOKLÁDÁNÉ HYPOTÉZY**

### ***2.1 Cíl práce***

Na základě odběru bodových vzorků z monitorovacích bodů SÚJB vyhodnotit vliv JETE na životní prostředí v jeho okolí a provést návrh nezávislého monitorování okolí JETE ze strany SÚJB. Navrhnout postup a způsob nezávislého monitorování v případě MÚ na JETE z pohledu vlivu na životní prostředí (ŽP).

### ***2.2 Hypotéza***

Na základě měření aktivity bodových vzorků odebraných z okolí JETE lze stanovit plán četnosti a míst odběru vzorků a navrhnout způsob monitorování při MÚ na JETE pro vyhodnocení event. prognózy vlivu MU na ŽP.

## 3 POPIS METODIKY

### 3.1 Odběry vzorků

#### 3.1.1 Odběr vzorků pro stanovení tritia

Do roku 1999 je monitorování JETE prováděno v rámci rozsahu programu RMS SÚJB. Od roku 1999 je nezávislé monitorování JETE prováděno samostatně na RC SÚJB České Budějovice. Postupně docházelo k rozšiřování monitorování okolí JETE podle získaných zkušeností a potřeb státního dozoru (inspektorů RC SÚJB České Budějovice a specializované inspekční skupiny pro jaderné elektrárny SÚJB). Od ledna 2000, kdy je sledováno šíření tritia v řece Vltavě, byly jedenkrát měsíčně odebírány bodové vzorky v místech Hněvkovice - pravý břeh pod hrází a Kořensko - levý břeh nad hrází, kde řeka Vltava ještě není ovlivněna kapalnými výpustmi JE Temelín, dále v Kořensku pod hrází (levý břeh) pod místem zaústění odpadního kanálu a na dalších odběrových místech po proudu řeky - Újezd a Hladná (obě lokality levý břeh).

Od roku 2001 byl harmonogram odběrů tritia jedenkrát měsíčně, vždy první týden v měsíci ve všech monitorovacích bodech. Vzhledem k velké variabilitě výsledků měření byl 5.-6. září 2005 proveden experiment „24 hodinové podrobné monitorování tritia ve Vltavě“ v profilu Újezd a namátkově v profilech Hladná a Kořensko pod hrází.

Od února 2006 se zvýšila frekvence odběru vzorků pro měření obsahu tritia v lokalitách Kořensko pod hrází a Újezd (tedy ovlivněných výpustmi z JE Temelín) z původně měsíční na týdenní. Odběry jsou prováděny na stálém místě, z hladiny 3 m od břehu pomocí odběrového teleskopického zařízení, avšak pohyb výšky hladiny ve vodní nádrži Orlík může ovlivnit místo odběru řádově o několik metrů [51].

Vzorky jsou odebírány do PE lahví o objemu 250 ml a odesílány k následnému měření objemové aktivity tritia do laboratoře SÚJB umístěné v Regionálním centru Brno (laboratoř RC České Budějovice není pro měření tritia vybavena).

Seznam odběrových míst a četnost odběru pro nezávislé monitorování výpustí JETE je uveden v interní směrnici SÚJB:VDS 052/2006 [46]. Odběr vzorku a měření je prováděno v souladu s interní metodikou VDMI 070 [37].

Na obrázku č. 1 až 5, které jsou přílohou práce, jsou mapy s vyznačením odběrových míst a detaily jednotlivých odběrových míst.

### **3.1.2 Odběr a příprava vzorků pro stanovení cesia 137**

#### **3.1.2.1 Cesium v aerosolu**

Vzorky jsou získávány kontinuálním odběrem vzdušiny přes aerosolový filtr pomocí odběrových zařízení Hunter JL-150 finské firmy Senya Oy, v případě poruchy se užije libovolné záložní zařízení, např. Sierra Misco. Za obvyklé radiační situace se filtr mění 1x týdně – nejlépe v úterý.

##### Příprava filtru:

- Ustříhne se filtr potřebného rozměru.
- Filtr se vloží do exsikátoru na 1 až 2 dny pro ustavení konstantní vlhkosti (vysušení) ve filtru.
- Filtr se zváží ihned po vyjmutí z exsikátoru, označí se číslem a zaznamená hmotnost.

Jako vysoušedlo je v exsikátoru použit silikagel. Používá se silikagel s indikátorem vlhkosti (chlorid kobaltnatý). Náplň exsikátoru je nutno vysušit při 100°C při každém i částečném zvlhnutí (zrůžovění).

Je nutné udržovat stálou zásobu 3 až 5 nepoužitých vysušených a zvážených filtrů.

##### Výměna filtru:

- Čistý vysušený filtr se označí pořadovým číslem a upevní se do nosného kovového rámu.
- Zaznamenávají se zobrazovaná data týkající se vzdušiny procházející přes sorbent a týkající se vzdušiny procházející mimo sorbent (průtok vzdušiny filtrem a celkový prosátý objem filtrem je dán součtem dat z obou displejů).

- Po odběru se filtr umístí na 1 až 2 dny do exsikátoru na vysušení a poté se zváží. Z rozdílu hmotnosti filtru před odběrem a po odběru se stanoví hmotnost aerosolu.
- Takto připravený vzorek je použit pro měření objemové aktivity [39, 42].

### *3.1.2.2 Cesium ve vzorcích životního prostředí*

#### Mléko

Pro stanovení cesia se odebírá vzorek mléka o objemu 1,2 l. V případě sušeného mléka se odebírá hmotnostní ekvivalent objemu 1,2 l mléka, ale minimálně odpovídající objemu měřicí nádoby, který se měří přímo.

#### Zelenina (listová, kořenová a plodová) a Ovoce

Odebírá se takové množství, aby po zkoncentrování byl objem vzorku minimálně roven objemu měřicí nádoby (minimálně 1,2 l). Omytá zelenina se zkoncentruje sušením a upěchováním. Před úpravami a po nich se vždy zaznamená hmotnost vzorku [36].

#### Lesní plody

Lesní plody se zkoncentrují sušením a upěchováním, případně je též lze měřit v nativním stavu (naměřili-li se hodnota aktivity  $^{137}\text{Cs}$  nad MDA). Odebírá se takové množství, aby po usušení a upěchování, případně v nativním stavu byl objem vzorku minimálně roven objemu měřicí nádoby (1,2 l). Před případnými úpravami a po nich se vždy zaznamená hmotnost vzorku [36].

#### Houby lesní

Měří se v nativním stavu, případně se mohou koncentrovat sušením. Po změření se vzorek hub usuší (pokud tak již nebylo učiněno) a ze znalosti hmotností v nativním stavu a po usušení se stanoví koncentrační poměr (hmotnost v nativním stavu dělená hmotností po usušení).

Odebírá se takové množství, aby po upěchování byl objem vzorku minimálně roven objemu měřicí nádoby. Zaznamená se hmotnost vzorku a koncentrační poměr.

Vždy je nutno uvést, zda se jedná o houby lupenaté, hříbovité nebo směs [36].

### Brambory

Vzorky se neměří v nativním stavu. Brambory se oškrábou (oškrabky se nezahrnují do vzorku), rozkrájí na menší kousky a usuší se. Před sušením se zaznamená hmotnost vzorku, (případná plíseň není na závadu) [34].

### Obilí

Odebírá se 4-5 kg v nativním stavu na všechny analýzy jednoho vzorku. Část směsného vzorku daného druhu obilí o objemu alespoň 1,2 l se změří v nativním stavu a po změření uloží stranou pro případnou další analýzu [35].

### Spady

Spady se získávají ponecháním odběrových nádob (sudy) s vodou na monitorovacích bodech ETE, ve kterých se kapalné i pevné spady kumulují. Nashromážděný tříměsíční spad se přenese do umělohmotných věder. V těch se přemístí do laboratoře, kde se postupně odpařuje ve 2 – 3 litrových kádinkách na el. pískové lázni. Po přidání poslední části se vzorek odpaří téměř do sucha, převede do navlhčeným filtračním papírem vystlané porcelánové misky a opatrně se vysuší. Filtr se složí tak, aby šel umístit do porcelánového kelímku a miska se vytře několika navlhčenými útržky filtračního papíru, které se také přidají do kelímku. Obsah kelímku se spaluje v muflové peci 5 hodin při 350°C. Vzniklý popel se rozmělní skleněnou tyčinkou a přenese na zváženou umělohmotnou Petriho misku o průměru 60 mm. Hmotnost spáleného spadu se zjistí z rozdílu hmotností prázdné a plné Petriho misky. Popel na misce se pokud možno, homogenně rozprostře po dně misky. Miska se zakryje víčkem, zalepí izolepou a označí [40].



### **3.1.3 Odběru vzorků pro stanovení plynných forem jódu 131**

Vzorky jsou získávány kontinuálním odběrem vzdušiny přes sorbent pomocí odběrových zařízení Hunter JL-150. Sorbent pro absorpci plynných forem jodu (objem 500 ml) se za obvyklé situace mění 1x měsíčně [42].

#### **Příprava sorbentu:**

Do kovové nádoby pro sorbent se vloží zevnitř na spodní mřížku sítko s jemnými otvory (lze použít gázu nebo krycí část aerosolového filtru) stejného průměru jako má nádoba (slouží k zabránění průniku drobných částic sorbentu do prostoru pod nádobu během odběru), do nádoby se nasype sorbent ze zásobníku až po vyznačenou rýhu, do které se vkládá pojistný kroužek jistící horní mřížku. Sorbent je nutno upéčovat. Vloží se horní mřížka a zajistí pojistným kroužkem [42].

#### **Výměna sorbetu:**

V případě výměny se sorbent přesype do nádoby pro měření (uchování) sorbetu a na nádobě se vyznačí datum počátku a konce odběru vzdušiny přes sorbent [42].

## **3.2 Metodika měření vzorků**

### **3.2.1 Měření tritia**

Vzorky jsou měřeny pracovníky SÚRO a SÚJB RC Brno, kam jsou z RC České Budějovice po odběru přepraveny. Objemová aktivita tritia v povrchových vodách se měří podle zmíněné metodiky VDMI 070 v souladu s ČSN ISO 9698 (757635). [9] K měření je používán kapalinový scintilační spektrometr beta TRI-CARB 2560 TR/XL a 3170 TR/SL od firmy CANBERRA PACKARD. Minimální detekovatelná aktivita (MDA) pro měřící doby cca 600 minut je 2 Bq/l. Pro měření jsou používány kyvety o objemu 20 ml a kapalný scintilátor UltimaGold LLT. Předestilované vzorky vod se smíchají se scintilátorem v poměru 1:1, měřící časy jsou 1 až 10 hodin v závislosti na aktivitě vzorku. Tritium je ve vzorcích přírodních vod zabudované do molekuly vody,

kde nahrazuje atom vodíku. Této skutečnosti se využívá při úpravě vzorku a při jeho měření. Vzorek vody je před měřením zbaven predestilováním nežádoucích příměsí, které by mohly ovlivnit výsledky měření. V takto přečištěném vzorku vody je změřena četnost impulzů od tritia, přičemž jsou detekovány fotony vzniklé v roztoku v měřící kyvetě v důsledku interakce záření beta s kapalným scintilátorem. Jednotlivé světelné záblesky jsou registrovány dvěma fotonásobiči a následná elektronika vyhodnocuje koincidenční impulsy v odpovídajícím energetickém intervalu. Výsledkem tohoto měření je číslo, které udává detekovanou četnost fotonů, jejichž energie spadá do předem zvoleného energetického intervalu. Četnost impulzů je úměrná aktivitě tritia v měřeném vzorku [30].

Následně je vypočtena objemová aktivita tritia v měřeném vzorku pomocí elektronické jednotky, která provádí zpracování impulzů z fotonásobičů. Tato výpočetní jednotka provádí pomocí firemního software přepočet na objemovou aktivitu tritia v měřených vzorcích, přičemž platí:

$$A_v = \frac{A_{\text{vzorku}} \cdot 1000}{60 \cdot V} \quad [\text{Bq/l}]$$

kde:	$A_{\text{vzorku}}$	četnost vzorku v měřící nádobce [dpm]
	1000	přepočet na objem 1 litru
	60	přepočet z minut na sekundy
	V	objem měřeného vzorku vody [ml]

**Na obrázku č. 1, 2 a 3**, které jsou přílohou práce, jsou fotografie používaného měřícího scintilačního zařízení. (RC Brno).

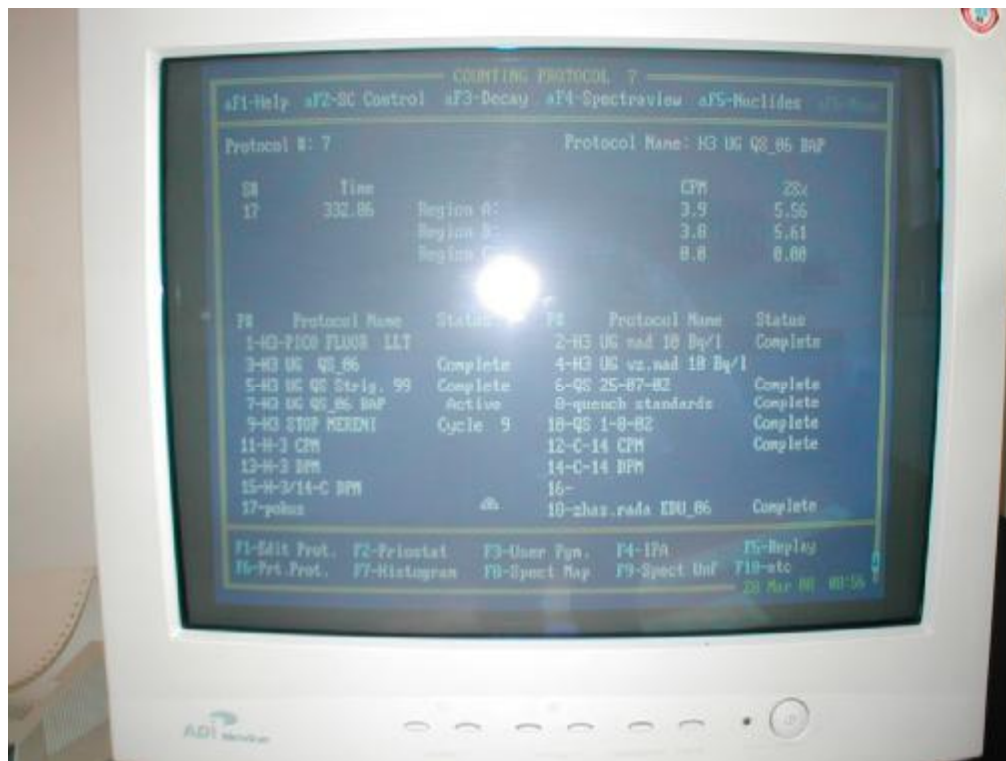
**Příloha č. 1:** Foto TriCarb sestava



**Příloha č. 2:** Foto TriCarb otevřený prostor pro vzorky



**Příloha č. 3:** Foto TriCarb monitor protokolů měření



### 3.2.2 Měření cesia a jódu v aerosolech a plynech

Objemová aktivita cesia a jódu (v plynu nebo aerosolu) se měří podle metodiky VDMI 074 [29] pomocí polovodičové spektrometrie gama. Objemová aktivita radionuklidů v ovzduší je stanovena měřením jejich aktivity v aerosolech, objemová aktivita plynné formy jódu v ovzduší je zachycena a měřena na sorbetu.

Spektrometrií gama je obecně nazývána metoda detekce fotonů gama záření s následným rozdělením odezvy detektoru – počtu nebo četnosti impulsů – podle energie fotonů zachycených detektorem a tím možnost spektrálního zobrazení odezvy. Na základě znalosti energií fotonů uvolňovaných při přeměně jednotlivých radionuklidů lze pak určovat nejen, které radionuklidy se ve vyšetřovaném vzorku nacházejí, ale analýzou spektra v dané energetické oblasti odpovídající konkrétnímu radionuklidu pak lze stanovovat i aktivitu tohoto radionuklidu. Polovodičová spektrometrie gama využívá

vlastností detektoru, jehož základem je krystal čistého křemíku nebo germania. Germaniové detektory se obvykle značí HPGe („High Purity“) [39].

Měřící zařízení je složeno z těchto částí:

- spektrometrická trasa s polovodičovým detektorem; trasa se skládá z HPGe detektoru umístěného ve stínící kobce, předzesilovače (obvykle umístěného pod krytem detektoru), zesilovače, analogo-digitálního převodníku, mnohakanálového analyzátoru (obrázek č. 4)
- počítač s programovým vybavením Gamat 4.0 pro analýzu spekter

**Obrázek č. 4:** Fotografie Mnohakanálový analyzátor Canberra MCA 35 a elektronika spektrometrické trasy



Měření filtru se za obvyklé radiační situace začne po 2 až 3 dnech po skončení odběru z důvodu snížení aktivity krátkodobých dceřiných produktů radonu (doby se nejlépe využije k vysušení filtru v exsikátoru). Měření obvykle začíná v pátek a končí obvykle v pondělí až v úterý. Doba měření se volí tak dlouhá, aby pokud možno byla naměřena aktivita  $^{137}\text{Cs}$  vyšší než je minimální významná aktivita nebo alespoň, aby bylo dosaženo  $\text{MDA} < 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$  na hladině spolehlivosti 95 %. Filtr uzavřený v mikroténovém sáčku se měří v geometrii složeného filtru na detektoru nebo v geometrii okolo detektoru (vzhledem k účinnosti je druhá zmiňovaná geometrie výhodnější) bez další úpravy. Důležitá je standardizace skládání filtru, aby geometrie měření byla stejná jako geometrie kalibrační [39].

Sorbent z odběrové nádoby se měří pouze v případě, že na aerosolovém filtru byla naměřena aktivita  $^{131}\text{I}$ . Pokud aktivita  $^{131}\text{I}$  naměřena nebyla, není potřeba sorbent měřit. Pokud je ve filtru identifikován  $^{131}\text{I}$ , je stávající odběr přerušen a je vyměněna nádoba se sorbentem (pokud shodou okolností nebyla vyměněna už spolu s filtrem v rámci pravidelné měsíční výměny) včetně aerosolového filtru. Sorbent se přesype do měřicí nádoby, dobře se z důvodu homogenizace promíchá a měří se v příslušné geometrii. Celková hmotnost náplně je 290 g, objem 500 ml. Je možno měřit i alikvotní část. Pokud je měřena alikvotní část vzorku, je nutno zvážit celek i měřenou část pro stanovení objemu vzdušiny prošlého přes měřenou část vzorku [39].

Aktivita se stanoví z naměřeného spektra pomocí programu pro analýzu spekter standardním způsobem. Lze vyhodnotit všechny umělé radionuklidy, které byly ve spektru identifikovány (přírodních radionuklidů se hodnotí  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$  a  $^{210}\text{Pb}$ ). V sorbentu se hodnotí pouze  $^{131}\text{I}$ . Minimální významná aktivita (MVA), resp. minimální detekovatelná aktivita (MDA) se stanoví pro  $^{137}\text{Cs}$  při měření aerosolového filtru a pro  $^{131}\text{I}$  při měření sorbentu na hladině spolehlivosti 95%. Při hodnocení spektra je nutno odečíst pozadí (měří se pravidelně, obvykle v intervalu 1x za měsíc, minimálně však 1x za 2 měsíce). Ve většině pozadí je přítomen pík  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{40}\text{K}$  [39].

Ve výsledcích, které zpracovává software Gamat verze 4.0, se uvádí objemová aktivita v jednotkách  $\text{Bq/m}^3$  spolu s kombinovanou standardní nejistotou (na hladině

spolehlivosti 68 %). Je-li stanovená hodnota aktivity menší než MVA, uvede se jako výsledek stanovení hodnota MVA se znakem „ < “ před hodnotou MVA. MVA resp. MDA se vyjadřuje jako objemová aktivita v jednotkách Bq/m<sup>3</sup> pro hladinu spolehlivosti 95%. Z důvodu jednoznačnosti výsledku je nutno vždy poznamenat, zda uváděná hodnota za znakem „<“ má význam MVA nebo MDA [39].

### 3.2.3 Měření cesia a jódu v pevných (kapalných) složkách ŽP

Mléko - Stanovuje se objemová aktivita radionuklidů ve vzorcích pomocí polovodičové spektrometrie gama. Měří se standardním postupem v obvyklé geometrii pro spektrometrii gama, dbá se na co největší množství vzorku v nádobě. Sušené mléko se bez úprav vpraví do měřících nádob (Marinelliho nádob), popřípadě dalších nádob (obrázek č. 5) vhodných pro měření a dále se měří standardním způsobem. Doba měření se volí tak, aby MDA pro <sup>137</sup>Cs bylo nižší než 0,1 Bq/l na hladině spolehlivosti 95 %.

**Obrázek č. 5:** Fotografie Příklad různých geometrií pro gamaspektrometrii



Vyhodnocení gama spekter se provádí pomocí programu Gamat 4.0. Výstupem je po zadání objemu (v případě sušeného mléka vypočteného pomocí koncentračního poměru produktu) měřeného vzorku hodnota objemové aktivity radionuklidů (spolu s nejistotou, hodnotou MDA).

Zelenina (listová, kořenová a plodová), ovoce, lesní plody, houby lesní, brambory, obilí

Stanovuje se hmotnostní aktivita radionuklidů ve vzorcích pomocí polovodičové spektrometrie gama. Měří se standardním postupem v obvyklé geometrii pro spektrometrii gama, dbá se na co největší množství vzorku v nádobě. Doba měření se volí tak, aby bylo MDA pro  $^{137}\text{Cs}$  nižší než 0,1 Bq/kg na hladině spolehlivosti 95%., v případě lesních hub nižší než 1 Bq/kg na hladině spolehlivosti 95 %.

Vyhodnocení gama spektra se provádí programem Gamat 4.0. Výstupem je po zadání hmotnosti měřeného vzorku hodnota hmotnostní aktivity radionuklidů (spolu s nejistotou, hodnotou MDA). Hodnota hmotnostní aktivity (resp. MDA) se vždy vztahuje na vzorek v nativním stavu (na hmotnost  $M$  z následujícího vztahu):

$$M = \frac{M_A}{M_S} M_N$$

kde  $M$  hmotnost měřeného vzorku, jaká by byla v nativním stavu [kg]  
 $M_A$  hmotnost skutečně měřeného vzorku v sušeném stavu [kg]  
 $M_S$  hmotnost celého sušeného vzorku [kg]  
 $M_N$  hmotnost celého vzorku v nativním stavu [kg] [36]

### **3.2.4 Měření cesia ve spadech**

Vzorek se měří v geometrii Petriho misky umístěné na detektoru. Doba měření se volí tak dlouhá, aby pokud možno byla naměřena aktivita  $^{137}\text{Cs}$  vyšší než je minimální významná aktivita nebo alespoň aby bylo dosaženo pro  $^{137}\text{Cs}$  MDA < 0,1 Bq/m<sup>2</sup> na hladině spolehlivosti 95 %. Aktivita se stanoví z naměřeného spektra pomocí programu pro analýzu spekter standardním způsobem. Minimální významná aktivita, resp. minimální detekovatelná aktivita se stanoví pro  $^{137}\text{Cs}$  pro hladinu významnosti 5%.



Při hodnocení spektra je nutno odečíst pozadí (měří se pravidelně, obvykle v intervalu 1x za měsíc, minimálně však 1x za 2 měsíce). Ve většině pozadí je přítomen pík  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{40}\text{K}$  [40].

### 3.2.5 Měření fotonového dávkového ekvivalentu (FDE)

#### Kontinuální měření

Měření se provádí pomocí stacionárního měřiče typ Berthold LB-111 se sondami LB-6360 (proporcionální čítač) a LB-6500-3 (Geiger-Müllerův počítač), umístěnými vedle budovy RC České Budějovice. (obrázek č. 6). Vyhodnocení provádí aplikační software SVZ-LOK, vyvinutý Protea. Zařízení pro synchronizaci času je dodáno firmou Envinet.

**Obrázek č. 6:** Fotografie Sondy SVZ



Měření se spustí v čase odpovídajícím začátku celého desetiminutového intervalu, tj. v některém z časů HH:00:00, HH:10:00, HH:20:00, HH:30:00, HH:40:00, HH:50:00, kde HH odpovídá zvolené hodině začátku měření; spuštění měřiče ve správném čase se obvykle provede pomocí aplikačního softwaru. Systém měřicího místa (tj. stacionární měřič a řídicí počítač měřicího místa s příslušenstvím a softwarem) pracuje v automatickém režimu, měření se provádí kontinuálně a nepřetržitě [43].

Naměřené hodnoty potřebné pro stanovení průměrné hodnoty PFDE ve zvoleném měřicím intervalu se průběžně ukládají do paměti měřiče a z ní jsou periodicky přebírány do řídicího počítače měřicího místa pomocí aplikačního softwaru [43].

Poznámka: Při komunikaci řídicího počítače měřicího místa s měřičem aplikační softwarem pravidelně provádí i synchronizaci času měřiče s časem řídicího počítače měřicího místa (a tím i s časovým normálem).

Předávání dat na centrální pracoviště (CP) SVZ v Praze probíhá standardně 1x za každou hodinu co nejdříve po jejím ukončení, za havarijní situace se data předávají navíc i v půlhodině. (Pokud to technické a programové vybavení MM umožňuje realizovat bez dalších nákladů, předávají se data na CP standardně každých 10 minut, tj. po ukončení každého měřicího intervalu). Předávají se údaje o identifikaci měřicího místa, o datu a čase začátku měření, resp. o datu a čase konce měření a hodnoty naměřené v jednotlivých měřicích intervalech včetně jejich příslušných charakteristik. Naměřená data jsou převzata aplikací pro pořízení dat „SVZLOK“ a uložena do lokální databáze. Datové soubory jsou do centrální databáze IS RMS (informační systém RMS) předávány zcela automatizovaně s využitím možností „Přímé předání dat“, „Vytáčená linka“ a „GPRS/FTP“. Zpracování hodnot a jejich využití pro posuzování radiační situace na území ČR probíhá na centrálním pracovišti v Praze [43].

#### Periodické měření pomocí TLD

Termoluminiscenční dozimetry (TLD) jsou umísťovány do měřících míst (MM) v okolí ETE a jsou vyměňovány v pravidelných tříměsíčních intervalech. Monitorovací období začíná annealingem (vymazáním) dozimetru před jeho umístěním do MM a končí měřením dozimetru po jeho vyzvednutí z MM.

Monitorovací dozimetry procházejí následujícím cyklem:

1. Annealing v CLMS (centrální laboratoř monitorovací sítě) v SÚRO Praha
2. Krátký pobyt v CLMS (cca 1 týden)
3. Transport poštou/autem na RC SÚJB, které zajistí umístění dozimetrů do MM (cca tři dny/několik hodin)
4. Krátký pobyt v laboratoři RC SÚJB (cca 1 týden)
5. Rozvoz dozimetru na MM (několik hodin)
6. Pobyt na MM (cca 3 měsíce)
7. Svoz dozimetru z MM (několik hodin)
8. Krátký pobyt v laboratoři RC SÚJB (cca 1 týden)
9. Transport poštou/autem do CLMS (cca tři dny/několik hodin)
10. Krátký pobyt v CLMS (cca 1 týden)
11. Měření TLD a vyhodnocení výsledků v CLMS [44]

Vzhledem ke struktuře těchto cyklů je zřejmé, že odezva monitorovacích dozimetrů určených pro stanovení FDE v MM není tvořena pouze odezvou dozimetru vztahenou k ozáření během pobytu v MM. Proto je třeba zavést pomocné dozimetry, jejichž prostřednictvím lze eliminovat dávku monitorovacích dozimetrů, která se nevztahuje k pobytu dozimetru v MM. Jsou to:

- laboratorní dozimetr pro odečet dávky z CLMS
- transportní dozimetr pro odečet dávky z cesty z CLMS do RC SÚJB
- transportní dozimetr pro odečet dávky z laboratoře RC.

Dávku obdrženou při rozvozu a svozu měří MS (mobilní skupina) pomocí kontinuálního měřiče příkonu FDE. Na základě odezev všech dozimetrů lze stanovit průměrný příkon FDE v MM [44].

Výpočetní algoritmus pro MM provozovaná RC SÚJB je:

$$\overline{H}_{RS} = \frac{H_M - t_L \overline{H}_L - t_C \overline{H}_C - t_A \overline{H}_A - t_Y \overline{H}_Y}{t_{RS}}, \text{ kde}$$

$\overline{H}$	- fotonový dávkový ekvivalent [nSv]
$H$	- příkon fotonového dávkového ekvivalentu [nSv/h]
$t$	- čas [h]
$L$	- laboratorní TLD
$M$	- monitorovací TLD
$C$	- cesta mezi CLMS a RC
$Y$	- laboratoř RC
$A$	- cesta autem při rozvážení (svážení) dozimetrů do (z) měřicích míst
$RS$	- měřicí místo (doba mezi rozvozem a svozem)

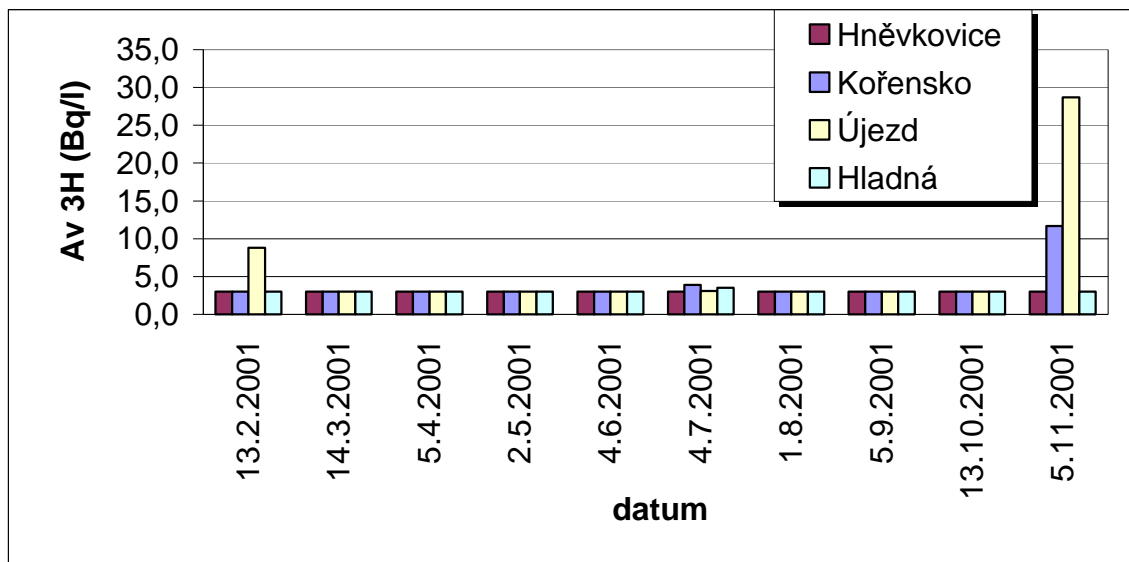
Ke zpracování naměřených dat se používá software IS RMS (program TLD1), speciálně vyvinutý pro potřeby sítě TLD v ČR. Program umožňuje zadání všech potřebných informací (časový průběh období, struktura tras, údaje o kalibraci, atd.) a naměřených dat ke stanovení průměrného příkonu FDE a také provádí jeho výpočet. Před výpočtem i v jeho průběhu jsou prováděny četné kontroly na přípustnost a věrohodnost zadaných hodnot, uživatel je informován o chybách a podezřelých hodnotách [44]

## 4 Výsledky

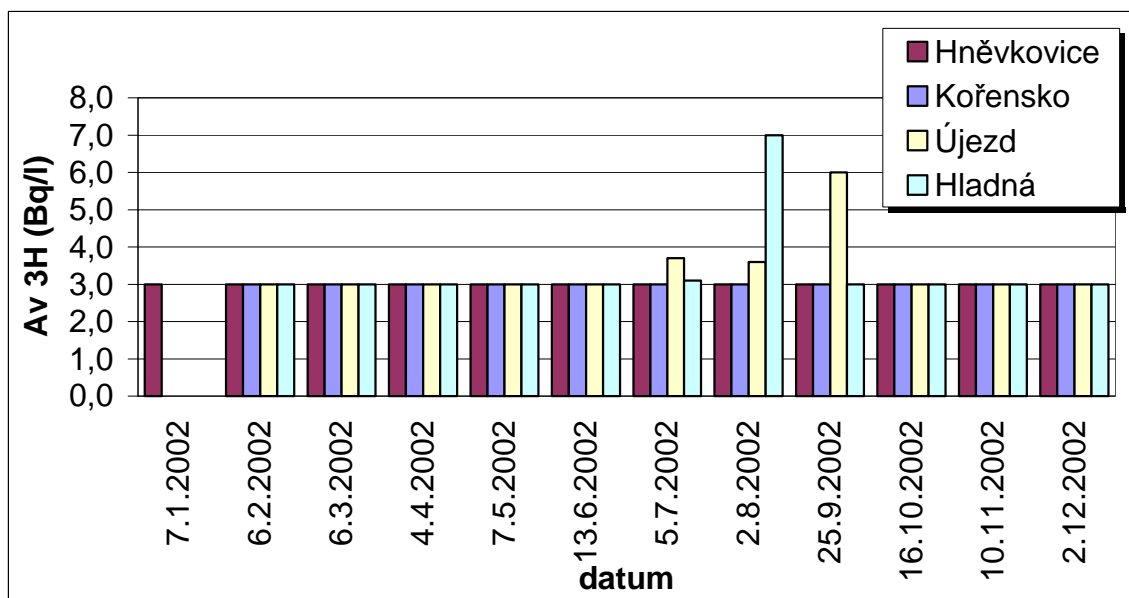
### 4.1 Výsledky měření SÚJB

#### 4.1.1 Měření tritia v bodových vzorcích řeky Vltavy

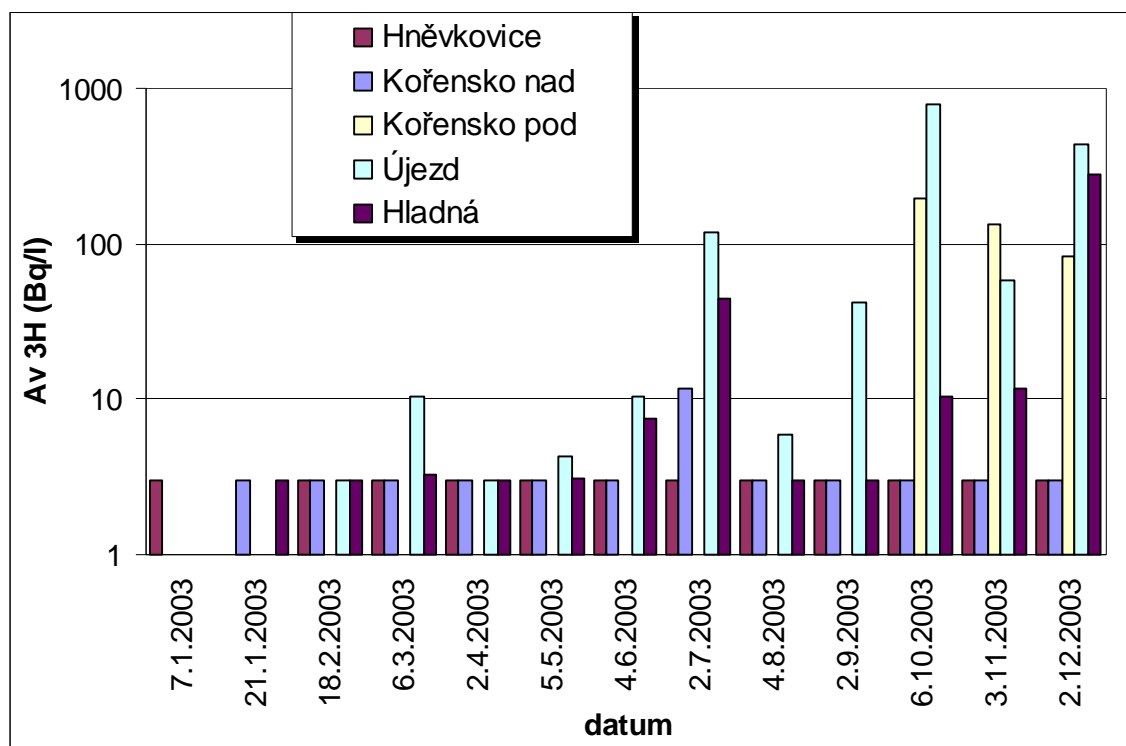
Graf č. 1: Výsledky monitorování tritia v roce 2001 [15]



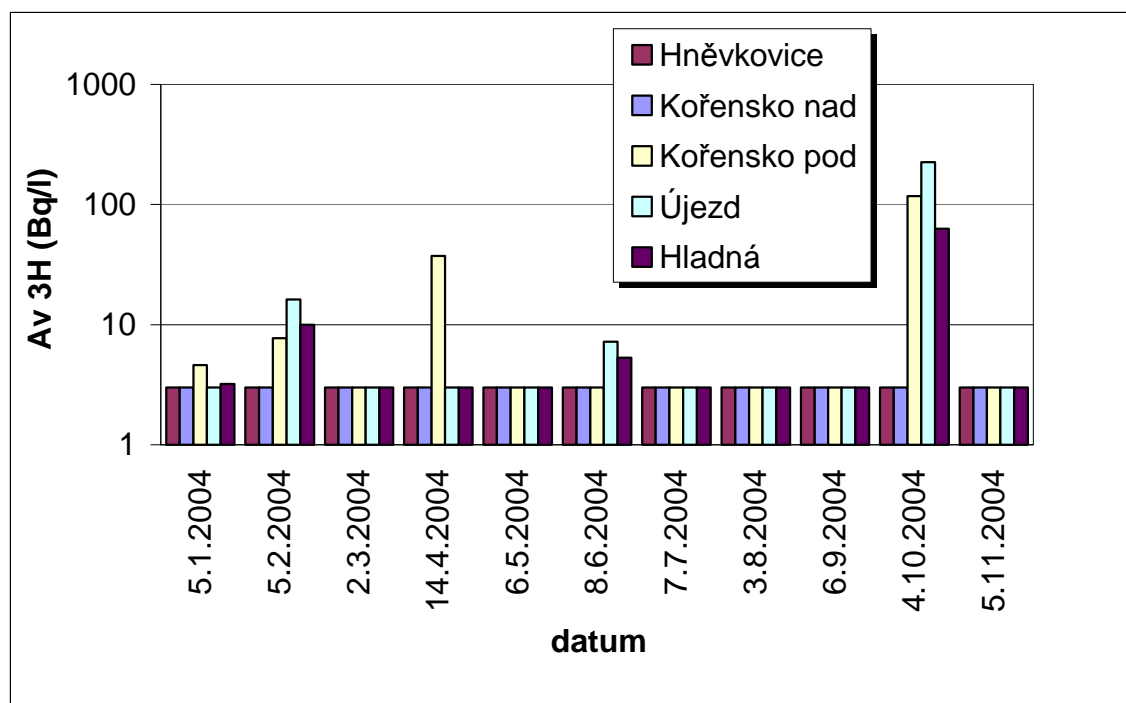
Graf č. 2: Výsledky monitorování tritia v roce 2002 [16]



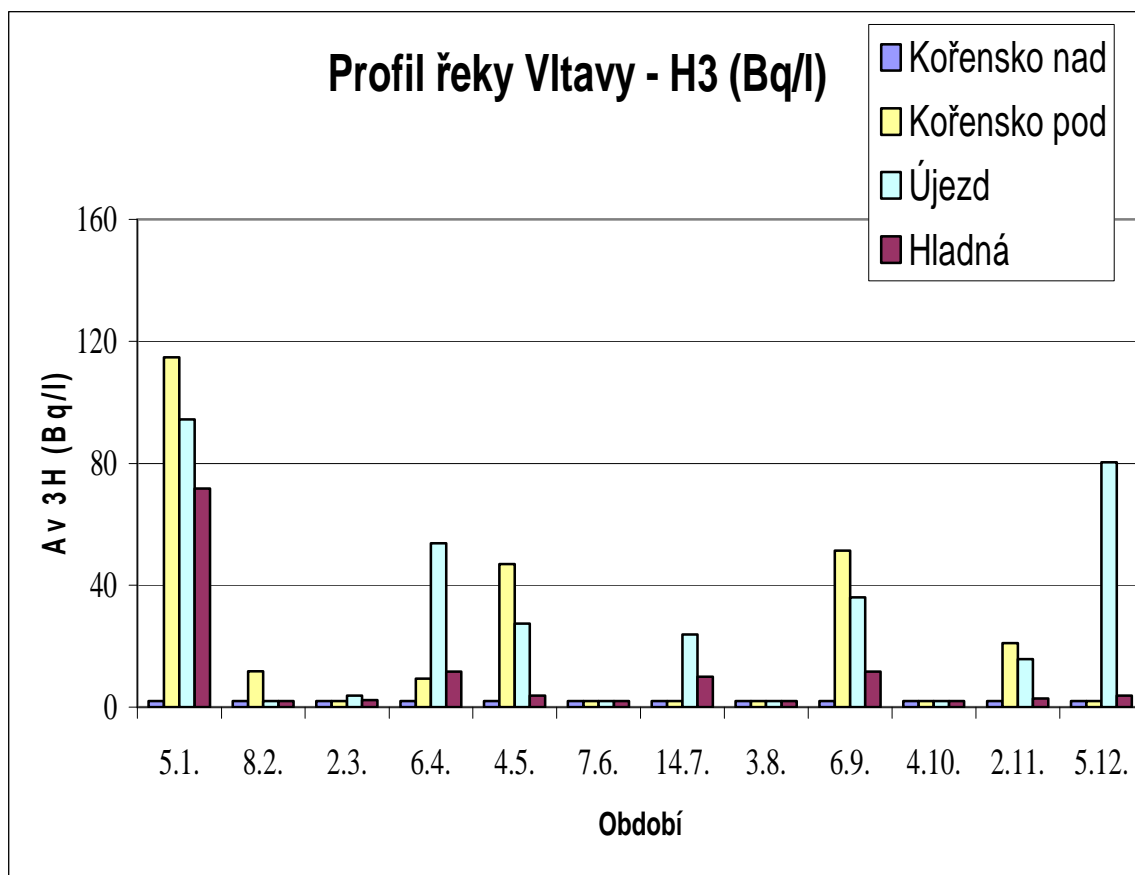
**Graf č. 3:** Výsledky monitorování tritia v roce 2003 [17]



**Graf č. 4:** Výsledky monitorování tritia v roce 2004 [18]



**Graf č. 5:** Výsledky monitorování tritia v roce 2005 [19]



#### Experiment září 2005 [6]

Cílem experimentu září 2005 (tab. 8 a grafy 6, 7) bylo stanovit optimální dobu odběru vzorku vody z Vltavy pro měření objemové aktivity v ní obsažených radionuklidů vzhledem k době vypouštění kontrolních nádrží. Tj.:

1. Určit časový průběh objemové aktivity tritia ve Vltavě v profilu Újezd (říční kilometr 198) při vypouštění kontrolních nádrží (KN) OTR80B01 a OTR80B02, případně dalších, obsahujících tritium.
2. Určit rozložení objemové aktivity tritia ve Vltavě v profilu Újezd napříč tokem, na hladině a v definované hloubce v době předpokládaného maxima aktivity v řece.

3. V průběhu měření odebrat v několika časových bodech vzorek v profilech Kořensko pod hrází (říční kilometr cca 200) a Hladná (říční kilometr cca 196).
4. V průběhu měření odebrat vzorek vypouštěné vody na stanici odpadních vod v době vypouštění KN (cca 2 h po zahájení vypouštění) a v době cca 4 h po ukončení vypouštění KN.

V denních hodinách byly na Újezdě vzorky odebírány 1x za hodinu, v nočních 1x za 2 h. V ostatních místech méně často – podle technických možností. Vzorky byly standardně odebírány u levého břehu toku. Dvakrát v průběhu měření byly na Újezdě odebrány vzorky v příčném profilu toku – přibližně uprostřed toku z hladiny a z hloubky 2 m a u pravého břehu.

Pracovníci ETE odebrali dne 5.9.2005 v 8:35 vzorek vypouštěných vod na stanici odpadních vod. Bohužel, vzorek nebylo možno odebrat v plánované době, neboť do doby našeho měření spadal odběr vody na stanici prováděný VÚV (pro Melk), který zahrnuje zapečetění odběrového zařízení.

ETE zajistila přehled nádrží vypouštěných ve dnech 4. – 6.9.2005.

Průtoky vodním dílem Kořensko a výšku hladiny v nádrži Orlík v době měření (10-minutová data) laskavě poskytl pracovník Povodí Vltavy pan Radek Zídek.

**Tabulka č. 5:** Výsledky monitorování tritia, září 2005

Čas odběru	Kořensko	Újezd	Hladná	Průtok jezu	Průtok VE	Průtok celkem	Hladina Orlík
	Bq/l	Bq/l	Bq/l	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m.n.m (Balt)
5.9.05 6:00	-	7,5	-	21,36	35,00	56,36	348,56
5.9.05 7:00	-	3,9	-	21,64	35,00	56,64	348,57
5.9.05 7:49	47,0	-	-	21,72	35,02	56,74	348,58
5.9.05 8:02	-	3,2	-	21,72	33,19	54,91	348,58
5.9.05 9:00	-	12,1	-	21,91	34,96	56,87	348,58
5.9.05 10:00	-	16,9	-	21,91	35,03	56,94	348,58
5.9.05 10:20	33,8	-	-	21,75	35,00	56,75	348,58
5.9.05 11:00	16,4	28,5	9,2	21,92	35,02	56,94	348,56
5.9.05 12:00	6,5	44,8	-	19,88	52,77	72,65	348,53



**Pokračování tab. č. 5: Výsledky monitorování tritia, září 2005**

Čas odběru	Kořensko	Újezd	Hladná	Průtok jezu	Průtok VE	Průtok celkem	Hladina Orlík
	Bq/l	Bq/l	Bq/l	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m.n.m (Balt)
5.9.05 13:00	2,8	47,8	-	19,88	35,00	54,88	348,47
5.9.05 14:00	2	45,7	18,3	2,15	49,70	51,85	348,41
5.9.05 15:00	-	36,6	42,5	0	58,61	58,61	348,47
5.9.05 16:00	-	22,7	43,1	0	59,94	59,94	348,41
5.9.05 17:00	24,3	7,8	48,4	0,06	63,50	63,56	348,40
5.9.05 18:00	-	4,2	47,4	0	64,36	64,36	348,42
5.9.05 19:00	-	2,8	29,2	0,01	61,71	61,72	348,42
5.9.05 20:00	-	18,8	16,3	0	57,23	57,23	348,42
5.9.05 20:50	19,5	-	-	0	54,13	54,13	348,45
5.9.05 22:00	-	43,4	-	0	52,18	52,18	348,46
6.9.05 0:00	-	36,6	-	0	51,58	51,58	348,49
6.9.05 2:00	-	25,5	-	0	50,67	50,67	348,53
6.9.05 4:00	-	17,4	-	0	50,66	50,66	348,56
6.9.05 6:00	-	7,3	-	0	50,18	50,18	348,58
6.9.05 7:00	-	6,1	-	0	49,80	49,80	348,59
6.9.05 8:00	2	3,8	33,8	0	49,41	49,41	348,61
6.9.05 9:00	2	3,8	35,5	0	50,35	50,35	348,61
6.9.05 10:00	-	3,6	26,0	0	50,78	50,78	348,61
6.9.05 11:00	-	2,7	-	0	51,39	51,39	348,57
6.9.05 12:00	-	3,1	11,2	0	51,17	51,17	348,54
6.9.05 13:00	-	2,5	-	0	53,49	53,49	348,50
6.9.05 14:00	1,2	2,9	4,8	0	53,13	53,13	348,44
6.9.05 15:00	-	1,8	-	0	54,96	54,96	348,45
6.9.05 16:00	-	0,7	-	0	54,44	54,44	348,43
6.9.05 17:00	-	0,8	-	0	54,79	54,79	348,42
6.9.05 18:00	-	0,2	-	0	55,44	55,44	348,44

**Tabulka č. 6:** Vypouštění KN

KN	Doba vypouštění KN		Vypuštěný objem m <sup>3</sup>	Vypuštěná aktivita H-3 GBq	A <sub>v</sub> (H-3) kBq/l
	Od	do			
0TR80B02	4.9.05 10:42	4.9.05 16:40	56	93,3	1670
0TR80B01	4.9.05 23:36	5.9.05 2:50	56	109,4	1950
0TR80B02	5.9.05 9:40	5.9.05 13:53	56	70,4	1260
0UG01B002	5.9.05 16:55	5.9.05 22:05	24	0,0881	3,67
0RY50B01	5.9.05 20:30	5.9.05 23:27	30	0,00119	0,0398
0RY50B01	6.9.05 20:01	6.9.05 23:28	30	0,00178	0,0592

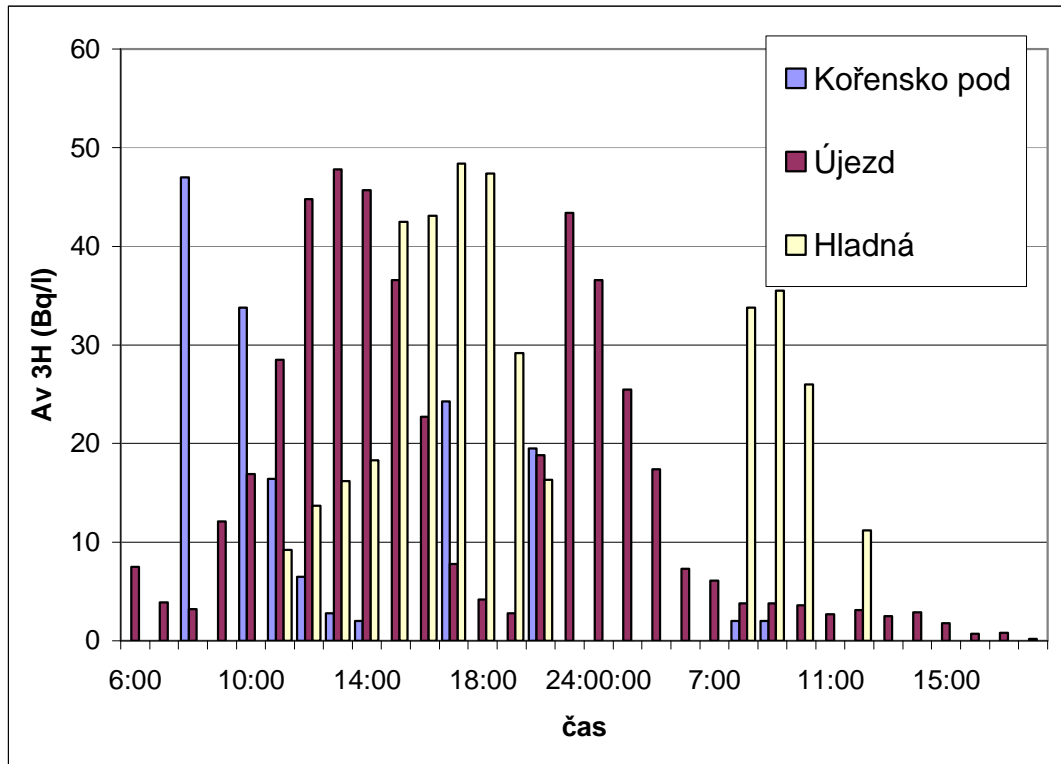
**Tabulka č. 7:** Doba vypouštění KN, průtok v řece v době píku na Újezdě a čas píků aktivity v řece

Čas vypouštění KN		Doba vyp. h	Průtok m <sup>3</sup> /s	Čas píku		
od	Do			Košensko	Újezd	Hladná
4.9.05 10:42	4.9.05 16:40	5:58	?	?	?	5.9.05 17:00
4.9.05 23:36	5.9.05 2:50	3:14	54,88	?	5.9.05 13:00	?
5.9.05 9:40	5.9.05 13:53	4:13	52,18	5.9.05 18:00	5.9.05 22:00	6.9.05 9:00

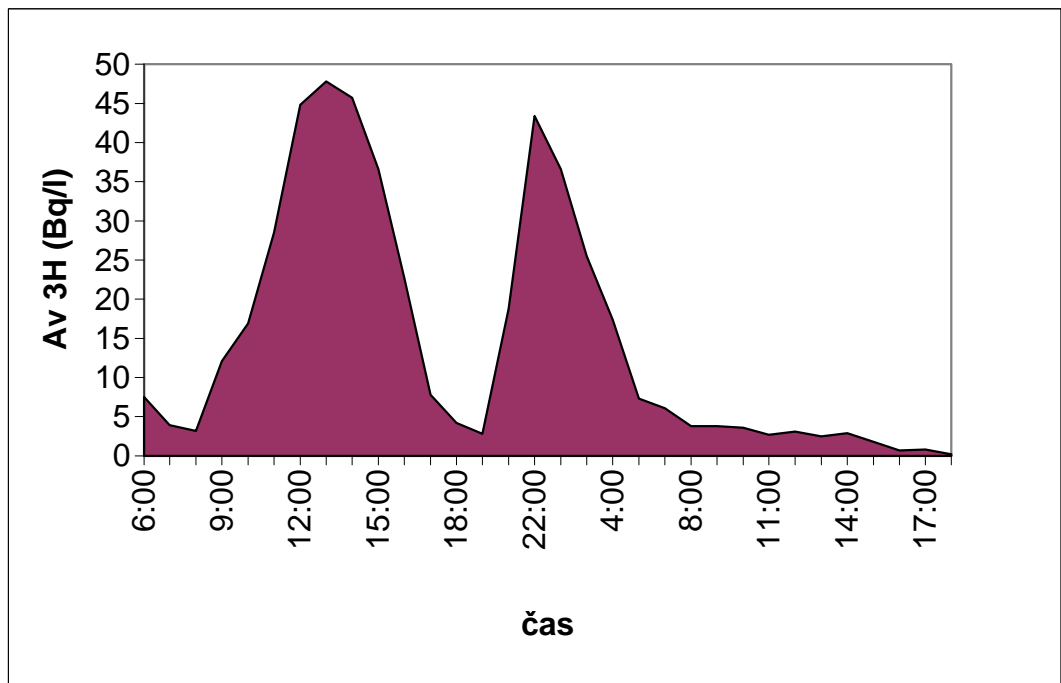
**Tabulka č. 8:** Měření příčného profilu – objemová aktivita H-3 (Bq/l)

Čas odběru vzorků	5.9.2005 15:00	5.9.2005 18:00
Újezd levý břeh	36,6	4,2
Újezd střed toku hladina	7,8	2,3
Újezd střed toku hloubka 2 m	8,2	2,8
Újezd pravý břeh	24,6	4,6

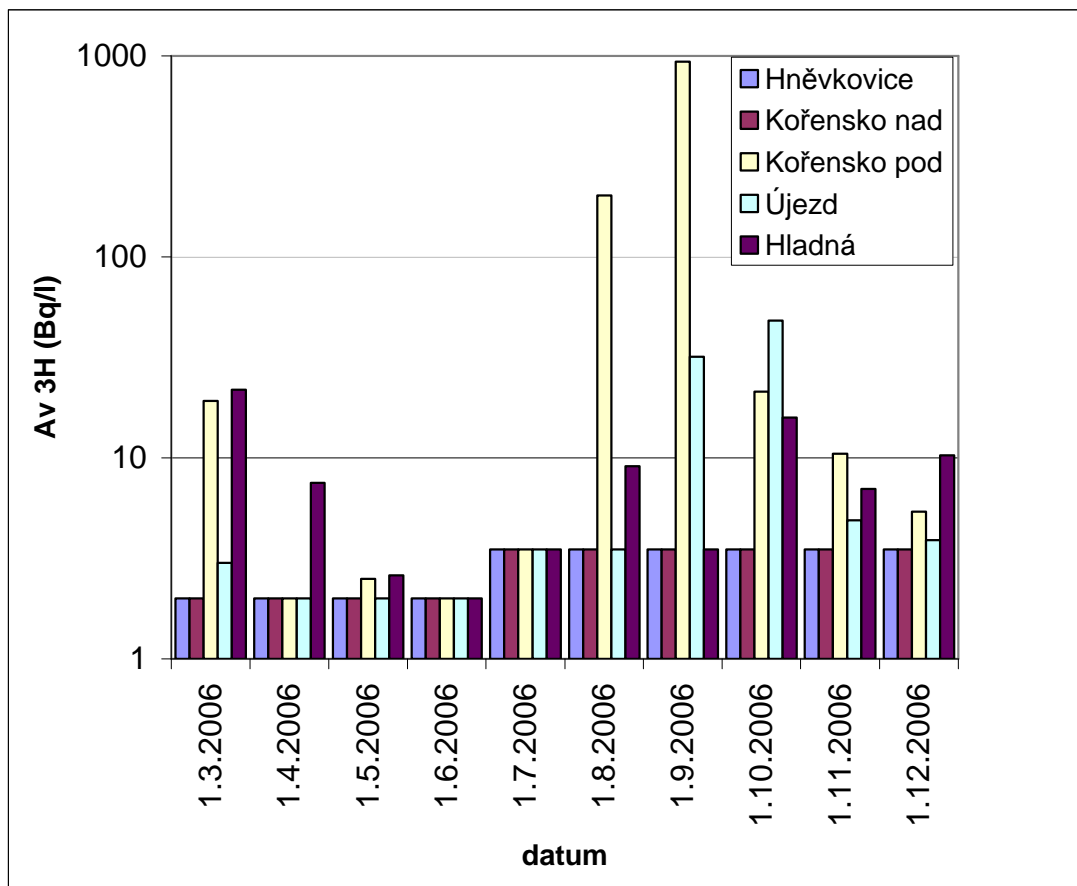
**Graf č. 6:** Časová závislost monitorování tritia, Kořensko r. 2005



**Graf č. 7:** Časová závislost tritia v profilu Újezd, r. 2005



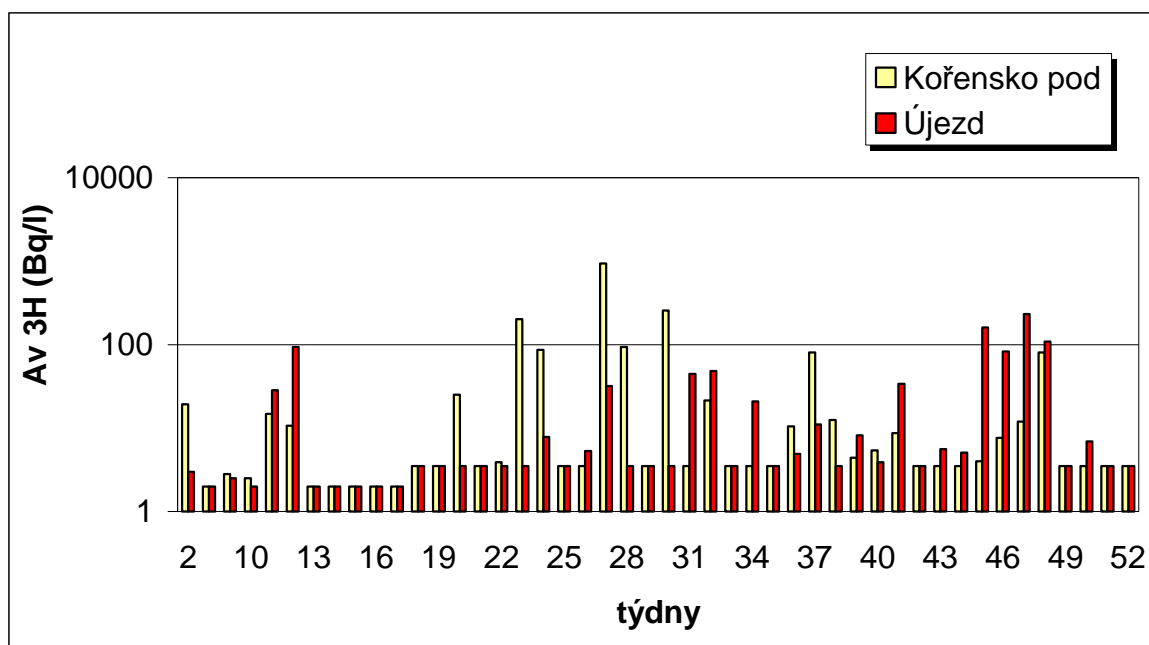
**Graf č. 8:** Výsledky monitorování tritia v roce 2006 [20]



Laboratoř radiační kontroly okolí (LRKO) ETE v Českých Budějovicích poskytla RC SÚJB České Budějovice data o vypouštění kontrolních nádrží v roce 2006, vypouštěných aktivitách a průtocích vodním dílem Kořensko.

Objemová aktivita tritia ve vzorcích vody z odběrových míst Hněvkovice, Kořensko nad hrází byla vždy pod mezí detekce (2 Bq/l při době měření 600 minut), čímž je potvrzeno neovlivnění toku Vltavy nad výpustí odpadních vod z JE Temelín. Na ostatních odběrových místech kolísá aktivita tritia v závislosti na výpustech z JE Temelín, na průtoku vody ve Vltavě, na době odběru bodového vzorku. Výsledky měření obsahu tritia ve vodách z lokalit Kořensko pod hrází, Újezd a Hladná jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafech [25].

**Graf č. 9:** Výsledky týdenního monitorování tritia v roce 2006 [20]



**Tabulka č. 9:** Průtoky ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) vodním dílem Kořensko, denní průměry z desetiminutových průtoků v den odběru a konkrétní průtok v časech odběru (MVE)

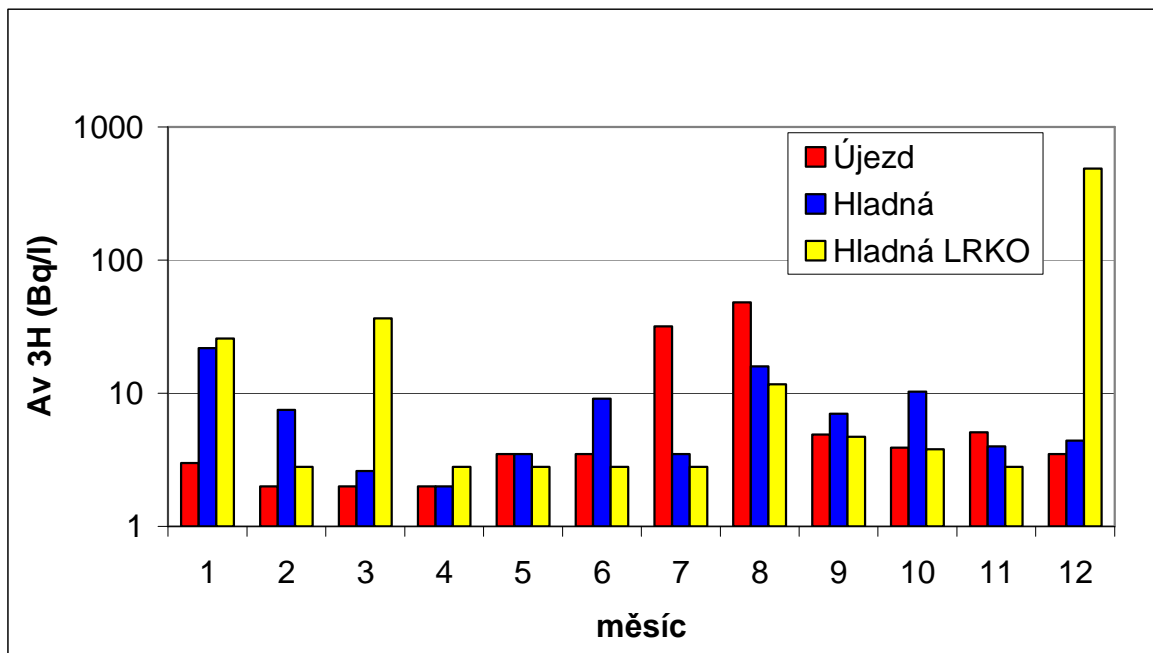
Datum	průměr ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	čas odběru	průtok celkem	průtok jez	průtok MVE
10.4.	238,59	16:00	226	226	0
18.4.	229,71	11:14	236,9	166,7	70,2
24.4.	162,57	13:54	163,5	93,8	69,7
3.5.	141,75	10:50	142,3	72,15	70,15
9.5.	84,58	10:48	36,9	3,7	33,2
16.5.	49,16	10:54	51,23	0,25	50,98
23.5.	48,35	14:13	58,87	0,27	58,6
29.5.	113,9	11:34	143,98	143,98	0
5.6.	108,44	10:50	85,19	15,31	69,88
13.6.	65,43	14:55	69,17	0,28	68,89
20.6.	43,62	8:35	41,2	0	41,2
27.6.	46,71	8:55	51,77	0	51,77
4.7.	199,68	13:56	201,57	201,57	0
10.7.	140,95	11:43	147,12	76,88	70,24
17.7.	78,57	12:05	67,3	0,09	67,21
23.7.	42,49	14:35	48,09	0	48,09
31.7.	82,74	9:42	91,65	68,4	23,25
7.8.	174,29	11:07	210,64	140,83	69,81
15.8.	93,24	7:52	78,99	8,93	70,06

**Pokračování tabulky č. 9: Průtoky (m<sup>3</sup>/s) vodním dílem Kořensko, denní průměry z desetiminutových průtoků v den odběru a konkrétní průtok v časech odběru (MVE)**

Datum	průměr (m <sup>3</sup> /s)	čas odběru	průtok celkem	průtok jez	průtok MVE
21.8.	67,67	17:53	76,49	6,43	70,06
29.8.	63,3	7:47	52,88	0,34	52,54
4.9.	54,46	10:35	40,68	0,08	40,6
11.9.	26,31	10:40	25,2	0	25,2
18.9.	25,87	10:00	24,8	24,8	0
25.9.	33,63	9:30	33,27	0	33,27
2.10.	37,87	11:35	39,92	0	39,92
9.10.	29,39	10:46	26,81	0	26,81
17.10.	39,73	14:03	44,43	9,55	34,88
24.10.	44,38	9:32	36,69	11,73	24,96
1.11.	34,42	9:26	34,48	0,24	34,24
6.11.	34,0	15:20	33,04	0	33,04
14.11.	30,14	10:28	29,46	0,19	29,27
21.11.	21,26	10:15	19,62	0	19,62
27.11.	22,23	12:00	24,2	0	24,2
4.12.	19,95	10:45	20,95	0	20,95
13.12.	21,62	15:45	25,19	0	25,19
19.12.	29,01	15:40	38,43	0	38,43
27.12.	17,69	10:10	17,51	0	17,51

Z dat uvedených v tabulce 10 je zřejmé, že denní průměry průtoků a konkrétní průtok v čase odběru bodového vzorku se příliš neliší, značné rozdíly jsou v průtocích jezem a MVE. Průtok MVE kolísá od 0 do 71,46 m<sup>3</sup>/s, roční průměr je 37,3 m<sup>3</sup>/s. Celkový průtok je také značně variabilní, nikdy však neklesl pod 9,5 m<sup>3</sup>/s, což je garantovaný průtok pro povolení vypouštění.

**Graf č. 10:** Výsledky měření obsahu tritia v měsíčních bodových vzorcích vody z lokalit Újezd (červená), Hladná (modrá) a Hladná LRKO (hnědá) v roce 2006

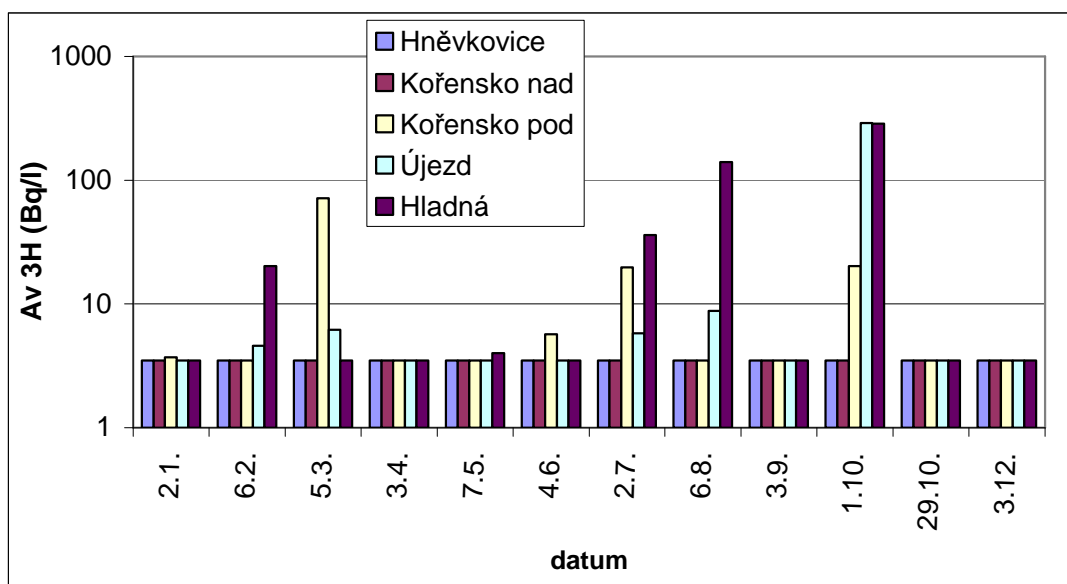


Odběry a měření bodových vzorků Hladná LRKO byly provedeny laboratoří radiační kontroly okolí JE Temelín, jedná se většinou o odběr v jiný den než vzorky odebírané RC SÚJB České Budějovice, proto jsou některé hodnoty v lokalitě Hladná a Hladná LRKO značně odlišné. Zajímavé jsou hodnoty za 7. a 8. měsíc v lokalitách Újezd a Hladná, kdy v Újezdě byly naměřeny hodnoty několikanásobně vyšší než na Hladné, což může být objasněno tím, že odběr byl uskutečněn v téměř totožných časech (rozdíl několika minut), zatímco aktivita od Újezdu do Hladné „doteče“ až po několika hodinách [25].

**Tabulka č. 10:** Tabulka očekávaných a měřených aktivit, r. 2006 [20]

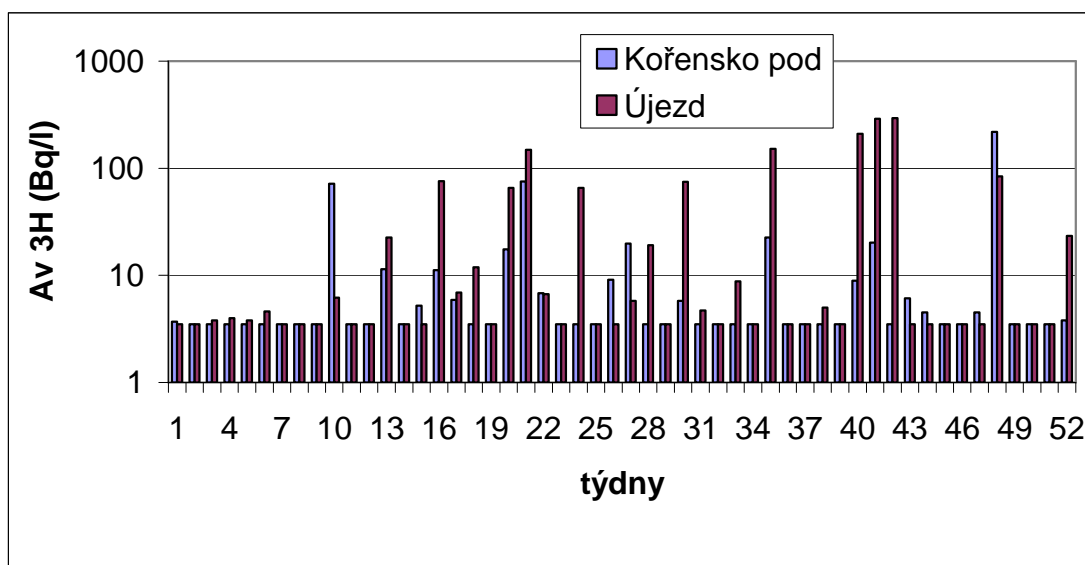
Datum odběru	Doba po ukončení vypouštění [h]	Očekávaná aktivita [Bq/l]	Kořensko pod hrází [Bq/l]	Újezd [Bq/l]	Hladná [Bq/l]
5.6.2006	24	49	202,1	3,5	9,1
	1,5	46,4			
13.6.2006	14	39,8	86,3	7,8	
	2	101,7			
4.7.2006	7	56,6	935,7	31,8	3,5
10.7.2006	18,5	62,3	93,3	3,5	
	18	5,2			
23.7.2006	13	131,4	255,5	3,5	
	12	56,3			
	5 do, 3 po začátku	122,1			
7.8.2006	19	62,5	21,4	48,2	15,9
	6,5	63,6			
8.11.2006	8	155	4	159,7	
14.11.2006	18	160,4	7,6	82,7	
	12	77,5			
21.11.2006	13	209,5	12	233,1	
	1	251,6			
27.11.2006	6,5 do, 20 po začátku	230	80,4	108,7	

**Graf č. 11:** Výsledky monitorování tritia v roce 2007 [21]





**Graf č. 12:** Výsledky monitorování tritia v roce 2007, týdenní [21]



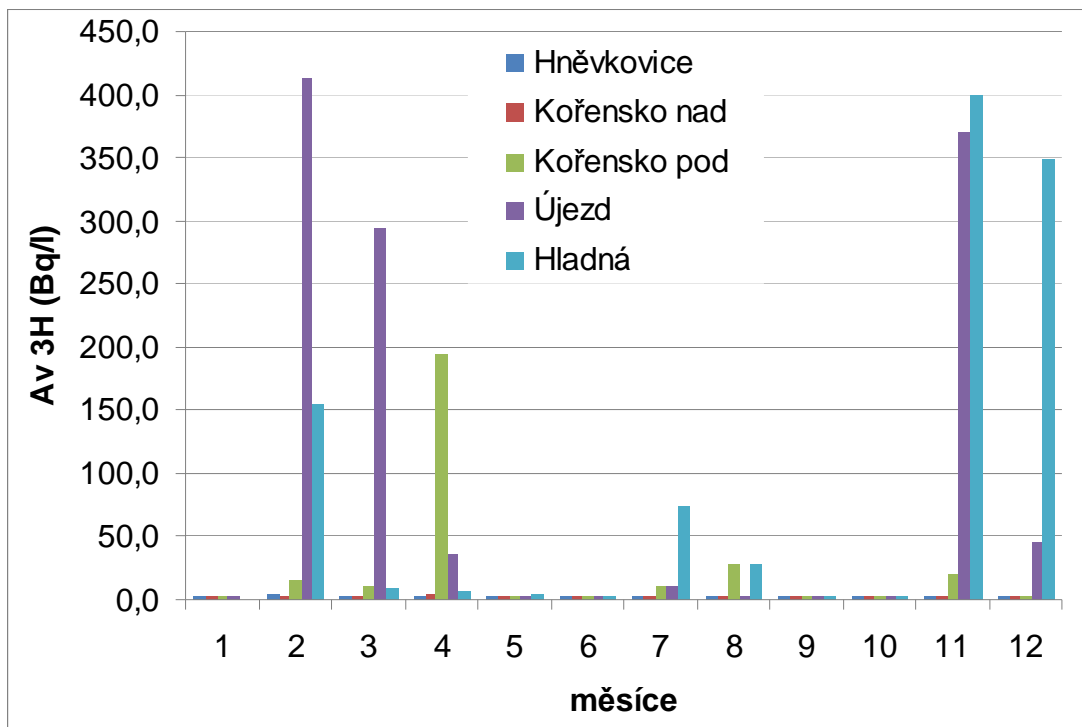
**Tabulka. č 11:** Tabulka očekávaných a měřených aktivit 2007 [21]

Datum odběru	Doba po ukončení vypouštění [h]	Aktivita v nádržích H 3 [Bq/l]	Očekávaná aktivita [Bq/l]	Kořensko pod hrází [Bq/l]	Újezd [Bq/l]	Hladná [Bq/l]
6.2.2007	36	2527350	91	3,5	4,6	20,2
5.3.2007	5	2649940	96	71,7	6,2	
26.3.2007	24	2725140	124	11,4	22,5	
	14	2697630	103			
	1	2797240	109			
10.4.2007	2	722286	78	5,2	3,5	
16.4.2007	26	1885310	166	11,2	75,8	
	12	1853650	162			
30.4.2007	15	1357340	360	3,5	11,9	
14.5.2007	10	1055830	149	17,5	65,7	
21.5.2007	21	4424530	581	75,4	148,7	
	18	1208740	327			
	5	4827720	682			
	2	1176620	344			
11.6.2007	37	898703	240	3,5	65,4	
	21	896102	235			
	10	136,5	0			
	4	1230690	323			
2.7.2007	36	1241450	327	19,8	5,8	36,0
	8	1180500	235			

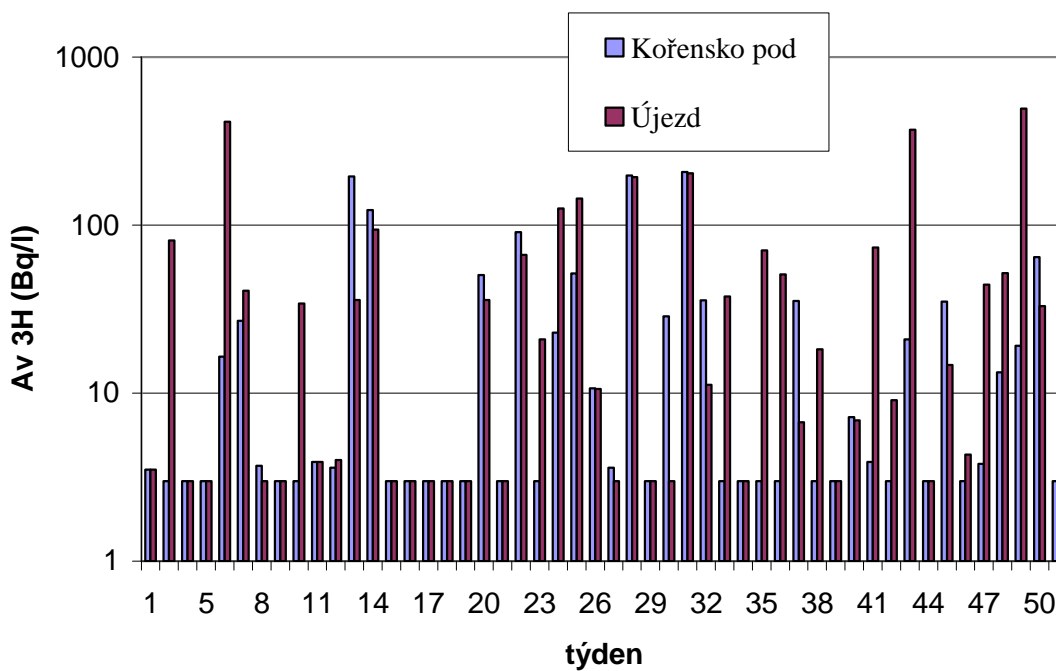
**Pokračování Tab. č 12:** Tabulka očekávaných a měřených aktivit 2007 [21]

<b>Datum odběru</b>	<b>Doba po ukončení vypouštění</b>	<b>Aktivita v nádržích H 3</b>	<b>Očekávaná aktivita</b>	<b>Kořensko pod hrází</b>	<b>Újezd</b>	<b>Hladná</b>
9.7.2007	27	1830110	296	3,5	19,1	
	8	1837530	300			
23.7.2007	28	2295170	476	5,8	74,8	140,1
	20	396777	79			
	14	2053480	429			
6.8.2007	32	1989020	266	3,5	8,8	
21.8.2007	25	2217410	398	22,6	151,8	
	22	357754	61			
	15	864	0			
	6	1448150	271			
	3	107	0			
10.9.2007	22	2125430	168	3,5	5,0	
24.9.2007	26	1982490	321	8,9	210,2	
	12	1844650	315			
1.10.2007	78	2007680	307	20,2	289,1	287,0
	29	164867	7			
10.10.2007	14	9555,3	1	3,5	293,6	
	6	1723,6	0			
	7	0	0			
	5	0	0			
22.10.2007	32	2462600	336	4,5	3,5	
19.11.2007	11	2912680	268	218,3	83,9	
	5	10410000	535			
17.12.2007	27	2671240	288	3,8	23,3	

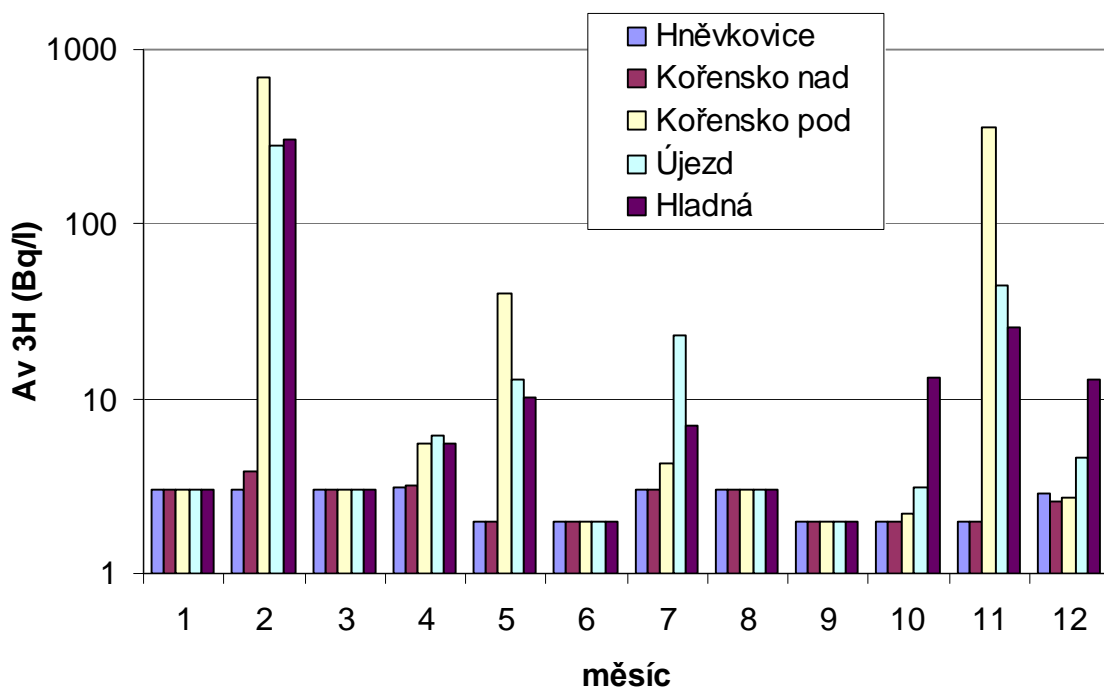
**Graf č. 13:** Výsledky monitorování tritia v roce 2008 [22]



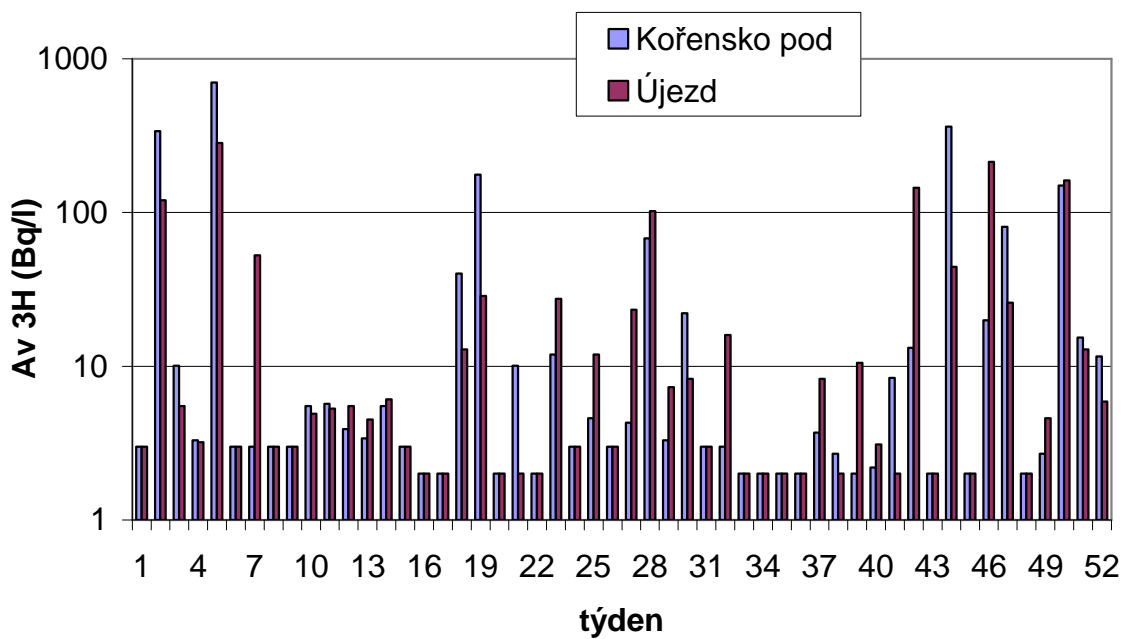
**Graf č. 14:** Výsledky monitorování tritia v roce 2008, týdenní [22]



**Graf č. 15:** Výsledky monitorování tritia v roce 2009 [23]



**Graf č. 16:** Výsledky monitorování tritia v roce 2009, týdenní [23]



Při výpočtech očekávaných objemových aktivit v monitorovacích bodech byla použita data získaná experimentem 5.-6.9. 2005. Bylo tedy předpokládáno, že doba dotoku odpadní vody v lokalitě Kořensko pod hrází je 5 hod od ukončení vypouštění nádrže, v lokalitě Újezd je 9-10 hod od ukončení vypouštění nádrže a v lokalitě Hladná 22-24 hod od ukončení vypouštění nádrže [20, 21].

#### 4.1.2 Měření $^{137}\text{Cs}$ v aerosolech

**Tabulka č. 12:** Výsledky měření objemové aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v aerosolech ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )  $10^{-6}$  [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

rok týden	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	4	2,29	4,86	<0,45	1,10	0,45	2,14	0,53	1,78	2,57
2	2,17	2,02	4,88	2,06	1,35	1,35	2,22	1,03	2,95	4,08
3	1,16	2,65	2,40	2,33	<0,41	1,64	3,56	1,62	2,07	3,66
4	1,66	2,10	1,47	1,32	2,82	0,59	2,23	1,19	2,48	1,90
5	1,31	<0,65	2,20	0,54	0,65	1,50	4,56	1,18	1,71	0,74
6	0,89	2,35	1,15	1,12	0,69	1,69	4,77	1,29	2,09	2,01
7	0,6	2,00	0,97	2,97	0,56	1,47	0,83	1,74	1,59	1,01
8	1,49	0,84	<0,40	0,72	1,00	1,10	1,43	2,14	1,38	0,84
9	0,68	1,34	1,12	2,83	1,43	1,58	1,28	0,92	0,68	1,84
10	0,72	1,25	1,97	1,59	1,42	1,91	0,81	1,73	1,95	0,90
11	0,37	0,70	2,41	1,06	0,60	1,05	1,26	1,43	0,92	0,85
12	1,36	<0,45	0,70	1,24	1,60	1,54	1,71	1,55	1,04	0,90
13	1,24	1,51	1,77	1,53	<0,44	1,93	1,04	1,85	1,46	<0,29
14	1,02	<0,43	3,33	<0,46	<0,44	1,99	<0,40	1,59	0,81	1,45
15	0,59	<0,40	0,64	1,27	0,71	0,74	1,59	1,78	0,94	1,60
16	1,43	0,52	1,17	2,18	0,96	1,17	1,25	0,71	1,05	1,17
17	3,32	1,30	<0,52	4,16	<0,49	0,69	0,88	1,63	0,99	2,95
18	3,72	1,03	1,11	7,88	<0,50	<0,46	0,82	1,79	0,65	2,40
19	1,92	2,83	1,25	9,87	<0,48	<0,42	9,04	6,46	2,91	3,43
20	0,41	2,73	0,69	3,04	<0,45	<0,41	4,38	1,04	1,13	1,46
21	0,41	1,80	1,17	<0,48	<0,52	<0,50	6,92	1,25	0,98	1,25
22	0,74	<0,27	<0,50	<0,20	0,59	1,93	1,76	0,43	1,35	0,97
23	1,05	<0,42	<0,47	<0,43	<0,47	<0,39	0,40	1,67	0,48	0,94
24	0,96	1,29	<0,46	<0,48	<0,47	<0,41	0,72	<0,39	0,86	0,33
25	0,58	<0,41	0,54	<0,45	<0,52	<0,44	1,27	1,23	0,56	0,86
26	0,55	<0,45	<0,46	<0,50	<0,42	<0,43	1,22	<0,37	0,73	0,27
27	0,7	<0,46	<0,48	<0,50	<0,49	<0,38	1,93	<0,39	1,04	0,90

**Pokračování tabulky č. 12: Výsledky měření objemové aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v aerosolech ( $\text{Bq/m}^3$ )  $10^{-6}$  [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]**

rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
týden										
28	0,56	<0,47	0,77	<0,51	<0,47	0,46	0,33	0,63	0,47	0,88
29	0,56	<0,43	<0,44	<0,48	<0,53	0,78	0,62	1,21	0,27	0,80
30	0,57	<0,47	<0,53	<0,47	<0,51	<0,38	0,52	1,40	1,39	1,11
31	0,89	<0,62	1,06	<0,53	<0,54	0,61	1,20	1,19	1,04	0,34
32	0,9	<0,44	0,81	0,76	<0,57	<0,41	<0,34	<0,39	<0,34	0,91
33	0,87	<0,37	2,27	<0,52	<0,50	<0,38	<0,36	1,00	0,99	0,95
34	0,47	<0,49	1,55	<0,54	<0,53	0,31	1,27	1,27	<0,36	<0,38
35	1,02	<0,42	0,82	0,70	<0,54	<0,34	<0,36	0,85	0,94	1,05
36	0,61	<0,41	<0,52	0,56	<0,68	0,99	<0,37	<0,37	0,93	<0,37
37	0,53	0,93	1,22	1,09	1,68	0,74	0,58	1,94	0,89	1,00
38	1,4	<0,44	0,58	1,46	<0,51	1,11	0,92	1,76	1,19	1,09
39	1,59	<0,43	0,51	0,68	<0,54	1,28	0,88	1,00	1,48	1,08
40	1,62	1,70	<0,46	<0,44	<0,50	0,81	1,45	1,66	1,23	<0,29
41	1,98	1,49	1,27	<0,45	1,08	1,69	0,75	2,30	1,25	0,63
42	1,8	1,37	0,65	<0,41	<0,58	0,83	1,21	1,01	1,40	0,77
43	1,65	1,74	0,68	1,71	<0,53	1,51	2,39	2,26	1,77	1,48
44	2,42	1,16	0,82	1,02	0,52	1,09	1,32	1,70	1,72	1,51
45	2,12	0,96	1,18	0,71	<0,49	1,75	0,74	<0,33	2,14	1,65
46	2,25	2,67	2,79	1,49	0,79	1,26	1,31	1,65	1,64	1,55
47	2,28	1,13	1,53	1,58	<0,42	1,04	1,98	2,25	0,79	2,12
48	3,08	1,81	0,88	1,16	1,43	2,24	2,38	1,47	2,27	1,11
49	2,47	1,60	2,61	0,92	1,61	1,59	1,88	0,97	1,95	1,84
50	1,37	2,03	2,19	0,88	<0,44	1,48	0,92	1,38	1,54	0,67
51	3,36	1,12	1,75	2,10	2,40	2,16	2,48	6,05	1,12	1,99
52	2,05	<0,35	1,31	3,45	1,54	1,53	1,07	3,27	0,93	1,77

#### **4.1.3 Měření Cs v pevných (kapalných) vzorcích životního prostředí**

Jako jedno z prvních způsobů monitorování pevných složek životního prostředí bylo v r. 1999 zahájeno měření spadů. Od r. 2000 následovalo měření vzorků zeleniny, ovoce, lesních plodů, lesních hub, brambor, obilí, krmiva a ve IV. čtvrtletí r. 2000 bylo započato s měřením mléka. Monitorování vzorků brambor bylo ukončeno v r. 2003 z důvodu zrušení zemědělského družstva Temelín se sídlem ve Všemyslících. Jiný producent uvádějící brambory na trh v okolí Temelína neexistuje. Monitorování zeleniny bylo prováděno pouze dva roky pro obdržení referenčních úrovní. Další odběry

by představovaly komplikace s drobnými dodavateli. Vzhledem k tomu, že neexistuje velký producent, není zelenina v okolí Temelína ani dodává na trh.

### Spady

**Tabulka č. 13:** Výsledky měření spadů plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v aerosolech ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	čtvrtletí	Lokalita					
		Hosty	Litoradlice	Chlumeč	Zálužice	Bílá Hůrka	Plástovice
1999	I	<0,271	<0,128	<0,231	-	<0,147	0,390
	II	<0,151	<0,238	<0,267	-	<0,231	0,400
	III	<0,143	<0,661	<0,133	-	<0,249	0,251
	IV	<0,156	<0,135	<0,281	-	<0,131	<0,157
2000	I	<0,150	<0,220	<0,290	<0,300	<0,280	<0,160
	II	<0,270	0,280	<0,280	<0,290	<0,280	0,300
	III	<0,291	0,310	<0,340	<0,160	<0,300	-
	IV	<0,160	<0,160	<0,270	<0,250	<0,270	<0,340
2001	I	<0,125	<0,089	<0,167	<0,135	<0,133	<0,138
	II	<0,226	0,564	<0,212	0,288	0,720	0,418
	III	0,121	<0,224	<0,149	<0,081	0,210	<0,128
	IV	<0,089	1,080	<0,100	0,078	0,100	<0,106
2002	I	<0,097	<0,101	<0,090	<0,110	<0,080	<0,080
	II	<0,070	0,272	<0,130	<0,130	<0,130	<0,120
	III	<0,120	<0,130	0,418	<0,140	<0,140	<0,130
	IV	<0,120	<0,110	<0,130	<0,120	<0,100	<0,130
2003	I	<0,077	<0,128	<0,090	<0,084	<0,120	<0,088
	II	0,717	0,802	0,961	1,602	1,170	1,113
	III	<0,113	0,131	<0,119	<0,128	0,210	<0,094
	IV	<0,088	<0,082	<0,108	<0,139	<0,088	<0,117
2004	I	<0,094	<0,087	<0,090	<0,096	<0,074	<0,073
	II	0,622	<0,092	<0,090	<0,103	<0,088	<0,088
	III	<0,077	<0,089	<0,078	<0,087	0,100	0,204
	IV	<0,083	<0,087	<0,066	<0,081	<0,071	<0,084
2005	I	<0,075	<0,103	<0,103	<0,077	<0,080	<0,096
	II	<0,116	<0,111	<0,085	<0,081	0,170	0,128
	III	0,145	<0,087	<0,077	<0,067	<0,105	0,279
	IV	<0,078	<0,073	<0,092	<0,079	<0,129	<0,093

**Pokračování tabulky č. 13:** Výsledky měření spadů plošná aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v aerosolech ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	čtvrtletí	Lokalita					
		Hosty	Litoradlice	Chlumeč	Zálužice	Bílá Hůrka	Plástovice
2006	I	0,047	<0,051	<0,045	<0,038	<0,089	<0,050
	II	0,431	0,575	0,453	0,550	0,639	0,349
	III	0,151	0,136	0,180	0,359	0,078	0,126
	IV	<0,056	<0,056	<0,051	<0,051	<0,052	<0,052
2007	I	<0,052	<0,053	<0,053	<0,035	0,113	<0,025
	II	<0,059	0,177	0,231	0,158	0,256	0,190
	III	0,526	0,097	0,091	<0,052	<0,093	0,192
	IV	0,149	<0,049	<0,052	0,185	<0,056	<0,041
2008	I	0,079	<0,032	<0,042	<0,033	0,084	<0,040
	II	0,183	0,058	0,151	0,064	0,134	0,112
	III	<0,044	<0,043	0,070	0,114	<0,044	0,136
	IV	0,055	0,141	0,074	<0,074	<0,053	<0,032
2009	I	0,113	<0,037	<0,037	<0,029	<0,043	-
	II	0,249	0,185	0,330	0,256	0,437	0,248
	III	<0,042	<0,041	<0,049	0,165	0,159	<0,045
	IV	<0,031	0,046	0,051	0,153	0,113	<0,037

#### Ovoce

**Tabulka č. 14:** Výsledky měření monitorování ovoce hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v ( $\text{Bq}/\text{kg}$ ) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	lokalita	vzorek	Aktivita $^{137}\text{Cs}$
2000	Temelín	jablka	<0,070
	České Budějovice	hrušky	<0,067
	Temelín	hrušky	< 0,068
	České Budějovice	švestky	< 0,050
	České Budějovice	třešně	< 0,110
2001	Újezd	jablka	0,270
	Temelín	jablka	< 0,095
	Temelín	hrušky	< 0,142
	Újezd	švestky	<0,052
	Újezd	švestky	0,173
	České Budějovice	rybíz červený	< 0,086
	České Budějovice	švestky	<0,071
	České Budějovice	višně	< 0,066



**Pokračování tabulky č. 14: Výsledky měření monitorování ovoce hmotnostní aktivita**

<sup>137</sup>Cs v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	lokalita	vzorek	Aktivita <sup>137</sup> Cs
2002	Újezd	jablka	< 0,084
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,099
	Temelín	jablka	< 0,105
	Hosty	hrušky	< 0,056
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,090
2003	Temelín	jablka	< 0,081
	Dříteň	jablka	< 0,080
	Podhájí	jablka	< 0,085
	Temelín	jablka Spartan	< 0,088
	Temelín	jablka Idared	< 0,065
	Podhájí	hrušky	< 0,094
	Podhájí	švestky	< 0,090
	Hosty	třešně	< 0,053
2004	Temelín	hrušky	< 0,091
	Temelín	jablka	< 0,057
	Újezd	jablka	< 0,088
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,104
	Temelín	švestky	< 0,106
	Temelín	jablka	< 0,085
	Všemyslice	jablka	< 0,104
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,108
	Újezd	hrušky	< 0,099
	Březí u Týna n.V.	třešně	< 0,045
2005	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,042
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,041
	Knín	jablka	< 0,070
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,092
	Temelín	jablka	< 0,067
	Březí u Týna n.V.	třešně	< 0,027
	Hosty	třešně	< 0,035
2006	Březí u Týna n.V.	švestky	< 0,041
	Újezd	švestky	0,010
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,047
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,075
	Březí u Týna n.V.	třešně	< 0,061
	Hladná	třešně	< 0,046
2007	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,040
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,032
	Březí u Týna n.V.	třešně	< 0,031
	Březí u Týna n.V.	rybíz	< 0,096

**Pokračování tabulky č. 14:** Výsledky měření monitorování ovoce hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	lokalita	vzorek	Aktivita $^{137}\text{Cs}$
2008	Újezd	hrušky	< 0,052
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,043
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,023
	Březí u Týna n.V.	třešně	< 0,094
	Březí u Týna n.V.	mák	< 0,052
	Březí u Týna n.V.	švestky	< 0,064
	Újezd	jablka	< 0,064
2009	Všemyslice	hrušky	< 0,057
	Březí u Týna n.V.	jablka	< 0,054
	Březí u Týna n.V.	hrušky	< 0,082
	Březí u Týna n.V.	švestky	< 0,066

#### Zelenina

**Tabulka č. 15:** Výsledky měření monitorování zeleniny hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15]

Rok	lokalita	vzorek	Aktivita $^{137}\text{Cs}$
2000	České Budějovice	zelí bílé	< 0,090
	České Budějovice	okurky salátové	< 0,078
	České Budějovice	mrkev karotka	< 0,045
2001	Újezd	mrkev	< 0,066
	České Budějovice	okurky	< 0,058
	České Budějovice	okurky	< 0,060
	České Budějovice	rajčata	< 0,092
	České Budějovice	paprika	< 0,075
	České Budějovice	cuketa	< 0,055
	České Budějovice	červená řepa	< 0,067

Lesní plody

**Tabulka č. 16:** Výsledky měření monitorování lesních plodů hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	lokalita	vzorek	Aktivita $^{137}\text{Cs}$
2000	Hlincova Hora	jeřáb černoplodý	< 0,170
2001	Újezd	ostružiny	< 0,096
	Újezd	šípky	< 0,128
2002	Újezd	šípky sušené (1:2,3)	< 0,130
	Březí u Týna n.V.	šípky sušené (1:1,9)	< 0,124
2003	Kočín	jeřabiny	< 0,096
2004	Hněvkovice	borůvky	1,510
	Temelín	bezinky	< 0,065
	Březí u Týna n.V.	šípky	< 0,092
2005	Hněvkovice	borůvky	14,354
	Březí u Týna n.V.	šípky	< 0,096
	Temelín	jeřabiny	< 0,107
2006	Hněvkovice	borůvky	8,245
	Bohunice	šípky	< 0,027
	Březí u Týna n.V.	bezinky	< 0,046
	Bohunice	jeřabiny	< 0,032
	Březí u Týna n.V.	ostružiny	< 0,115
	Bohunice	med	2,825
2007	Březí u Týna n.V.	šípky	< 0,044
	Újezd	ostružiny	< 0,050
	Hněvkovice	borůvky	6,85
	Březí u Týna n.V.	ostružiny	0,251
	Litoradlice	med	1,142
	Bohunice	med	5,322
2008	Březí u Týna n.V.	bezinky	< 0,073
	Hněvkovice	borůvky	5,089
	Litoradlice	šípky	< 0,066
2009	Všemyslice	jeřabiny	< 0,054
	Hněvkovice	borůvky	3,167
	Zbudov - Dívčice	šípky	< 0,036

Lesní houby

**Tabulka č. 17:** Výsledky měření monitorování lesních hub hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	Lokalita	Vzorek	Aktivita
2001	Horní Bolíkov	Hřib	25,40
	Horní Bolíkov	Křemenáč	20,14
	Borotín	Hřib	219,90
	Borotín	Václavka	23,46
2002	Březí u Týna n.V	Hřib žlutomasý	22,06
	Březí u Týna n.V	Klouzek	61,95
	Březí u Týna n.V	Suchohřib	201,10
	Březí u Týna n.V	Holubinky	37,79
2003	Všemyslice	Hřib sušený	1768
	Okolí ETE	směs	4,31
2004	Hněvkovice	směs	9,00
2005	Litoradlice	Směs	0,63
	Litoradlice	Hřibovité	25,41
	Litoradlice	Hřibovité	2,29
	Hněvkovice	směs	0,42
2006	Pořežany	Hřibovité	48,71
	Chrást'any	Hřibovité	96,92
	Koloděje nad L.	Hřibovité	30,72
	Hněvkovice	Lupenaté	1,27
	Hněvkovice	směs	0,53
2007	Újezd	Hřibovité	90,70
	Neznašov	Hřibovité	< 0,24
	Hněvkovice	Lupenaté	6,28
	Třtim	Směs	4,03
	Horní Kněžadly	směs	20,40
2008	Temelín	Lupenaté	0,15
	Hněvkovice	směs	26,20
2009	Hněvkovice	Směs	14,99
	Bílá Hůrka	Směs	4,69
	Třtim	Směs	3,59
	Dobšice	Hřibovité	4,13

### Brambory

**Tabulka č. 18:** Výsledky měření monitorování brambor hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17]

Lokalita	Všemyslice			
Rok	2000	2001	2002	2003
Aktivita	<0,12	0,25	<0,09	0,25

### Obilí

**Tabulka č. 19:** Výsledky měření monitorování obilí hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Lokalita	Všemyslice									
Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ječmen	<0,70	-	-	<0,10	<0,08	-	<0,07	-	<0,06	<0,07
Pšenice	<0,06	-	<0,05	<0,09	<0,07	-	<0,10	<0,06	<0,04	<0,09

### Krmivo

**Tabulka č. 20:** Výsledky měření monitorování krmiva hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/kg) [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Lokalita	Bohunice									
Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Siláž	-	-	0,16	0,67	-	0,35	0,08	<0,11	-	<0,07
Senáž	-	-	1,03	0,48	0,66	1,30	0,08	0,67	1,31	0,26

## Mléko

**Tabulka č. 21:** Výsledky měření monitorování mléka objemová aktivita  $^{137}\text{Cs}$  v (Bq/l)  
[14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	čtvrtletí	aktivita	rok	čtvrtletí	aktivita
2000	IV	< 0,040	2005	III	< 0,041
2001	I	< 0,040		IV	< 0,042
	II	< 0,043	2006	I	< 0,057
	III	< 0,042		II	< 0,048
	IV	< 0,046		III	< 0,058
		IV		< 0,048	
2002	I	< 0,038	2007	I	< 0,041
	II	< 0,065		II	< 0,041
	III	0,092		III	< 0,044
	IV	< 0,035		IV	< 0,035
2003	I	< 0,056	2008	I	0,047
	II	< 0,068		II	< 0,054
	III	0,092		III	0,102
	IV	< 0,063		IV	0,069
2004	I	< 0,060	2009	I	< 0,047
	II	< 0,071		II	< 0,051
	III	< 0,035		III	< 0,058
	IV	< 0,057		IV	< 0,046
2005	I	< 0,055			
	II	< 0,044			

### 4.1.4 Měření jódu na sorbetu

**Tabulka č. 22:** Výsledky měření monitorování  $^{131}\text{I}$  v plynné formě objemová aktivita v (Bq/m<sup>3</sup> 10<sup>-5</sup>) [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Měsíc									
1	< 0,36	18,70	9,60	< 0,76	< 0,49	< 0,68	< 0,31	4,79	< 0,72
2	< 0,73	< 0,69	11,64	< 0,72	< 0,48	19,74	14,11	< 0,64	< 0,51
3	< 0,67	12,57	10,84	< 0,56	13,73	28,64	2,56	< 0,60	< 0,42
4	< 0,53	8,03	6,92	7,46	24,65	< 0,56	3,53	< 0,44	< 0,36
5	22,21	8,61	< 0,68	< 0,53	< 0,73	6,39	4,24	< 0,40	< 0,43
6	< 0,70	40,44	16,08	4,40	< 0,63	12,23	< 0,26	10,15	< 0,44
7	< 0,53	10,66	< 0,68	< 0,68	5,64	7,43	< 0,58	< 0,42	< 0,53
8	22,72	< 0,24	14,26	< 0,39	< 0,32	< 0,59	< 0,55	< 0,53	< 0,59
9	16,75	7,07	18,40	4,46	11,37	4,30	< 0,43	5,92	< 0,78

**Pokračování tabulky č. 22:** Výsledky měření monitorování  $^{131}\text{I}$  v plynné formě objemová aktivita v ( $\text{Bq}/\text{m}^3 \cdot 10^{-5}$ ) [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Měsíc									
10	13,20	< 0,55	4,64	7,29	9,46	57,05	7,89	19,80	< 0,62
11	10,09	< 0,68	23,66	< 0,52	< 0,32	19,53	< 0,56	< 0,47	< 0,64
12	5,08	< 0,48	14,16	< 0,64	12,39	< 1,21	< 0,55	< 0,52	< 0,72

#### 4.1.5. Měření fotonového dávkového ekvivalentu

##### Kontinuální měření

**Tabulka č. 23:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  v roce 2000 [14]

Datum	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	Datum	$\mu\text{Sv}/\text{h}$	Datum	$\mu\text{Sv}/\text{h}$
1.1.2000	0,123	6.5.2000	0,136	9.9.2000	0,134
8.1.2000	0,125	13.5.2000	0,137	16.9.2000	0,134
15.1.2000	0,125	20.5.2000	0,136	23.9.2000	0,131
22.1.2000	0,124	27.5.2000	0,134	30.9.2000	0,132
29.1.2000	0,122	3.6.2000	0,133	7.10.2000	0,133
5.2.2000	0,129	10.6.2000	0,133	14.10.2000	0,132
12.2.2000	0,130	17.6.2000	0,133	21.10.2000	0,130
19.2.2000	0,130	24.6.2000	0,135	28.10.2000	0,130
26.2.2000	0,128	1.7.2000	0,134	4.11.2000	0,131
4.3.2000	0,130	8.7.2000	0,135	11.11.2000	0,131
11.3.2000	0,129	15.7.2000	0,131	18.11.2000	0,130
18.3.2000	0,129	22.7.2000	0,130	25.11.2000	0,132
25.3.2000	0,131	29.7.2000	0,132	2.12.2000	0,129
1.4.2000	0,132	5.8.2000	0,132	9.12.2000	0,131
8.4.2000	0,131	12.8.2000	0,128	16.12.2000	0,128
15.4.2000	0,134	19.8.2000	0,132	23.12.2000	0,129
22.4.2000	0,134	26.8.2000	0,133	30.12.2000	0,132
29.4.2000	0,135	2.9.2000	0,136		

**Tabulka č. 24:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2002 [16]

den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,118	0,127	0,128	0,131	0,135	0,130	0,129	0,133	0,140	0,125	0,124	0,124
2	0,118	0,127	0,128	0,128	0,137	0,131	0,133	0,127	0,123	0,125	0,127	0,127
3	0,118	0,129	0,127	0,129	0,136	0,132	0,133	0,126	0,124	0,127	0,127	0,129
4	0,121	0,129	0,127	0,130	0,137	0,133	0,129	0,130	0,125	0,132	0,125	0,128
5	0,123	0,129	0,130	0,131	0,147	0,134	0,125	0,125	0,127	0,124	0,123	0,127
6	0,125	0,132	0,130	0,130	0,134	0,136	0,130	0,135	0,125	0,129	0,122	0,127
7	0,119	0,133	0,128	0,131	0,132	0,143	0,126	0,151	0,126	0,125	0,125	0,124
8	0,118	0,126	0,127	0,130	0,132	0,130	0,127	0,125	0,127	0,125	0,125	0,124
9	0,117	0,128	0,129	0,131	0,132	0,128	0,128	0,125	0,128	0,125	0,126	0,123
10	0,119	0,128	0,128	0,134	0,137	0,129	0,133	0,127	0,129	0,128	0,125	0,123
11	0,123	0,128	0,129	0,132	0,134	0,125	0,126	0,136	0,126	0,131	0,126	0,123
12	0,122	0,128	0,130	0,135	0,131	0,126	0,128	0,145	0,126	0,141	0,123	0,123
13	0,119	0,131	0,131	0,136	0,131	0,126	0,132	0,127	0,127	0,127	0,125	0,124
14	0,117	0,126	0,131	0,134	0,132	0,127	0,128	0,122	0,129	0,125	0,127	0,124
15	0,116	0,126	0,130	0,131	0,130	0,129	0,127	0,123	0,128	0,124	0,128	0,126
16	0,117	0,127	0,130	0,132	0,131	0,137	0,130	0,124	0,127	0,126	0,128	0,123
17	0,118	0,129	0,132	0,132	0,133	0,125	0,131	0,124	0,127	0,128	0,125	0,124
18	0,120	0,129	0,132	0,131	0,134	0,126	0,125	0,125	0,127	0,129	0,128	0,123
19	0,119	0,128	0,132	0,131	0,133	0,127	0,124	0,126	0,129	0,124	0,130	0,121
20	0,118	0,129	0,129	0,132	0,132	0,128	0,125	0,126	0,133	0,123	0,123	0,123
21	0,123	0,129	0,127	0,129	0,132	0,130	0,127	0,127	0,126	0,125	0,125	0,126
22	0,126	0,128	0,127	0,129	0,133	0,126	0,125	0,127	0,128	0,127	0,133	0,127
23	0,126	0,130	0,127	0,130	0,134	0,129	0,126	0,128	0,129	0,125	0,126	0,127
24	0,129	0,127	0,125	0,129	0,133	0,134	0,128	0,129	0,130	0,124	0,125	0,124
25	0,126	0,128	0,125	0,130	0,133	0,124	0,125	0,130	0,126	0,126	0,126	0,123
26	0,127	0,128	0,125	0,131	0,135	0,126	0,124	0,129	0,126	0,125	0,127	0,125
27	0,128	0,128	0,125	0,133	0,134	0,128	0,125	0,132	0,125	0,124	0,127	0,125
28	0,126	0,128	0,126	0,133	0,130	0,129	0,126	0,126	0,124	0,124	0,125	0,129
29	0,126	-	0,127	0,133	0,128	0,127	0,127	0,126	0,124	0,124	0,131	0,126
30	0,127	-	0,128	0,133	0,128	0,128	0,128	0,127	0,124	0,126	0,124	0,125
31	0,128	-	0,129	-	0,129	-	0,129	0,128	-	0,124	-	0,126



**Tabulka č. 25:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2003 [17]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,125	0,123	0,125	0,127	0,131	0,134	-	0,137	-	-	0,134	0,135
2	0,127	0,123	0,126	0,130	0,131	0,135	0,137	0,131	0,138	0,141	0,135	0,133
3	0,126	0,125	0,125	0,126	0,132	0,135	0,130	0,131	0,139	0,138	0,131	0,133
4	0,127	0,127	0,125	0,125	0,129	0,135	0,131	0,131	0,138	0,141	0,130	0,133
5	0,122	0,126	0,123	0,127	0,131	0,139	0,131	0,132	0,137	0,139	0,129	0,133
6	0,122	0,125	0,124	0,126	0,132	0,133	0,132	0,133	0,138	0,153	0,133	0,134
7	0,122	0,124	0,124	0,125	0,132	0,130	0,132	0,134	0,140	0,133	0,132	0,135
8	0,122	0,124	0,124	0,125	0,133	0,132	-	0,135	0,140	0,136	0,132	0,134
9	0,122	0,123	0,124	0,127	0,134	0,133	0,133	0,135	0,142	0,133	0,132	0,137
10	0,120	0,123	0,124	0,128	0,132	0,130	0,135	0,136	0,141	0,133	0,133	0,137
11	0,116	0,122	0,124	0,127	0,130	0,132	0,133	0,135	0,139	0,130	0,133	0,134
12	0,117	0,123	0,125	0,128	0,128	0,130	0,134	0,135	0,139	0,131	0,133	0,136
13	0,116	0,123	0,123	0,128	0,131	0,135	0,135	0,136	0,138	0,133	0,134	0,133
14	0,115	0,123	0,124	0,127	0,126	0,130	0,135	0,136	0,143	0,135	0,136	0,132
15	0,117	0,123	0,122	0,127	0,125	0,129	0,135	0,137	0,134	0,135	0,138	0,132
16	0,119	0,121	0,123	0,128	0,125	0,130	0,135	0,138	0,136	0,134	0,135	0,133
17	0,119	0,121	0,124	0,128	0,128	0,130	0,136	0,138	0,136	0,134	0,137	0,130
18	0,121	0,122	0,123	0,129	0,128	0,134	0,136	0,139	0,136	0,135	0,134	0,130
19	0,122	0,122	0,125	0,130	0,132	0,126	0,135	0,142	0,137	0,136	0,132	0,134
20	0,121	0,121	0,124	0,131	0,130	0,128	0,135	0,134	0,137	0,138	0,132	0,135
21	0,122	0,121	0,124	0,132	0,128	0,128	0,135	0,134	0,138	0,140	0,133	0,132
22	0,124	0,121	0,124	0,132	0,129	0,129	0,135	0,136	0,139	0,140	0,136	0,134
23	0,120	0,121	0,125	0,132	0,130	0,132	0,135	0,135	0,140	0,135	0,137	0,134
24	0,122	0,122	0,125	0,131	0,131	0,129	0,138	0,136	0,143	0,134	0,137	0,134
25	0,121	0,123	0,127	0,131	0,133	0,129	0,141	0,137	0,134	0,136	0,137	0,137
26	0,123	0,124	0,128	0,135	0,132	0,130	0,133	0,137	0,135	0,134	0,137	0,139
27	0,123	0,124	0,128	0,131	0,131	0,131	0,133	0,138	0,137	0,134	0,140	0,135
28	0,124	0,124	0,129	0,131	0,132	0,132	0,134	0,139	0,138	0,135	0,139	0,136
29	0,125	-	0,129	0,131	0,133	0,133	0,133	0,137	0,141	0,136	0,144	0,137
30	0,126	-	0,129	0,132	0,133	0,133	0,132	0,141	0,140	0,135	0,143	0,134
31	0,125	-	0,126	-	0,134	-	0,132	0,137	-	0,134	-	0,139

**Tabulka č. 26:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2004 [18]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,124	0,128	0,122	0,132	0,136	0,133	0,134	0,135	0,134	0,133	0,132	0,134
2	0,125	0,131	0,121	0,131	0,134	0,143	0,132	0,133	0,135	0,134	0,132	0,136
3	0,125	0,128	0,119	0,132	0,131	0,135	0,132	0,134	0,135	0,133	0,131	0,135
4	0,126	0,128	0,121	0,131	0,133	0,129	0,132	0,133	0,136	0,134	0,132	0,133
5	0,126	0,128	0,122	0,133	0,134	0,131	0,133	0,134	0,137	0,135	0,133	0,134
6	0,125	0,129	0,123	0,133	0,142	0,128	0,135	0,134	0,136	0,135	0,132	0,131
7	0,120	0,131	0,123	0,134	0,133	0,127	0,132	0,135	0,137	0,136	0,134	0,131
8	0,120	0,134	0,124	0,132	0,132	0,128	0,133	0,137	0,137	0,138	0,133	0,132
9	0,122	0,134	0,124	0,132	0,131	0,129	0,134	0,138	0,137	0,137	0,143	0,131
10	0,118	-	0,122	0,134	0,131	0,130	0,134	0,136	0,138	0,133	0,128	0,133
11	0,119	0,132	0,122	0,135	0,131	0,129	0,133	0,136	0,140	0,132	0,132	0,135
12	0,124	0,132	0,124	0,131	0,129	0,128	0,132	0,144	0,143	0,133	0,134	0,134
13	0,128	0,131	0,128	0,131	0,130	0,129	0,131	0,134	0,134	0,132	0,134	0,135
14	0,131	0,131	0,130	0,130	0,130	0,127	0,129	0,135	0,135	0,134	0,131	0,135
15	0,132	0,132	0,129	0,131	0,131	0,128	0,130	0,134	0,137	0,135	0,132	0,136
16	0,133	0,132	0,129	0,133	0,130	0,129	0,128	0,135	0,134	0,141	0,131	0,136
17	0,134	0,133	0,129	0,135	0,129	0,130	0,129	0,136	0,134	0,133	0,130	0,136
18	0,134	0,133	0,131	0,135	0,128	0,130	0,129	0,136	0,136	0,133	0,132	0,135
19	0,133	0,133	0,131	0,142	0,129	0,134	0,131	0,137	0,138	0,133	0,134	0,135
20	0,135	0,133	0,131	0,133	0,129	0,135	0,137	0,137	0,135	0,134	0,128	0,135
21	0,134	0,133	0,133	0,129	0,134	0,128	0,128	0,136	0,136	0,132	0,129	0,138
22	0,132	0,137	0,133	0,130	0,130	0,129	0,130	0,134	0,136	0,132	0,130	0,135
23	0,135	0,136	0,137	0,135	0,131	0,130	0,129	0,134	0,142	0,133	0,131	0,133
24	0,137	0,126	0,142	0,133	0,128	0,129	0,131	0,135	0,132	0,132	0,131	0,132
25	0,137	0,127	0,124	0,132	0,130	0,131	0,130	0,134	0,133	0,135	0,133	0,135
26	0,133	0,128	0,122	0,129	0,130	0,131	0,132	0,135	0,132	0,137	0,135	0,140
27	0,134	0,128	0,124	0,130	0,130	0,133	0,131	0,134	0,131	0,137	0,133	0,136
28	0,133	0,127	0,124	0,130	0,132	0,130	0,132	0,135	0,132	0,136	0,132	0,134
29	0,132	0,127	0,127	0,132	0,132	0,131	0,132	0,137	0,132	0,137	0,132	0,132
30	0,130	-	0,130	0,132	0,131	0,131	0,132	0,138	0,131	0,138	0,134	0,132
31	0,130	-	0,131	-	0,132	-	0,133	0,135	-	0,143	-	0,131

**Tabulka č. 27:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2005 [19]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,131	0,129	0,129	0,131	0,129	0,129	0,131	0,131	0,130	0,128	0,135	0,131
2	0,132	0,125	0,120	0,132	0,130	0,130	0,132	0,128	0,131	0,130	0,133	0,132
3	0,131	0,124	0,122	0,133	0,130	0,130	0,129	0,130	0,131	0,137	0,133	0,133
4	0,130	0,122	0,121	0,132	0,134	0,131	0,129	0,129	0,135	0,130	0,133	0,131
5	0,130	0,124	0,121	0,132	0,131	0,135	0,130	0,129	0,128	0,128	0,134	0,135
6	0,130	0,126	0,123	0,133	0,132	0,129	0,139	0,130	0,130	0,128	0,132	0,134
7	0,131	0,126	0,120	0,133	0,131	0,131	0,128	0,131	0,130	0,129	0,130	0,131
8	0,131	0,125	0,118	0,134	0,131	0,129	0,131	0,133	0,131	0,129	0,131	0,132
9	0,131	0,125	0,117	0,140	0,131	0,128	0,135	0,129	0,132	0,130	0,131	0,132
10	0,131	0,125	0,117	0,135	0,130	0,130	0,131	0,129	0,133	0,131	0,132	0,130
11	0,131	0,124	0,115	0,129	0,130	0,131	0,132	0,130	0,134	0,131	0,132	0,132
12	0,132	0,125	0,117	0,130	0,129	0,134	0,127	0,130	0,132	0,130	0,134	0,133
13	0,131	0,130	0,118	0,130	0,129	0,132	0,126	0,131	0,137	0,131	0,133	0,133
14	0,131	0,133	0,116	0,131	0,130	0,130	0,127	0,132	0,134	0,133	0,133	0,131
15	0,131	0,134	0,117	0,132	0,131	0,132	0,127	0,132	0,125	0,132	0,135	0,132
16	0,133	0,134	0,120	0,132	0,130	0,129	0,128	0,136	0,128	0,133	0,136	0,134
17	0,135	0,128	0,123	0,134	0,130	0,127	0,132	0,139	0,131	0,134	0,133	0,133
18	0,136	0,124	0,127	0,135	0,131	0,127	0,127	0,128	0,131	0,133	0,133	0,131
19	0,135	0,122	0,127	0,135	0,134	0,128	0,131	0,128	0,128	0,133	0,133	0,130
20	0,131	0,123	0,133	0,131	0,127	0,131	0,127	0,128	0,129	0,134	0,131	0,129
21	0,131	0,125	0,130	0,137	0,128	0,131	0,127	0,131	0,130	0,136	0,127	0,128
22	0,132	0,125	0,131	0,130	0,129	0,132	0,128	0,134	0,130	0,136	0,128	0,127
23	0,131	0,124	0,132	0,130	0,131	0,133	0,130	0,138	0,130	0,135	0,128	0,131
24	0,132	0,122	0,132	0,131	0,134	0,131	0,129	0,130	0,131	0,134	0,131	0,130
25	0,133	0,121	0,131	0,131	0,127	0,132	0,129	0,127	0,132	0,130	0,133	0,132
26	0,134	0,120	0,132	0,134	0,128	0,136	0,129	0,128	0,133	0,130	0,135	0,134
27	0,133	0,120	0,131	0,130	0,129	0,131	0,127	0,127	0,133	0,130	0,133	0,134
28	0,132	0,120	0,133	0,129	0,130	0,129	0,128	0,128	0,138	0,132	0,131	0,135
29	0,132	-	0,133	0,128	0,132	0,131	0,130	0,130	0,130	0,133	0,132	0,129
30	0,132	-	0,132	0,129	0,132	0,133	0,132	0,129	0,135	0,132	0,131	0,129
31	0,130	-	0,132	-	0,137	-	0,135	0,130	-	0,134	-	0,128

**Tabulka č. 28:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2006 [20]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,129	0,117	0,121	0,130	0,130	0,130	0,128	0,134	0,129	-	0,136	0,135
2	0,130	0,118	0,121	0,129	0,129	0,128	0,127	0,131	0,131	-	0,136	0,137
3	0,117	0,119	0,122	0,129	0,128	0,129	0,128	0,138	0,130	-	0,138	0,137
4	0,108	0,114	0,124	0,130	0,129	0,129	0,128	0,132	0,128	-	0,136	0,136
5	0,109	0,114	0,115	0,133	0,130	0,128	0,130	0,134	0,129	-	0,135	0,133
6	0,110	0,114	0,112	0,130	0,132	0,128	0,131	0,143	0,131	-	0,132	0,136
7	0,110	0,114	0,112	0,130	0,133	0,128	0,133	0,139	0,134	-	0,134	0,134
8	0,111	0,110	0,113	0,131	0,134	0,129	0,130	0,128	0,133	-	0,136	0,136
9	0,113	0,112	0,113	0,131	0,134	0,129	0,131	0,129	0,133	-	0,134	0,142
10	0,115	0,112	0,114	0,133	0,133	0,130	0,126	0,131	0,134	0,138	0,132	0,133
11	0,118	0,110	0,117	0,131	0,134	0,130	0,127	0,131	0,134	0,139	0,135	0,133
12	0,116	0,110	0,118	0,129	0,134	0,130	0,132	0,132	0,135	0,140	0,136	0,133
13	0,112	0,110	0,116	0,130	0,135	0,130	0,126	0,131	0,135	0,140	0,133	0,132
14	0,112	0,112	0,115	0,131	0,135	0,131	0,127	0,132	0,136	0,138	0,132	0,132
15	0,113	0,112	0,114	0,129	0,133	0,132	0,126	0,130	0,136	0,139	0,132	0,136
16	0,115	0,113	0,114	0,130	0,133	0,132	0,128	0,132	0,136	0,139	0,137	0,136
17	0,118	0,114	0,115	0,129	0,132	0,134	0,129	0,131	0,136	0,140	0,137	0,134
18	0,120	0,115	0,114	0,129	0,135	0,134	0,129	0,132	0,136	0,143	0,138	0,134
19	0,113	0,116	0,115	0,129	0,130	0,133	0,130	0,133	0,137	0,134	0,137	0,133
20	0,111	0,119	0,116	0,129	0,133	0,133	0,131	0,130	0,136	0,146	0,138	0,133
21	0,112	0,120	0,119	0,130	0,132	0,134	0,132	0,130	0,137	0,146	0,137	0,132
22	0,114	0,120	0,122	0,132	0,132	0,134	0,132	0,132	0,137	0,141	0,138	0,135
23	0,115	0,121	0,120	0,132	0,133	0,132	0,135	0,128	0,137	0,145	0,134	0,133
24	0,117	0,121	0,122	0,130	0,133	0,134	0,130	0,130	0,137	0,140	0,134	0,135
25	0,117	0,124	0,125	0,131	0,133	0,135	0,133	0,131	0,137	0,138	0,135	0,137
26	0,116	0,122	0,127	0,133	0,134	0,134	0,133	0,130	0,139	0,140	0,136	0,136
27	0,116	0,121	0,128	0,133	0,130	0,139	0,133	0,132	0,138	0,139	0,133	0,140
28	0,117	0,122	0,132	0,131	0,129	0,130	0,135	0,129	0,142	0,138	0,134	0,140
29	0,118	-	0,119	0,130	0,130	0,142	0,137	0,130	-	0,137	0,134	0,134
30	0,115	-	0,129	0,130	0,130	0,139	0,134	0,129	-	0,135	0,133	0,135
31	0,116	-	0,129	-	0,129	-	0,135	0,128	-	0,137	-	0,131

**Tabulka č. 29:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2007 [21]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,133	0,130	0,132	0,132	0,141	0,133	0,137	0,136	0,133	0,132	0,132	0,131
2	0,133	0,131	0,133	0,132	0,140	0,134	0,138	0,139	0,133	0,133	0,133	0,133
3	0,131	0,131	0,134	0,135	0,140	0,137	0,138	0,135	0,135	0,132	0,132	0,135
4	0,132	0,132	0,132	0,135	0,140	0,132	0,134	0,136	0,131	0,132	0,133	0,133
5	0,131	0,134	0,132	0,134	0,141	0,135	0,132	0,138	0,133	0,131	0,132	0,131
6	0,131	0,135	0,131	0,134	0,142	0,133	0,132	0,139	0,158	0,132	0,133	0,131
7	0,132	0,135	0,133	0,135	0,131	0,134	0,132	0,140	0,129	0,133	0,132	0,132
8	0,132	0,135	0,133	0,135	0,133	0,135	0,133	0,140	0,130	0,133	0,132	0,134
9	0,131	0,134	0,130	0,136	0,131	0,136	0,140	0,152	0,130	0,134	0,133	0,136
10	0,130	0,135	0,133	0,135	0,129	0,138	0,132	0,136	0,132	0,133	0,134	0,135
11	0,131	0,134	0,131	0,135	0,131	0,137	0,132	0,137	0,131	0,133	0,134	0,135
12	0,131	0,132	0,131	0,135	0,132	0,138	0,130	0,133	0,129	0,133	0,132	0,142
13	0,131	0,131	0,131	0,136	0,133	0,138	0,130	0,133	0,129	0,133	0,132	0,130
14	0,132	0,130	0,132	0,136	0,134	0,133	0,130	0,132	0,131	0,134	0,136	0,131
15	0,133	0,133	0,132	0,137	0,135	0,137	0,132	0,132	0,130	0,135	0,133	0,132
16	0,136	0,130	0,133	0,137	0,132	0,134	0,134	0,136	0,132	0,136	0,132	0,131
17	0,132	0,132	0,133	0,137	0,134	0,134	0,135	0,132	0,132	0,136	0,133	0,131
18	0,132	0,133	0,134	0,138	0,130	0,135	0,136	0,132	0,136	0,133	0,134	0,132
19	0,133	0,135	0,136	0,137	0,131	0,135	0,142	0,138	0,131	0,133	0,133	0,134
20	0,130	0,133	0,138	0,137	0,132	0,136	0,136	0,134	0,131	0,132	0,132	0,134
21	0,132	0,135	0,132	0,138	0,132	0,136	0,134	0,132	0,133	0,134	0,134	0,134
22	0,133	0,134	0,133	0,139	0,136	0,137	0,133	0,133	0,135	0,131	0,135	0,134
23	0,135	0,134	0,136	0,137	0,131	0,136	0,135	0,134	-	0,147	0,136	0,136
24	0,134	0,136	0,138	0,139	0,133	0,134	0,135	0,130	-	0,138	0,139	0,136
25	0,129	0,135	0,132	0,138	0,135	0,139	0,134	0,131	-	0,135	0,133	0,133
26	0,126	0,134	0,131	0,137	0,135	0,134	0,136	0,132	-	0,132	0,132	0,134
27	0,124	0,133	0,131	0,138	0,138	0,133	0,136	0,132	-	0,132	0,128	0,132
28	0,123	0,133	0,132	0,139	0,140	0,133	0,136	0,132	0,135	0,133	0,130	0,133
29	0,127	-	0,133	0,140	0,136	0,134	0,137	0,135	0,132	0,135	0,131	0,133
30	0,129	-	0,133	0,139	0,131	0,135	0,134	0,133	0,131	-	0,130	0,133
31	0,130	-	0,133	-	0,132	-	0,135	0,133	-	0,132	-	0,129

**Tabulka č. 30:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2008 [22]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,139	0,134	0,134	0,133	0,131	0,137	0,131	0,136	0,139	0,134	0,139	0,135
2	0,129	0,133	0,132	0,132	0,130	0,130	0,133	0,136	0,136	0,135	0,136	0,134
3	0,130	0,133	0,133	0,132	0,129	0,138	0,144	0,133	0,137	0,136	0,133	0,134
4	0,131	0,134	0,132	0,132	0,129	0,129	0,131	0,133	0,138	0,135	0,136	0,135
5	0,132	0,133	0,132	0,133	0,130	0,129	0,132	0,133	0,138	0,134	0,136	0,136
6	0,133	0,131	0,131	0,135	0,130	0,131	0,134	0,135	0,139	0,133	0,138	0,135
7	0,128	0,130	0,133	0,137	0,128	0,131	0,137	0,137	0,138	0,134	0,138	0,133
8	0,125	0,131	0,135	0,131	0,130	0,131	0,130	0,136	0,135	0,136	0,141	0,132
9	0,128	0,132	0,134	0,133	0,130	0,130	0,130	0,136	0,136	0,134	0,133	0,135
10	0,127	0,133	0,135	0,133	0,131	0,130	0,131	0,137	0,138	0,135	0,133	0,136
11	0,132	0,132	0,134	0,134	0,132	0,136	0,132	0,137	0,137	0,136	0,133	0,138
12	0,133	0,132	0,133	0,133	0,133	0,129	0,136	0,138	0,137	0,137	0,135	0,137
13	0,131	0,131	0,131	0,133	0,133	0,130	0,132	0,136	0,138	0,135	0,138	0,135
14	0,131	0,133	0,132	0,132	0,134	0,130	0,130	0,137	0,140	0,137	0,133	0,135
15	0,133	0,130	0,131	0,133	0,135	0,131	0,128	0,150	0,145	0,133	0,132	0,134
16	0,134	0,131	0,134	0,132	0,134	0,132	0,130	0,137	0,134	0,136	0,134	0,134
17	0,133	0,132	0,134	0,133	0,136	0,132	0,133	0,130	0,133	0,132	0,132	0,142
18	0,131	0,132	0,132	0,135	0,146	0,130	0,130	0,131	0,134	0,134	0,135	0,136
19	0,130	0,132	0,133	0,135	0,135	0,130	0,131	0,132	0,134	0,135	0,132	0,133
20	0,130	0,134	0,133	0,133	0,133	0,131	0,132	0,132	0,133	0,133	0,134	0,132
21	0,131	0,132	0,135	0,135	0,129	0,131	0,131	0,132	0,135	0,134	0,136	0,130
22	0,133	0,131	0,136	0,135	0,129	0,133	0,132	0,140	0,135	0,138	0,133	0,129
23	0,130	0,131	0,136	0,131	0,129	0,134	0,130	0,133	0,134	0,134	0,133	0,130
24	0,131	0,132	0,136	0,129	0,130	0,135	0,132	0,133	0,140	0,135	0,134	0,131
25	0,131	0,133	0,135	0,130	0,130	0,132	0,131	0,132	0,133	0,135	0,133	0,133
26	0,131	0,133	0,134	0,130	0,130	0,133	0,132	0,132	0,131	0,136	0,131	0,132
27	0,132	0,132	0,133	0,131	0,132	0,132	0,131	0,134	0,133	0,136	0,131	0,132
28	0,130	0,132	0,133	0,133	0,131	0,133	0,132	0,134	0,134	0,143	0,135	0,133
29	0,130	0,134	0,132	0,139	0,131	0,134	0,133	0,135	0,134	0,143	0,136	0,133
30	0,133	-	0,132	0,130	0,133	0,133	0,132	0,135	0,134	0,136	0,138	0,133
31	0,132	-	0,133	-	0,135	-	0,135	0,137	-	0,136	-	0,133

**Tabulka č. 31:** Výsledky měření monitorování průměrných hodnot PFDE v  $\mu\text{Sv/h}$   
v roce 2009 [23]

Den	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	0,136	0,130	0,133	0,130	0,134	0,131	0,131	0,133	0,136	0,136	0,134	0,141
2	0,133	0,129	0,132	0,130	0,135	0,131	0,128	0,142	0,136	0,136	0,137	0,133
3	0,135	0,131	0,133	0,131	0,136	0,132	0,129	0,131	0,140	0,137	0,142	0,134
4	0,134	0,134	0,134	0,133	0,140	0,133	0,134	0,143	0,139	0,138	0,134	0,135
5	0,133	0,135	0,139	0,134	0,132	0,134	0,131	0,128	0,130	0,137	0,132	0,134
6	0,134	0,135	0,135	0,131	0,132	0,140	0,130	0,128	0,131	0,136	0,134	0,134
7	0,133	0,138	0,139	0,134	0,132	0,132	0,131	0,130	0,132	0,136	0,135	0,134
8	0,133	0,139	0,132	0,132	0,134	0,132	0,128	0,131	0,133	0,137	0,138	0,136
9	0,134	0,131	0,132	0,132	0,134	0,131	0,129	0,133	0,134	0,140	0,136	0,130
10	0,133	0,135	0,132	0,134	-	0,131	0,129	0,134	0,133	0,137	0,134	0,132
11	0,135	0,133	0,133	0,135	0,137	0,132	0,130	0,132	0,133	0,134	0,133	0,135
12	0,133	0,133	0,131	0,136	0,135	0,129	0,130	0,131	0,135	0,136	0,132	0,133
13	0,134	0,132	0,131	0,137	0,135	0,130	0,130	0,132	0,136	0,134	0,132	0,133
14	0,134	0,131	0,131	0,136	0,138	0,131	0,131	0,132	0,139	0,133	0,134	0,133
15	0,133	0,131	0,132	0,137	0,134	0,132	0,134	0,133	0,134	0,134	0,133	0,133
16	0,132	0,130	0,129	0,136	0,134	0,132	0,128	0,133	0,135	0,134	0,133	0,134
17	0,134	0,130	0,130	0,137	0,133	0,131	0,131	0,134	0,143	0,137	0,131	0,135
18	0,133	0,127	0,130	0,136	0,135	0,132	0,135	0,133	0,132	0,135	0,131	0,135
19	0,131	0,126	0,131	0,137	0,132	0,137	0,129	0,134	0,133	0,132	0,130	0,137
20	0,134	0,125	0,130	0,137	0,131	0,131	0,129	0,134	0,134	0,135	0,133	0,136
21	0,135	0,123	0,131	0,137	0,131	0,131	0,129	0,137	0,134	0,134	0,135	0,134
22	0,132	0,121	0,132	0,138	0,134	0,137	0,131	0,144	0,134	0,136	0,135	0,134
23	0,135	0,121	0,132	0,137	0,133	0,140	0,136	0,132	0,135	0,133	0,132	0,136
24	0,134	0,122	0,133	0,138	0,134	0,133	0,134	0,132	0,135	0,134	0,131	0,135
25	0,134	0,120	0,131	0,138	0,135	0,131	0,129	0,135	0,134	0,133	0,131	0,134
26	0,132	0,122	0,132	0,139	0,142	0,134	-	0,135	0,137	0,136	0,132	0,132
27	0,134	0,127	0,132	0,139	0,133	0,135	0,129	0,134	0,138	0,131	0,132	0,136
28	0,130	0,129	0,133	0,139	0,132	0,131	0,131	0,136	0,138	0,132	0,134	0,132
29	0,129	-	0,136	0,142	0,132	0,131	0,130	0,139	0,135	0,133	0,136	0,134
30	0,128	-	0,132	0,138	0,132	0,128	0,131	0,133	0,136	0,131	0,136	0,135
31	0,130	-	0,130	-	0,132	-	0,131	0,133	-	0,132	-	0,134

## Měření pomocí TLD

**Tabulka č. 32:** Výsledky měření monitorování průměrného PDE (nSv/hod) v okolí ETE měřené pomocí TLD v letech 2001 a 2002 [15, 16]

Lokalita	Čtvrtletí/rok							
	I/01	II/01	III/01	IV/01	I/02	II/02	III/02	IV/02
<b>Ševětín</b>	129	121	132	114	124	124	126	134
<b>Radonice</b>	122	95	123	106	123	112	126	110
<b>Litoradlice</b>	116	112	122	119	113	117	126	114
<b>Týn nad Vltavou</b>	133	127	134	125	132	121	142	122
<b>Protivín</b>	141	143	158	139	151	144	167	147
<b>Vodňany</b>	142	130	141	130	134	130	144	127
<b>Dívčice</b>	153	139	153	143	147	146	153	147
<b>Mydlovary</b>	-	135	145	134	138	139	140	119
<b>Zliv</b>	-	120	131	122	134	121	146	-

**Tabulka č. 33:** Výsledky měření monitorování průměrného PDE (nSv/hod) v okolí ETE měřené pomocí TLD v letech 2003 a 2004 [17, 18]

Lokalita	Čtvrtletí/rok							
	I/03	II/03	III/03	IV/03	I/04	II/04	III/04	IV/04
<b>Ševětín</b>	127	129	138	132	133	138	146	155
<b>Radonice</b>	124	113	151	115	129	123	152	119
<b>Litoradlice</b>	121	125	145	118	123	122	133	116
<b>Týn nad Vltavou</b>	133	120	147	132	139	140	152	132
<b>Protivín</b>	152	145	176	148	160	154	181	149
<b>Vodňany</b>	143	129	159	132	140	140	158	135
<b>Dívčice</b>	152	142	164	146	158	150	164	121
<b>Mydlovary</b>	149	125	143	130	139	138	153	131
<b>Zliv</b>	143	131	147	139	148	145	160	-



**Tabulka č. 34:** Výsledky měření monitorování průměrného PDE (nSv/hod) v okolí ETE měřené pomocí TLD v letech 2005 a 2006 [19, 20]

Lokalita	Čtvrtletí/rok							
	I/05	II/05	III/05	IV/05	I/06	II/06	III/06	IV/06
<b>Ševětín</b>	122	122	130	121	111	128	113	116
<b>Radonice</b>	120	112	124	110	106	118	114	108
<b>Litoradlice</b>	113	109	115	108	104	112	99	98
<b>Týn nad Vltavou</b>	125	120	127	115	117	116	117	109
<b>Protivín</b>	145	139	145	141	137	147	142	129
<b>Vodňany</b>	131	129	146	135	130	145	132	125
<b>Dívčice</b>	137	133	149	133	128	142	136	128
<b>Mydlovary</b>	139	140	147	142	133	145	136	138
<b>Zliv</b>	137	132	-	-	140	129	149	141

**Tabulka č. 35:** Výsledky měření monitorování průměrného PDE (nSv/hod) v okolí ETE měřené pomocí TLD v letech 2007 a 2008 [21, 22]

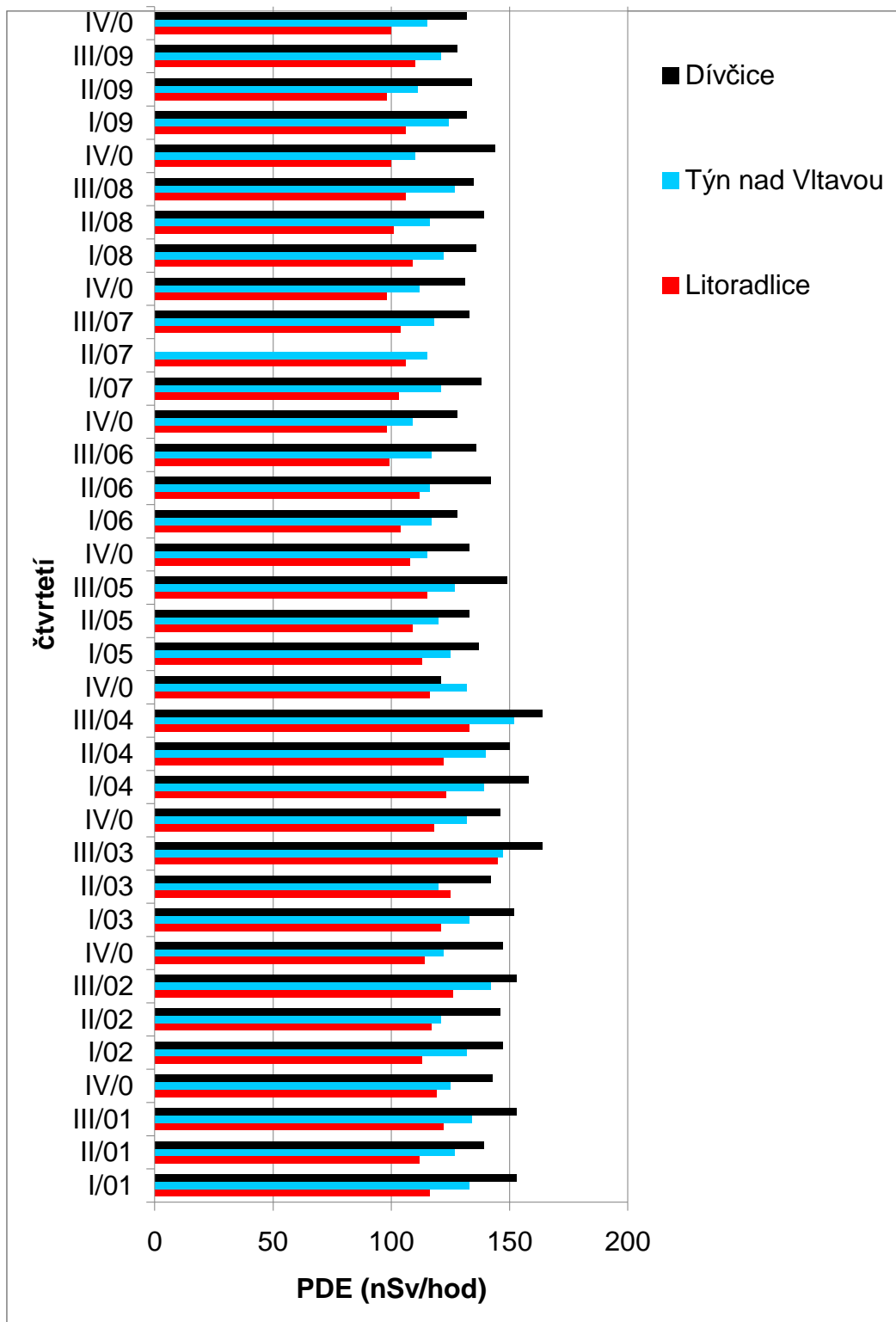
Lokalita	Čtvrtletí/rok							
	I/07	II/07	III/07	IV/07	I/08	II/08	III/08	IV/08
<b>Ševětín</b>	127	136	139	139	138	135	139	138
<b>Radonice</b>	113	119	117	108	110	114	115	107
<b>Litoradlice</b>	103	106	104	98	109	101	106	100
<b>Týn nad Vltavou</b>	121	115	118	112	122	116	127	110
<b>Protivín</b>	144	144	144	131	140	137	146	132
<b>Vodňany</b>	132	142	133	128	133	127	136	-
<b>Dívčice</b>	138	-	133	131	136	139	135	144
<b>Mydlovary</b>	133	131	123	121	122	125	128	-
<b>Zliv</b>	148	143	135	124	126	136	120	124

**Tabulka č. 36:** Výsledky měření monitorování průměrného PDE (nSv/hod) v okolí ETE měřené pomocí TLD v roce 2009 [23]

Lokalita	Čtvrtletí/rok			
	I/09	II/09	III/09	IV/09
<b>Ševětín</b>	135	137	136	138
<b>Radonice</b>	111	111	115	110
<b>Litoradlice</b>	106	98	110	100
<b>Týn nad Vltavou</b>	124	111	121	115
<b>Protivín</b>	149	135	149	133
<b>Vodňany</b>	134	-	136	137
<b>Dívčice</b>	132	134	128	132
<b>Mydlovary</b>	130	140	118	126
<b>Zliv</b>	123	120	-	-

- ztráta dozimetru

**Graf č. 17:** Časové závislosti PDE ve vybraných lokalitách



## **4.2 Návrh nezávislého monitorování při MÚ**

Jedním z cílů práce bylo navrhnout nezávislé monitorování ETE RC SÚJB České Budějovice za MÚ. Lze předpokládat, že mimořádná radiační situace vyžadující aktivaci celé radiační monitorovací sítě ČR vznikne ve dvou případech:

- a) Bude vyvolána mimořádnou událostí 3. stupně na některé ze dvou jaderných elektráren ČR (Dukovany, Temelín), tj. událostí, která bude vyžadovat opatření na ochranu obyvatel (§ 98, odst.1, písm a), b) vyhl. č. 307/2002Sb., ve znění vyhl. č.499/2006Sb.),
- b) bude vyvolána podobnou událostí jako v ad a), ale na jaderném zařízení mimo území ČR, avšak s vlivem na území ČR [11].

### **4.2.1 Organizace monitorování**

Monitorování zajišťují stálé složky monitorovací sítě, které pracují nepřetržitě, a pohotovostní složky monitorovací sítě, které se aktivují pouze při podezření na vznik nebo při vzniku radiační mimořádné situace.

Pohotovostní složky monitorovací sítě tvoří [49]

- a) mobilní skupiny (MS), které provádějí monitorování dávek, dávkových příkonů a aktivity radionuklidů v terénu, odběry vzorků životního prostředí a rozmístění a výměnu dozimetrů v sítích termoluminiscenčních dozimetrů.
- b) laboratorní skupiny, které zajišťují odběry vzorků z ŽP, provádějí spektrometrické analýzy vzorků ŽP s cílem stanovit v nich aktivitu radionuklidů.
- c) Měřící místa kontaminace vody pro stanovení aktivity radionuklidů ve vodě a ryb.
- d) Měřící místa kontaminace potravin pro stanovení aktivity radionuklidů v článcích potravního řetězce

- e) Měřicí místa na uzávěrách, pro získávání údajů dávkových příkonech a radionuklidové kontaminaci osob, dopravních prostředků, předmětů a materiálů na hranicích uzavřených oblastí a v okolí místa radiální havárie.

Úřad řídí činnost jednotlivých složek monitorovací sítě, koordinuje zpracování metod, zajišťuje přenos dat a funkci informačního systému prostřednictvím krizového koordinačního centra (KKC).

#### 4.2.2 Fáze monitorování při MÚ

Monitorování při MÚ lze rozdělit do dvou fází.

V první fázi, která zahrnuje období před únikem radionuklidů do ŽP (hodiny až dny), období, kdy radionuklidy unikají do ŽP a období těsně po ukončení úniku. Používají se především jednodušší metody monitorování, zejména měření dávkových příkonů a dávek.

Ve druhé fázi, která zahrnuje období po ukončení úniku se používají náročnější a citlivé metody zaměřené na stanovení aktivit radionuklidů ve složkách ŽP.

**Tabulka č. 37:** Přehled konkrétních činností MS při MÚ

činnost	doporučené přístrojové vybavení
<b>pojezdové měření PFDE</b>	sestava pro pojezdové měření (GPS, GR130 (135), notebook, propojovací kabely),
<b>rozmístění a svoz TLD</b> výměna TLD v monitorovacích bodech sítě TLD	TLD GPS, GR130 (135), sestava pro pojezdové měření
<b>měření dávky, dávkového příkonu</b> měření dávkového příkonu v jednotlivých monit. bodech, průzkumu šíření úniku spadu	GPS, GR130 (135), RP114
<b>měření aktivity radionuklidů</b> základní měření s GR130 (135)	GPS, GR130 (135), spektrometrie in-situ
<b>odběr vzorků složek ŽP</b> vzorky pro laboratorní analýzu ( $\alpha, \beta, \gamma$ )	GPS, GR130 (135) odběrové sady
měření kontaminace osob po ukončení činnosti	přístroj na měření plošné kontaminace
měření kontaminace vozidel po ukončení činnosti	přístroj na měření plošné kontaminace

#### **4.2.3 Kontinuální měření PFDE a předávání dat při MÚ**

Měřicí místo (SVZ) přechází za níže uvedených okolností do havarijního režimu:

- automaticky pomocí programové aplikace při překročení nastavené úrovně a ověření pomocí kontrolního zdroje
- automaticky pomocí programové aplikace po obdržení příslušné adresné zprávy
- ručně nastavením režimu programové aplikace operátorem na pokyn centrálního pracoviště (CP) v Praze.

Data se předávají 1x za hodinu, obvykle co nejdříve po ukončení každé celé hodiny (stejně jako v normálním režimu) a navíc se data předávají i v půlhodině, obvykle co nejdříve po jejím ukončení, event. po každém měření.

Naměřené hodnoty jsou předávány na CP tak, jak jsou získávány (tj. nejsou zpracovávány). Zpracování hodnot a jejich využití pro posuzování radiační situace na území ČR probíhá na CP [43].

#### **4.2.4 Souslednost odběru vzorků**

V prvních dnech po vzniku mimořádné události (MÚ) bude nutno provést analýzy aerosolů a plynných forem jodu, vzácných plynů a vzorků aerosolů pro stanovení velikostní distribuce aerosolu, spadů a povrchových a pitných vod, dále sledování vývoje příkonu PFDE kontinuálně. V době průchodu kontaminované vzdušiny budou realizovány odběry mnohých vzorků v řádově hodinových intervalech. Další typy vzorků závisí na době, kdy MÚ nastane. Nejkritičtější bude v období sklizně, kdy může dojít k vysoké povrchové kontaminaci plodin. Po průchodu mraku (řádově dny) je možno očekávat možnou povrchovou kontaminací už i většího množství potravin a krmiv, mléka, jehož kontaminace je způsobena ingescí (spasením kontaminované trávy) a inhalací; později i masa chovných zvířat a produktů z něj. Samozřejmě bude nutno, pokud budou vydána omezení distribuce, provádět i kontrolu trhu. Po depozici většiny aerosolů na půdní povrchy lze očekávat i rozsáhlý průzkum

kontaminace půd. Komodity, k jejichž kontaminaci dochází kořenovým systémem, není nutno v první fázi MÚ uvažovat [28].

#### **4.2.5 Příprava vzorků a geometrie měření**

Za MÚ by příjem, evidence a příprava vzorků neprobíhaly klasickým způsobem, tj. nebyly by prováděny pouze na 1 místě se zápisem údajů do „Knihy příjmu vzorků“, ale vše by probíhalo na více místech paralelně (podle požadavků KKC na počty vzorků); kniha by byla nahrazena „Havarijními“ průvodkami vzorků. Na přípravu 1 vzorku včetně vyplnění průvodky vzorku je nutno předpokládat přibližně 10 až 15 minut. Je na ni nutno vyčlenit takový počet osob, aby nebyla omezujícím faktorem kapacita.

Důležitá je také volba měřících nádob pro objemné vzorky. Geometrie měření musí být společná pro co největší počet vzorků a vzorky musí být co nejjednodušeji upravitelné do geometrie měření. Jako nejvhodnější se jeví válcová nádoba tzv. „masťovka“ s objemem vzorku 200 ml (celkový objem nádoby je 260 ml). Její plnění je poměrně jednoduché, objem 200 ml dosahuje výšky 2,5 cm pod okraj, takže i v případě plnění kapalinami nehrozí přelítí, víčko poměrně dobře těsní, masťovka je průhledná a je vyrobena z materiálu, který je dostatečně chemicky odolný. SÚRO vlastní formu na výrobu nádobek. Objem vzorku pro měření je variabilní po 200 ml až do objemu 1,2 litru resp. pro některé detektory až do 1,4 litru, neboť geometrie měření vedle detektoru umožňuje umístění 1 až 6 resp. 7 nádobek kolem detektoru [28].

Pro měření je možno využít i geometrii jedné masťovky v poloze na detektoru, kde je účinnost v absolutní hodnotě zhruba 2x vyšší než v geometrii masťovky vedle detektoru. Pokud je však k měření možno použít objem vzorku 400 ml (2 masťovky) a více, je pro energie vyšší než cca 100 keV výhodnější geometrie vedle detektoru. Pouze pro energie nižší než 100 keV je výhodnější geometrie „masťovky na detektoru“ a to zvláště jedná-li se o detektor s beryliovým nebo uhlíkovým oknem. Za MÚ lze předpokládat, že většina vzorků bude mít objem vyšší než uvedených 400 ml, takže z hlediska prevence omylů je lépe měřit všechny vzorky v geometrii vedle detektoru.

Také z hlediska lepší reprezentativnosti je vhodnější použít k měření větší objem vzorku [28].

Pro měření aerosolových filtrů se jeví jako nejvýhodnější geometrie složeného filtru v poloze kolem detektoru (filtr bez jakékoliv další úpravy včetně stříhání). Pro měření filtru menšího rozměru z odběrového zařízení Hunter je možno použít i geometrii skládaného filtru na detektoru. Ta je vhodnější než geometrie kolem detektoru hlavně v případě stanovení nuklidů s energiemi fotonů nižších než 100 keV stejně, jak tomu je v případě masťovky [28].

Protože mohou být zpracovávány vzorky s aktivitami v rozpětí mnoha řádů, je nutno dbát zvýšené opatrnosti při manipulaci se vzorky, aby nedošlo ke kontaminaci pracovníků či přenesení kontaminace z aktivnějších vzorků na méně aktivní opakovaným používáním měřících nádob, kontaminací pracovních míst, pomůcek, rukou a pod. Přicházející vzorky by měly být orientačně proměřeny měřičem dávkového příkonu a rozpoznány tak vzorky s aktivitami převyšujícími zvolenou mez. Pokud vzorků s vysokými aktivitami bude velké množství je třeba zvážit i riziko ozáření pracovníků (vnější ozáření, inhalace aerosolu) a případně přijmout opatření ke snížení dávky (shromažďování aktivních vzorků na osobám vzdálenějších místech pracoviště, stínění vzorků a pod) [28].

#### ***4.2.6 Personální dispozice laboratoře SÚJB RC Č. Budějovice***

Optimální provoz SÚJB RC České Budějovice za mimořádné radiační situace musí být nedílně spojen s personálními dispozicemi laboratorní a mobilní skupiny.

V případě události ad 4.2 a) bude rozhodujícím úkolem celé radiační monitorovací sítě ČR řízené SÚJB provést rychlé monitorování v zasažené části území republiky (především v tzv. zóně havarijního plánování v okolí jaderné elektrárny) za účelem doporučení neodkladných ochranných opatření (§ 5 odst. 3, písm. d) vyhl. č. 319/2002 Sb., ve znění vyhl. č. 27/2006 Sb.), zejména evakuace obyvatel, pokud ji situace bude vyžadovat. V této fázi, trvající cca 48 hodin po vzniku události, se budou



především angažovat mobilní skupiny. Výrazné vytížení laboratorních skupin nastane až v další fázi, kdy bude třeba navrhnout následná ochranná opatření, především regulaci požívání kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání kontaminovaných krmiv (§ 5 odst. 3, písm. d) vyhl. č. 319/2002 Sb., ve znění vyhl. č. 27/2006 Sb). tato opatření budou vyžadovat podrobné znalosti o obsahu radioaktivních látek ve složkách životního prostředí. Mobilní skupiny budou v této fázi zajišťovat sběr a svoz vzorků ke zpracování a vyhodnocení laboratorními skupinami.

V případě události ad 4.2 b) přicházejí reálně v úvahu pouze následná ochranná opatření se značnou angažovaností laboratorních skupin při stanovování obsahu radionuklidů v potravinách a krmivech. Mobilní skupiny budou, obdobně jako ve druhé fázi události ad a) zajišťovat sběr a svoz vzorků ke zpracování a vyhodnocení laboratorními skupinami.

Personální složení RC SÚJB v Č. Budějovicích při MÚ vyžaduje v jedné směně celkem 10 osob (dvě osoby v mobilní skupině a 8 osob v laboratorní skupině) , z nichž jedna osoba je zkušeným expertem v oboru spektrometrie gama, min. 1 osoba expertem pro nezávislou práci v mobilní skupině a zbylé osoby jsou zaučené pro výkon jednotlivých kroků procesu. Provoz na RC je třeba zajistit nepřetržitý a tudíž ve směnách. Délka směny pak určuje celkový počet osob nutný k dispozici, tj. 4 experty + 16 ostatních pracovníků.

RC České Budějovice má k dispozici pouze 8 osob, které splňují výše uvedené požadavky. Není v jeho možnostech obsadit ani jednu pracovní směnu vlastními silami. Počet pracovníků, kteří přicházejí v úvahu z ostatních RC SÚJB je rovněž omezen. Z tohoto důvodu je nereálné uvažovat o plném obsazení třech osmihodinových směn a jediným schůdným řešením je volit dvě dvanáctihodinové směny. Je počítáno se střídáním pracovníků na nejexponovanějších místech a lze předpokládat, že dvanáctihodinová směna by byla fyzicky únosná pro všechny pracovníky zúčastněné na procesu.

Resort SÚJB dále disponuje celkem 18 mobilními skupinami (2 mobilní skupiny po dvou osobách v každém z 8 RC a 2 v SÚRO) a celkem 4 laboratorními skupinami

(SÚRO H. Králové, SÚRO Ostrava, SÚRO Praha a RC SÚJB Č. Budějovice). V určitých fázích MÚ musí být upřednostněna činnost laboratorní skupiny z důvodu větších požadavků na odbornost a znalost místní laboratorní techniky a metod, přičemž úkoly pro mobilní skupinu mohou být zajištěny podporou mobilních skupin z ostatních RC SÚJB i z jiných resortů (celní správa, IZS, popř. dobrovolníci).

#### ***4.2.7 Monitorování ve druhé fázi MÚ***

Jak již bylo v kap. 4.2.2 uvedeno, druhá fáze monitorování zahrnuje období po ukončení úniku a stanovení aktivit radionuklidů ve složkách ŽP. V poúnikové fázi je nutné stanovit území spadů měřením dávkového příkonu a monitorovat dávkový příkon v místě výskytu obyvatel a domácích zvířat v případě, že nebyli evakuováni. Pokud obyvatelé zůstanou v místě zvýšeného PFDE, zaměřit se cíleně na monitorování složek životního prostředí, jejichž kontaminace je potenciálně ohrožuje. Podle výsledků monitorování KKC rozhodne o dalším sledování či periodě, která postupně může přejít do režimu monitorování za normální situace. Nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin při MÚ a směrné hodnoty zásahových úrovní dávek pro neodkladná a následná opatření se řídí vyhláškou č. 307/2002 Sb., ve znění č. 499/2005 Sb.

## 5. DISKUSE

### 5.1 Měření tritia

V případě normálního provozu ETE je tritium vypouštěné do řeky Vltavy dominantním radionuklidem uvolňovaným do ŽP. Z toho důvodu je oprávněná analýza vlivu všech faktorů na kolísající naměřenou aktivitu v řece Vltavě.

V grafech č. 1 až 5 jsou prezentovány výsledky standardního měření objemové aktivity tritia bodových vzorků odebíraných v cca měsíčních intervalech v letech 2001 až 2005. Tato data jsou systematicky ukládána do databáze RC České Budějovice za účelem přehledu monitorování výпустí ETE a pro aktuální účely kontrolní činnosti SÚJB. Tato data jsou hodnocena v ročních zprávách Regionálního centra České Budějovice [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]. Zároveň jsou porovnávána s daty, které předkládá provozovatel jako držitel povolení v měsíčních, čtvrtletních a ročních zprávách [51].

Ve výsledcích „Experiment září 2005“ (tab. 9, 10, 11, 12 a graf. 6, 7) je shrnuto pouze měření SÚJB, výsledky ETE dávají podobný průběh. Účelem měření nebylo vzájemné porovnání výsledků SÚJB a ETE. V době odběru vzorků kolísala hladina v nádrži Orlík v rozmezí 348,4 – 348,61 m.n.m. (balt), průměrná hodnota byla 348,51 m.n.m. Při uvažované hloubce toku cca 6 m se z hlediska ovlivnění doby transportu aktivity takové kolísání hladiny nejeví podstatné (odhad: do 2 % objemu vody).

Celkový průtok vody vodním dílem Kořensko (a tedy Vltavou) se skládá z průtoku jezem a průtoku vodní elektrárnou Kořensko (dále VE). Elektrárna je v hrázi vodního díla; jiná malá vodní elektrárna je na trase výпустí odpadních vod. Průtok jezem se od 5.9. 6:00 do 13:20 pohyboval v rozmezí 18,06 – 22,03 m<sup>3</sup>/s, pak klesl na nulu. Celkový průtok se v průběhu odběru vzorků pohyboval v rozmezí 49,14 – 72,96 m<sup>3</sup>/s (s jednou singularitou 92,06 m<sup>3</sup>/s) s průměrnou hodnotou 55,07 m<sup>3</sup>/s. Dobu odběru vzorků lze z hlediska průtoku vody Vltavou rozdělit na

několik intervalů, v nichž lze považovat průtok za konstantní. Celkově však je třeba při hodnocení transportu aktivity ke změnám průtoku přihlídnout.

Z údajů o vypouštění jednotlivých KN ve dnech 4. – 6.9.2005 je zřejmé, že k aktivitě H-3 v řece mohou významně přispět jen nádrže OTR80B01 a B02. Vypouštění těchto nádrží trvalo postupně 5:58, 3:14 a 4:13 h.

Jak je patrné z grafů č. 6 a 7, naměřené hodnoty objemové aktivity H-3 z lokality Újezd vykazují dvě maxima: 5.9. ve 13:00 a v 22:00 h. Stejně tak na Hladné: 5.9. v 17:00 a 6.9. v 9:00 (pokud ovšem to druhé považujeme za maximum). Na Kořensku bylo zachyceno jen jedno maximum, 5.9. přibližně v 18:00 h [51].

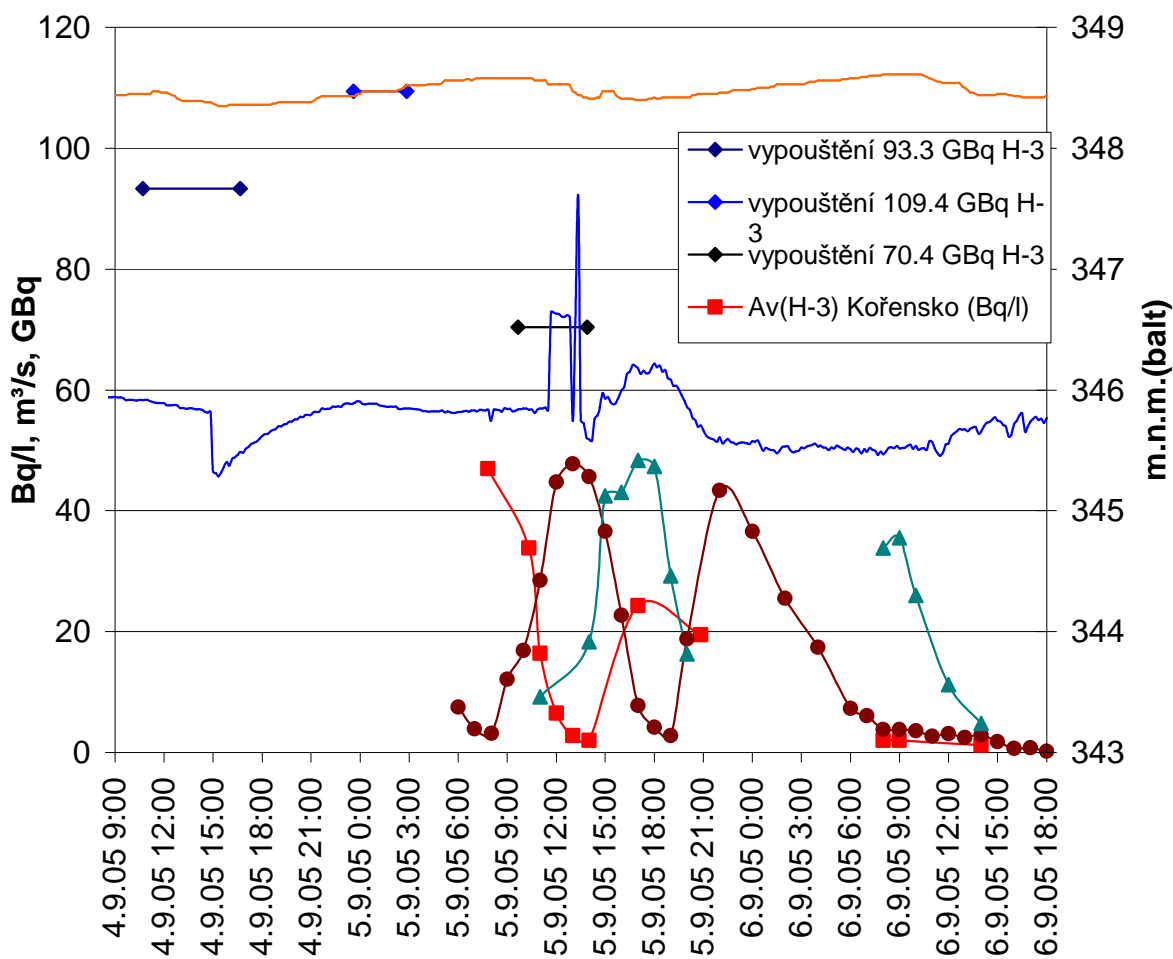
Z neúplných výsledků lze vyvozovat, byť mírně spekulativně, že nárůst aktivity na Kořensku se projeví nejdříve po 4 hodinách a pík se objeví asi po 8 h (při 4-hodinovém vypouštění) od začátku vypouštění KN. Z Kořenska na Újezd doputuje aktivita asi za 5 h (pík má za píkem na Kořensku zpoždění asi 4 h) a odtud na Hladnou za dalších 11 h (časový rozdíl píků). Na Újezdě tedy první pík odpovídá vypouštění KN ukončenému 5.9.05 v 2:50 (po 10 h), druhý pík vypouštění KN ukončenému 5.9.05 v 13:53 (po 8 h). Na Hladné odpovídá první pík vypouštění KN ukončenému 4.9.05 v 16:40 (po 24 h), druhý pík vypouštění KN ukončenému 5.9.05 v 13:53 (po 19 h), jeden pík pravděpodobně „utekl“ v noci, kdy se na Hladné vzorky neodebíraly. Jinými slovy, od ukončení vypouštění KN je pík aktivity na Kořensku za 4 h, na Újezdě za 8 – 10 h, na Hladné za 19 – 24 h. Doby mezi zahájením vypouštění KN a začátkem zvyšování aktivity v dané lokalitě jsou obdobné [51].

Vzhledem ke zhruba stejné vzdálenosti Kořensko – Újezd (dále „horní úsek“) a Újezd – Hladná (dále „dolní úsek“) se dá dvojnásobná doba transportu aktivity na dolním úseku než na horním vysvětlit užším a mělčím korytem řeky v prvním více než kilometru toku pod Kořenskem ve srovnání s následujícími kilometry, a tedy rychlejším proudem.

Měření po příčném profilu řeky je shrnuto v tabulce 12. Ukazuje se, že transport aktivity středem toku je zřejmě rychlejší, což odpovídá předpokladu. U břehu je tok pomalejší, takže aktivita se ke břehům dostane později. Přitom výsledky měření u obou

břehů dávají podobné hodnoty. Také výsledky měření ve středu toku na hladině a v hloubce 2 m jsou prakticky totožné [51].

**Graf č. 18:** Shrnutí výsledků: vypuštěná aktivita H-3, objemová aktivita H-3 v řece, průtoky řečištěm, hladina nádrže Orlík



Komplexní terénní sledování kinetiky transportu tritia v areálu JE Temelín a v úseku řeky Vltavy mezi profily vodní dílo (VD) Kořensko a Hladná bylo prováděno v souladu se smlouvou mezi SÚJB č. 79/06 a Výzkumným ústavem vodohospodářským

T.G.Masaryka, Praha (VÚV TGM Praha) v.v.i., č. 202/2006/113 a dodatkem č. 1 k této smlouvě.

Zpráva VÚV TGM [54] obsahuje výsledky terénních sledování prováděných ve dvou etapách 3. – 4. 10. 2006 a 22. - 24. 5. 2007 a jejich hodnocení. Cílem byla příprava podkladů pro kontrolní monitoring kapalných výpusť z jaderných elektráren na příkladu tritia vypouštěného s odpadními vodami JE Temelín a to nejen pro rutinní sledování, ale zejména pro případ mimořádné situace. V případě mimořádné události (MÚ) však není zvažováno monitorování tritia ve vzorcích z řeky Vltavy vzhledem k tomu, že v takovém případě to není hlavní cesta úniku radionuklidů z ETE [54].

Z hodnocení výsledků 2. terénního sledování dotoku tritia vyplývá, že na základě vyhodnocení vývoje objemových aktivit tritia v kanalizaci JE Temelín při průměrném průtoku odpadních vod ca 450 l/s, byla doba dotoku mezi kontrolními nádržemi a profilem Kořensko 3 - 4 h. Doba dotoku mezi profilem Kořensko a Vltava Hladná byla, při průtoku vody ve Vltavě ca 17 m<sup>3</sup>/s, 19 h, pro dotok tritia odpovídající čerpání kontrolní nádrže OTR80B02. Při průtoku vody ve Vltavě ca 29 m<sup>3</sup>/s byla doba dotoku mezi profilem Kořensko a Vltava Hladná ca 9,5 h (odpovídá čerpání nádrže OTD30B02) [54].

V důsledku disperze tritia mezi profily Kořensko a Hladná bylo trvání průtoku tritiové vlny pro OTR80B02 v profilu Vltava Hladná 14 h. Čerpání odpadních vod z této kontrolní nádrže bylo 5 h 20 min [54].

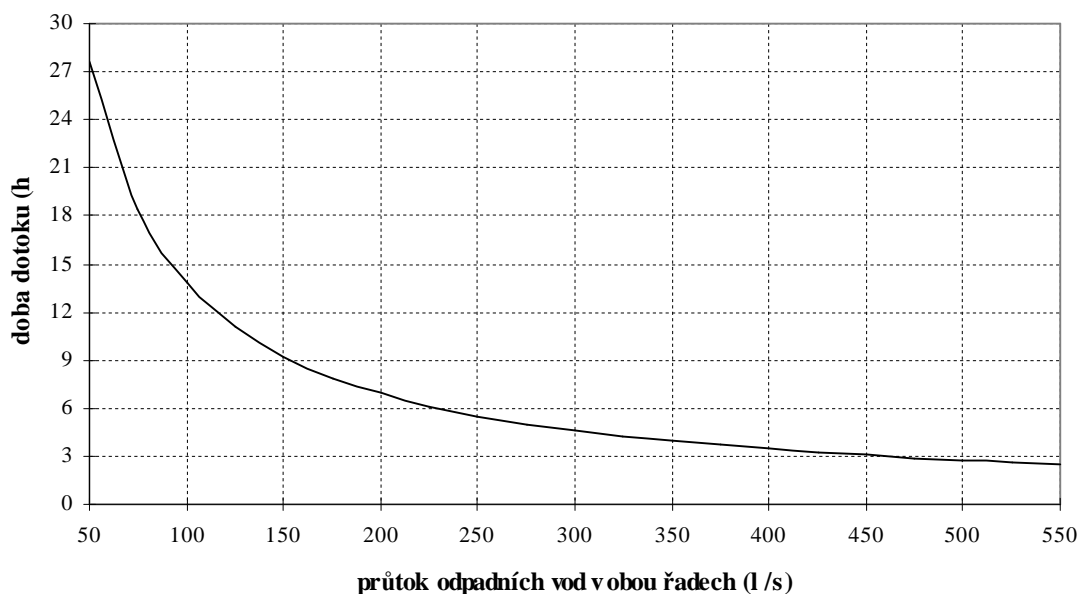
Na základě 1. a 2. sledování je možné odvodit, že trvání tritiové vlny v profilu Vltava Hladná lze odhadnout jako 2,5 násobek doby vypouštění kontrolní nádrže a dotok maxima (začátku plata) tritiové vlny přibližně odpovídá 1 až 1,5 násobku doby vypouštění kontrolní nádrže [54].

V důsledku přímého zaústění odpadních vod z JETE v profilu Kořensko nebyly objemové aktivity tritia ve vertikálním profilu v Hladné vyrovnané. Také bylo pozorováno zpoždování objemových aktivit tritia u vzorků odebíraných z obou břehů.

V době sledování, resp. při běžném provozu JE Temelín jsou odpadní vody vypouštěny přibližně rovnoměrně (současně) oběma odpadními řadami ze sběrné jímky J500 do kontrolního profilu v Kořensku. Odhad dob dotoku byl proveden za předpokladu odtoku odpadních vod plným profilem obou potrubí.

Vypočtená závislost doby dotoku při celkovém průtoku odpadních vod v obou řadách v rozmezí 50 až 550 l/s je uvedena v grafu č. 19 [54].

**Graf č. 19:** Odhad doby dotoku odpadních vod ze sběrné jímky J500 do kontrolního objektu v Kořensku po celkový průtok odpadních vod v obou řadách [54]

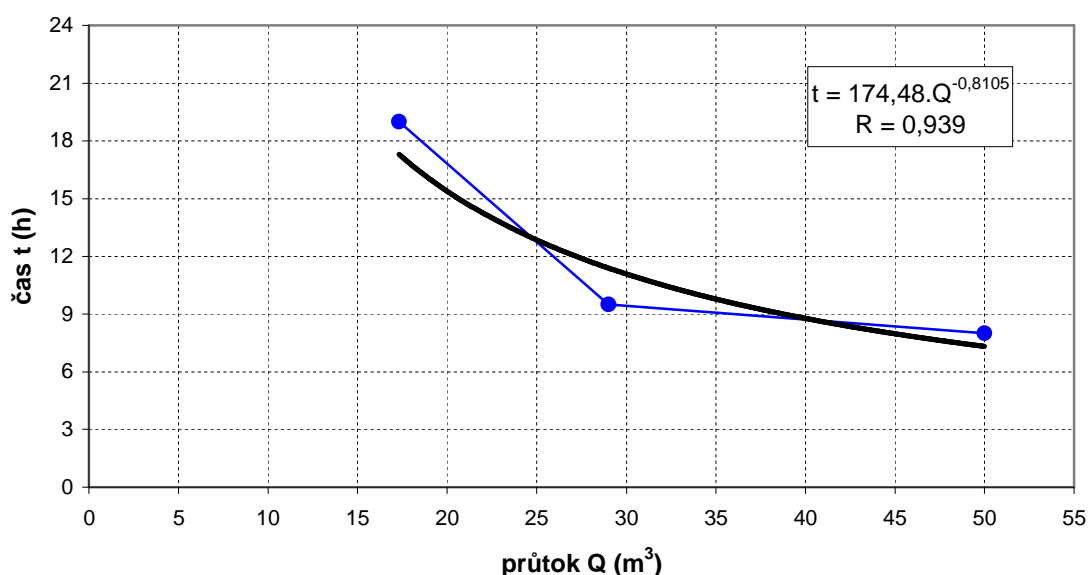


Doby dotoku vody mezi profily VD Kořensko a Vltava Hladná byly při průtoku vody ve Vltavě ca 50 m<sup>3</sup>/s, pro obě zaznamenané nádrže shodně 9 h, při průtoku vody ve Vltavě ca 17 m<sup>3</sup>/s to bylo 19 h (1 nádrž), a při průtoku vody ve Vltavě ca 29 m<sup>3</sup>/s cca 9,5 hod (1 nádrž). S menší nejistotou byla stanovena doba dotoku při 1. terénním sledování, resp. při průtoku 50 m<sup>3</sup>/s, který byl v průběhu sledování udržován v malém rozmezí hodnot. Při 2. sledování je nejistota zjištěných dob dotoku větší z důvodu větší neustálosti průtoků vody ve Vltavě a také z důvodu zaústění odpadních vod pod VD

Kořensko. Výsledky dob dotoku byly zpracovány v grafu č. 20. Experimentální body byly proloženy mocninovou funkcí [51].

Závislost vyhodnocenou na základě dvou terénních sledování je třeba pokládat za orientační, ale v proměřeném intervalu průtoků vody ve Vltavě je pro plánování odběru vzorků, resp. monitoringu tritia za podmínek normální a mimořádné situace využitelná.

**Graf č. 20:** Závislost doby dotoku vody mezi profily Vltava VD Kořensko a Vltava Hladná na průtoku vody měřeného v profilu Vltava Kořensko [54]



Z hodnocení experimentu a zprávy VUV TGM vyplývá, že výška hladiny a průtok byly přibližně stejné. Je však pravděpodobné, že doby dotoku budou různé pro jinou výšku hladiny než 347-348 m a jiný průtok než 50m<sup>3</sup>. Data mohou být ovlivněna též průtokem odpadní kanalizací. Pro bilancování aktivity tritia zřejmě nestačí odběr jednoho bodového vzorku, jelikož se neví, v které části píku se zrovna nacházíme. Vhodnější by bylo provést minimálně tři odběry v časovém sledu 1-2 hod, aby bylo možno vycházet z předpokladu extrapolace dat (např. viz experiment září 2005 nebo zpráva VUV). Objemové aktivity tritia musí být vyšší než 10 Bq/l z důvodů MDA cca 3,5 Bq/l. Pro zpětnou bilanci aktivity tritia je nutno znát vypuštěný objem z odpadní nádrže[51].



Z měření provedeného v r. 2006 (tab. č. 10) je zřejmé, že denní průměry průtoku a konkrétní průtok v čase odběru bodového vzorku se příliš neliší, značné rozdíly jsou v průtocích jezem a malou vodní elektrárnou (MVE). Průtok MVE kolísá od 0 do 71,46 m<sup>3</sup>/s, roční průměr je 37,3 m<sup>3</sup>/s. Celkový průtok je také značně variabilní (v dny našich odběrů byl od cca 20 do 200 m<sup>3</sup>/s), nikdy však neklesl pod 9,5 m<sup>3</sup>/s, což je garantovaný průtok pro povolení vypouštění [51].

Z týdenního měření v r. 2006 (grafy 10, 12) vyplývá, že odběry a měření bodových vzorků Hladná LRKO byly provedeny laboratoří radiační kontroly okolí JE Temelín, jedná se většinou o odběr v jiný den než vzorky odebírané RC SÚJB České Budějovice, proto jsou některé hodnoty v lokalitě Hladná a Hladná LRKO značně odlišné. Zajímavé jsou hodnoty za 7. a 8. měsíc v lokalitách Újezd a Hladná, kdy v Újezdě byly naměřeny hodnoty několikanásobně vyšší než na Hladné, což může být objasněno tím, že odběr byl uskutečněn v téměř totožných časech (rozdíl několika minut), zatímco aktivita od Újezdu do Hladné „doteče“ až po několika hodinách (11 až 14 hodin mezi Újezdem a Hladnou).

- Na základě předpokladů uvedených výše byly vypočteny očekávané aktivity v řece při vypouštění určité nádrže, aktivity se pohyboval od několika desítek do stovek Bq/l (maximum 390 Bq/l) pro námi sledované nádrže.
- Rychlost vypouštění je variabilní od cca 0,5 l/s do 5 l/s v závislosti na vypouštěných aktivitách v nádrži, délce vypouštění a na průtoku řekou.
- Minimální doba vypouštění byla cca 30 minut, maximální více než 26 hodin.
- Jsou porovnány aktivity vypočtené = očekávané (tab. č. 21) a skutečně naměřené s použitím dat o pohybu aktivity řekou [6].
- Pro 5 hodnot v lokalitě Újezd je dosaženo velmi dobré shody mezi oběma aktivitami s využitím 8-10 hodinového zpoždění píku aktivity od konce vypouštění.
- Pro Kořensko je jedna hodnota v dobré shodě, pro další hodnoty je třeba zvlášť posoudit případy, kdy je aktivita naměřená nižší než očekávaná, a na základě

časových posunů se pokusit určit, zda hodnota odpovídá poklesu aktivity po ukončení vypouštění (4 případy), nebo druhý případ, kdy aktivita naměřená je několikrát vyšší než očekávaná (dny 5.6. a 4.7)

Vzhledem k tomu, že pracovníci RC SÚJB České Budějovice nemají přehled o vypouštěných aktivitách a době vypouštění odpadních vod z JE Temelín v době odběru vzorků povrchových vod z řeky Vltavy v lokalitách Kořensko pod hrází a Újezd a vzorky jsou odebírány bodově, nelze přesně sledovat průběh aktivity v řece Vltavě, popřípadě vliv konkrétně vypuštěné nádrže na obsah tritia v řece. Pro řešení takového úkolu by bylo třeba znát dobu vypouštění (jakož i vypuštěné aktivity, průtok vody Vltavou a rychlost vypouštění) před samotným vypouštěním a odběry pak přizpůsobit těmto znalostem. Dále by bylo třeba zvýšit četnost odběrů. Také otázky spojené s místem, časem a způsobem odběru by bylo vhodné upřesnit, popřípadě dořešit a odběry standardizovat. Vzorky z lokalit Újezd a Hladná je možné považovat za charakterizující průtok vypouštěných aktivit z JE Temelín řekou Vltavou, neboť v těchto lokalitách je možné předpokládat dostatečné a téměř rovnoměrné promíchání vypouštěných vod s říční vodou. Tento předpoklad jistě není splněn v lokalitě Kořensko pod hrází. Bylo by vhodné při stanovení času odběru vzorků v jednotlivých lokalitách počítat s časovou prodlevou v závislosti na průtoku „aktivit“ řekou, což však není vždy snadno realizovatelné.

V neposlední řadě je také třeba brát v úvahu:

- změny ve výšce hladiny v Orlíku o více než 3 m, čímž se může změnit konkrétní místo odběru o desítku metrů
- v závislosti na průtoku (desetinásobné kolísání) se může měnit rychlost pohybu aktivity řekou
- rozdílnost toku u břehu a uprostřed řeky

Přes všechny výše zmíněné nedostatky a problémy je možné konstatovat, že shoda mezi výsledky vypočtenými a skutečně naměřenými hodnotami je nad očekávání dobrá [20].

Standardní monitorování objemové aktivity tritia v bodových vzorcích odebíraných v týdenních intervalech potvrzuje vhodnost častějších odběrů ve srovnání s měsíčními intervaly s ohledem na časovou závislost aktivity, době vypusti a výše uvedených faktorech. V těchto intervalech se zvyšuje pravděpodobnost zachycení aktivity, zatímco v měsíčních intervalech mohou být některá data „ztracena“.

Pokus o zpětné provázání dat o vypouštěných aktivitách, průtocích a naměřených hodnotách v bodových vzorcích je přínosem pro pochopení skutečností a prohloubení znalostí, týkajících se nejen šíření radionuklidů v životním prostředí, ať už je jejich původcem jaderná elektrárna, či jiný subjekt, ale také přispívajících k potvrzení faktu, že JE Temelín při svém provozu neporušuje zákonem stanovené limity vypouštění radionuklidů do životního prostředí.

## **5.2 Měření Cesia**

Naměřené hodnoty cesia v aerosolech se pohybují pod nebo na mezi detekce ve všech případech měření po dlouhodobé sledování. Je nesporné, že ve dnech bezprostředně po Černobylu bylo v naší populaci radioaktivní cesium jednoznačně prokazatelné. Dostalo se do organismu pomocí potravinového řetězce. Biologický poločas  $^{137}\text{Cs}$  (tj. doba potřebná k vyloučení jedné jeho poloviny z těla) je 110 dnů. Pokud není postupně doplňováno po dobu několika (cca deseti) biologických poločasů, je z organismu vyloučeno [7]. Výsledky dlouhodobého monitorování  $^{137}\text{Cs}$  lze považovat za ukazatel standardní radiační situace a v případě MÚ za výchozí referenční hodnoty.

Hodnoty  $^{137}\text{Cs}$  v ostatních složkách životního prostředí jsou rovněž pod či na mezi detekce, vyjma lesních plodů a hub. Hodnoty  $^{137}\text{Cs}$  v lesních plodech jsou zvýšeny o jednotky až desítky Bq/kg, u hub v nativním stavu o jednotky až několik set Bq/kg,

v sušeném stavu až o tisíce Bq/kg. Významnou roli hraje lokalita a typ houby - hřibovité mají vyšší aktivitu než lupenaté. Toto zjištění odpovídá fyziologickým vlastnostem houby a schopnosti absorbovat těžké kovy. Potvrzuje znalosti, že vejitých přírodních ekosystémech, kde je většinou tenká vrstva chudých půd, se cesium málo váže a navíc nemůže difundovat do hloubky. V těchto ekosystémech se vyskytují vyšší měrné aktivity rostlinné vegetace, lesních plodů a hub. Je známo, že rychlost ubývání cesia v prostředí, radioekologický poločas, je pro přírodní ekosystémy delší, než pro oblasti obdělávanou půdou. U nás se takové vyskytují zejména na Šumavě a Jeseníkách. V houbách lze někdy rozlišit příspěvek  $^{137}\text{Cs}$  z výbuchu v ovzduší – v případech, že je ještě měřitelná aktivita  $^{134}\text{Cs}$  [10].

Ve srovnání s legislativně uvedenou nejvyšší přípustnou úroveň radioaktivní kontaminace hub pro radiační mimořádné situace (12 500 Bq/kg) a s hodnotou nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace hub pro přetrvávající ozáření po černobylské havárii (6000 Bq/kg) [47], jsou změřené hodnoty v rámci monitorování zanedbatelně nízké.

### **5.3 Měření jódu**

Naměřené hodnoty jódu v aerosolech na sorbetu se pohybují pod nebo na mezi detekce. Zaznamenané relativně vyšší hodnoty naměřeného jódu jsou způsobeny čištěním odpadních vod z oddělení nukleární medicíny (ONM) Nemocnice České Budějovice, která je od RC České Budějovice vzdálena cca 200 m. V době naměřených vyšších aktivit jódu bylo vždy prováděno šetření, které potvrdilo uvedené tvrzení o jeho původu z ONM.

### **5.4 Měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu**

Variabilita výsledků tohoto měření se odvíjí od teplotní závislosti měřicí sondy a TLD umístěných venku, zejména však od povětrnostní situace a dešťových srážkách, kdy dochází k přísunu a vyplavování radionuklidů obsažených v atmosféře. Laboratoř

SÚRO vypracovala studii týkající se celoročního průběhu průměrných hodnot PDE a variace přírodního pozadí jednak na stanici umístěné v běžných podmínkách (tj. nížina), jednak na stanici "horské", tj. umístěné ve větší nadmořské výšce s variabilnějším klimatem. Variace PDE v nížině během ročních období jsou nevelké a umožňují stanovení úrovně měřené hodnoty pro přechod na režim mimořádné situace jednotně pro celý rok. Měření PDE ve větší nadmořské výšce ukazuje významné fluktuační přírodního pozadí v průběhu roku, které vyžadují stanovení úrovně měřené hodnoty pro přechod na režim mimořádné situace různě v průběhu roku, s přihlédnutím k místním podmínkám [52].

Naměřené hodnoty v síti SVZ odpovídají předpokládaným variacím přírodního pozadí a po sledované období nedošlo k překročení úrovně pro havarijní situaci.

### ***5.5 Monitorování za MÚ***

K navrženému způsobu monitorování při MÚ a zajištění jednotlivých složek procesu lze diskutovat o tom, zda je reálně v možnostech RC České Budějovice tento proces zajistit. Vzorky aerosolů plynného jodu, cesia a spadů si RC zajišťuje vlastními silami, na odběr ostatních vzorků však potřebnou kapacitou nedisponuje. Existuje pouze ústní dohoda, že by odběry a distribuci zajišťovali pracovníci spolupracujících organizací Státního veterinárního ústavu (SVÚ) a Státní zemědělské a potravinářské inspekce (SZPI) [28]. Zvažovat by se dalo i využití významných producentů surovin pro potravinářské výrobky.

Čestnost a místa odběru vzorků ŽP při MÚ v okolí ETE závisí na charakteru havárie, jejichž klasifikaci má ETE zpracovanou v interní dokumentaci. Dokumentace zpracovává možné cesty a celkové předpokládané aktivity úniku radionuklidů do ŽP pro daný typ havárie. Na základě informace o jejím charakteru budou volena prioritní místa odběru vzorků. Nepochybnou informací pro volbu odběrových míst je znalost aktuálních meteorologických dat.

Pokud jde o měření gamaspektrometrie v doporučené geometrii „mast'ovek“, laboratoř RC České Budějovice používá pouze Marinelliho nádoby nebo umělohmotné lahvičky o objemu 250 ml, které jsou z hlediska plnění a malé variability objemu vzorku méně vhodné. Kalibrace Marinelliho nádoby je většinou pouze na jeden až dva z objemů 450 ml, 500 ml nebo 600 ml. Navíc vnitřní průměr nádoby je mnohdy menší než průměr krytu detektoru, takže nelze Marinelliho nádobu použít. Za normální radiační situace je však používání Marinelliho nádoby preferováno z důvodu přesné geometrie a možnosti stanovení nízkých aktivit srovnatelných s pozadím a dosahujících pouze MDA (0,1Bq), přičemž náročnost přípravy a plnění není prioritou. V případě MÚ se měří aktivity od řádů 10 a více Bq, tudíž prioritou není přesnost řádů desetin Bq, ale operativnost a rychlost měření.

Personální obsazení SÚJB RC České Budějovice má k dispozici v případě mimořádné radiační situace dvě mobilní skupiny po 2 osobách. Tyto celkem 4 osoby jsou však zároveň připravovány pro činnost laboratoře a navíc, dvě z nich jsou jedinými zkušenými experty v oboru spektrometrie gama, kterými RC disponuje.

RC SÚJB Č. Budějovice nemůže zcela zajistit v průběhu celé MÚ současně provoz obou mobilních skupin a provoz laboratorní skupiny. V krajním případě může RC SÚJB Č. Budějovice zajistit plně činnost skupin v prvním dnu MÚ, přičemž laboratorní skupina bude prioritní. Zároveň však nutno uvažovat i takovou situaci, že pracovníci nebudou z osobních důvodů přítomni, a že není legislativně upravena jejich povinnost účasti.

Při hrubém odhadu počtu vzorků bude muset laboratorní skupina změřit za dvanáctihodinovou směnu cca 80 vzorků, tj. cca 160 vzorků/den. Při režimu dvou dvanáctihodinových směn laboratorní skupina SÚJB RC Č. Budějovice může mít potřebné expertní pracovníky, nemá však dostatečný počet zaučených pracovníků. Je nutné zvýšit jejich počet pracovníků min. o 12 pracovníků z ostatních RC SÚJB. Při tom by bylo vhodné, aby každá směna byla vždy obsazena kombinací „domácích“ a „cizích“ zaučených pracovníků. Dále je evidentní potřeba dalších cca 2 pracovníků pro logistické zajištění provozu laboratoře. RC ČB je schopno technicky i metodicky

zabezpečit monitorování za normální situace, avšak při MÚ mohou nastat zmíněné personální potíže. Tuto situaci lze řešit pomocí jiných kvalifikovaných osob z resortu SÚJB a spolupracujících organizací.

Dostatečný počet mobilních skupin v celém resortu SÚJB může při všech ideálních okolnostech umožnit jejich rozdělení při monitorování na území ČR tak, aby na RC SÚJB v Č. Budějovicích byla za MÚ upřednostněna činnost laboratorní skupiny a úkoly pro mobilní skupinu byly zajišťovány podporou mobilních skupin z ostatních RC SÚJB i z jiných resortů (celní správa, IZS).

K zajištění bezchybné organizace této spolupráce navrhuji provést cvičení, které by komplexně prověřilo paralelní činnost všech složek RMS a to podelší dobu, řádově několik dnů (jako při MÚ). V současné praxi probíhají cvičení buď mobilních skupin nebo laboratorních skupin odděleně a pouze v krátkém zkušebním intervalu (řádově hodiny). V této době se nemohou projevit případné organizační a technické nedostatky. Rovněž není přesně standardizováno, jakým způsobem by mobilní skupina překonala uzávěry na hranicích zony havarijního plánování ETE., která bude hlídána policií ČR. Mobilní skupiny nejsou informovány o tom, že by existovaly formuláře, vjezdové karty, či jiný způsob prokázání, že jde o mobilní skupinu RMS, které má být vstup umožněn za účelem monitorování a odběru vzorků.

## 6 ZÁVĚR

Byl vypracován soubor výsledků standardního monitorování okolí JETE v letech 1999- 2009, který prokazuje, že držitel povolení (provozovatel) nepřekračuje stanovené limity a podmínky rozhodnutí pro vypouštění kapalných a plyných výpustí obsahujících radionuklidy. Tímto je dlouhodobě prokazována skutečnost, že neohrožuje kritickou skupinu obyvatelstva v okolí ETE. Na základě zkušeností s metodikou, organizací odběru vzorků a měření jednotlivých složek životního prostředí byl proveden návrh postupů a způsobu nezávislého monitorování v okolí ETE při mimořádné události, přičemž získaný soubor dat (aktivita radionuklidů v ŽP a PFDE) lze považovat za ukazatele standardní radiační situace a v případě MÚ za výchozí referenční hodnoty.

Nelze však potvrdit hypotézu, že na základě zjištěných skutečností lze jednoznačně stanovit monitorovací plán ve smyslu standardního postupu včetně uvedení četnosti a míst odběru vzorků platného pro RC České Budějovice, jelikož při analýze jednotlivých souvisejících činností a faktorů byla zjištěna závislost na aktuálním stavu (povětrnostní situace, charakter havárie), popř. i nedorušené organizační a personální otázky.



## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Buzek K: Rozbor radionuklidového složení výpustí ETE, Diplomová práce, ZSF JU 2007
2. Cencinger F.: VVER 1000, Základní zařízení primárního okruhu, učební text, ŠVS-ČEZ, a.s. Brno, 2002
3. Gosman A. a kol.: Radiochemické praktikum, SNTL Praha, 1959
4. Hanslík E., Mansfeld A.: Tritium v odpadech jaderného palivového cyklu a možnosti jeho odstraňování, VÚV, 1983
5. Hanslík E.: Vliv jaderné elektrárny Temelín na Hydrosféru a další složky životního prostředí. 1. vyd. Praha: výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, ISBN 80-901181-7-8, 1994
6. M. Hort a kol.: Výsledky 24 hod monitorování experiment září 2005 (Monitorování tritia ve Vltavě při vypouštění kontrolních nádrží ETE, XXVIII. dny radiační ochrany, Luhačovice, 2006)
7. Kaňková J.: Cesium 137 v lesním ekosystému, Diplomová práce, ZSF JU 2007
8. Kolektiv autorů, Klener L.: Principy a praxe radiační ochrany, Azin CZ Praha pro SÚJB, ISBN 80-238-3703-6, 2000.
9. Kremr A.a kol.: Chemická problematika jaderné elektrárny. 1.vyd. Brno, 1990
10. Matzner J.: 10 let od havárie jaderného reaktoru v černobyli – důsledky a poučení Praha 1996
11. Macháčová I.: Optimalizace monitorování složek životního prostředí v laboratořích SÚJB za radiační mimořádné situace, Diplomová práce, ZSF JU 2007
12. Metodika ČSN ISO 9698 (757635)

13. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou výsledky monitorování okolí JE za rok 1999, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
14. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2000, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
15. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2001, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
16. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2002, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
17. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2003, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
18. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2004, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
19. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2005, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
20. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2006, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
21. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2007, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
22. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2008, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
23. ROČNÍ ZPRÁVA o státním dozoru nad radiační ochranou v Jaderné elektrárně Temelín za rok 2009, prováděném Regionálním centrem České Budějovice
24. Rozhodnutí SÚJB č.j. 16920/2002 ze dne 5.11.2002
25. Rozhodnutí SÚJB č.j. 8096/2005 ze dne 5.4.2005
26. Rozhodnutí SÚJB č.j. 28718/2007 ze dne 29.10.2007

27. Rozhodnutí RŽP OÚ v Českých Budějovicích č.j. 6804/93/Si ze dne 15.12.1993
28. Rulík P.: Průběžná výzkumná zpráva za rok 2006, projektu výzkumu a vývoje SÚJB č.3/2006, Optimalizace činností laboratoří
29. Státní ústav radiační ochrany: Zpráva o činnosti 1998-2003, Praha, Listopad 2003
30. Šeda J. a kol.: Dozimetrie ionizujícího záření, SNTL Praha, 1983
31. Šindelková E., Zeman K., Havránek J.: Monitorování obsahu tritia povrchových vodách v okolí JETE, 2006
32. Švejda B.: Základy teorie jaderných reaktorů. 1.vyd. Brno, 1999
33. VDMI 061 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Mobilní skupiny
34. VDMI 063 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení hmotnostní aktivity radionuklidů v bramborách pomocí spektrometrie gama
35. VDMI 065 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení hmotnostní aktivity radionuklidů v obilí pomocí spektrometrie gama
36. VDMI 069 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení hmotnostní aktivity radionuklidů v zelenině, ovoci, lesních plodech a lesních houbách pomocí spektrometrie gama
37. VDMI 070 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení objemové aktivity tritia ve vodě
38. VDMI 073 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení objemové aktivity radionuklidů ve vodě pomocí spektrometrie gama
39. VDMI 074 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: stanovení objemové aktivity radionuklidů v ovzduší pomocí spektrometrie gama
40. VDMI 080 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení plošné aktivity radionuklidů ve spadech pomocí spektrometrie gama

41. VDMI 081 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Stanovení plošné (hmotnostní aktivity radionuklidů v půdě a porostu, sněhu a porostu pomocí spektrometrie gama
42. VDMI 082 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Odběry aerosolů, plynných forem jodu a spadů z ovzduší.
43. VDMI 083 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Síť včasného zjištění- Měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu
44. VDMI 085 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Síť termoluminiscenčních dozimetrů- Měření fotonového dávkového ekvivalentu pomocí termoluminiscenčních dozimetrů
45. VDMI 094 – kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Četnost přenosu dat v rámci RMS za radiační mimořádné situace
46. VDS 052/2006 - kolektiv autorů, Interní metodika SÚJB: Monitorování radiační situace na území ČR – Nezávislé monitorování výпустů z jaderných elektráren a jejich okolí
47. Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění č. 499/2005 Sb.
48. Vyhláška SÚJB č. 318/2002 Sb., o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných zařízení a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a o požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu ve znění vyhl. č. 2/2004 Sb.
49. Vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb. o radiační monitorovací síti (RMS), ve znění vyhlášky č. 27/2006 Sb.
50. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
51. Zeman K.: Monitorování  $^3\text{H}$  v řece Vltavě v okolí ETE Bakalářská práce, ZSF JU 2008

52. Zpráva o radiační situaci na území České republiky v roce 1999, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Státní ústav radiační ochrany
53. Zpráva o radiační situaci na území České republiky v roce 2001, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Státní ústav radiační ochrany
54. Zpráva Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM Praha, 2007

## **8 KLÍČOVÁ SLOVA**

Jaderná elektrárna, monitorování, aktivita, radionuklid, tritium, cesium, jód, výpusti ETE, životní prostředí

## 9 SEZNAM ZKRATEK

AL	autorizovaný limit
$A_v \text{ } ^3\text{H}$	objemová aktivita tritia
AaŠP	aktivační a štěpné produkty
BAPP	budova aktivních a pomocných provozů
CLMS	centrální laboratoř mobilní skupiny
CP	centrální pracoviště
ČR	česká republika
ČSN	česká státní norma
ETE	elektrárna Temelín
FDE	fotonový dávkový ekvivalent
HP	havarijní plán
HT	elementární vodík
HTO	tritiová voda
HVB	hlavní výrobní blok
IS	informační systém
IS RMS	informační systém radiační monitorovací sítě
IZ	ionizující záření
JE	jaderná elektrárna
JETE	jaderná elektrárna Temelín
KKC	krizové koordinační centrum
KN	kontrolní nádrže

MM	monitorovací místo
MS	mobilní skupina
MVE	malá vodní elektrárna
MÚ	mimořádná událost
MAAE	mezinárodní agentura pro atomovou energii
LRKO	laboratoř radiační kontroly okolí
MDA	minimální detekovatelná aktivita
MVA	minimální významná aktivita
MVE	malá vodní elektrárna
ONM	oddělení nukleární medicíny
PDE	příkon dávkového ekvivalentu
PFDE	příkon fotonového dávkového ekvivalentu
PE	polyethylen (polyethylenová lahvička)
RC	regionální centrum
RDETE	program na stanovení ročních dávek z elektrárny Temelín
RH	radiační havárie
RL	radioaktivní látka
RMS	radiační monitorovací služba
RN	radiační nehoda
RY	system čišťení odluhů parogenerátorů
RŽP	referát životního prostředí Okresního úřadu
SN	sběrné nádrže
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní ústav radiační ochrany



SVZ	sít' včasného zjištění
SZO	světová zdravotnická organizace
VDMI	interní dokument SÚJB
VDS	interní dokument SÚJB
TLD	termoluminiscenční dozimetr
TR	čisticí stanice odpadních vod
TD	skladování chladiva primárního okruhu a čištění $H_3BO_3$ , recyklace
VD	vodní dílo
VDMI	vnitřní dokumentace – metodická instrukce SÚJB
VDS	vnitřní dokumentace – směrnice SÚJB
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka
v.v.i.	veřejná výzkumná instituce
ZIZ	zdroj ionizujícího záření
ŽP	životní prostředí

## PŘÍLOHY

Příloha č.1: Mapa monitorovacích bodů tricia



**Příloha č. 2:** Detail monitorovacího bodu Hněvkovice



**Příloha č. 3:** Detail monitorovacího bodu Kořensko nad a Kořensko pod hrází



**Příloha č. 4:** Detail monitorovacího bodu Újezd



**Příloha č. 5:** Detail monitorovacího bodu Hladná



**Příloha č. 6:** Fotografie Hladná 3.4.2006



**Příloha č. 7:** Fotografie Hladná 3.5.2006



**Příloha č. 8:** Fotografie Kořensko pod 29.5.2006



**Příloha č. 9:** Fotografie Újezd 17.10.2006



**Příloha č. 10:** Fotografie Újezd 6.11.2006



**Příloha č. 11:** Fotografie Újezd 27.11.2006



**Příloha č. 12:** Fotografie Kořensko pod 18.12.2006



**Příloha č. 13:** Fotografie Újezd 17.10.2006





**Příloha č. 14:** Fotografie Újezd zaústění potoka Všeteckého 19.12.2006



**Příloha č. 15:** Fotografie Kořensko pod 24.1.2007



**Příloha č. 16:** Fotografie Újezd 24.1.2007



**Příloha č. 17:** Fotografie Odběrové zařízení Hunter JL 110 a spadová nádoba



**Příloha č. 18:** Fotografie Měření prováděné mobilní skupinou



**Příloha č. 19:** Fotografie Ústředna a záložní napájení Sondy SVZ



**Příloha č. 20:** Mapa záznamu PFDE z výměny TLD trasa okolí ETE

