

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 02 Fyzika

Monitorování radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín

Monitoring of radiation situation in the vicinity of the nuclear power plant Temelin

Autor: Ondřej Trtílek

**Škola: Střední odborná škola ekologická a
potravinářská Veselí nad Lužnicí,
Blatské sídliště 600/I**

**Konzultant: Mgr. Marek Kurfiřt,
Ing. Radek Trtílek, Ing. Jana Šašková**

Veselí nad Lužnicí 2012

Prohlašuji, že jsem ročníkovou práci na téma „Monitorování radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín“ vypracoval samostatně. Nemám závažné důvody proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Českých Budějovicích, 4.3. 2012

.....

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat panu magistru Marku Kurfiřtovi, pracovníkovi Laboratoře radiační kontroly okolí v Českých Budějovicích, za jeho energii i čas, neboť bez jeho pomoci bych tuto práci zpracovával s velkými obtížemi a panu Vedralovi, dále děkuji paní učitelce inženýrce Janě Šaškové za konzultace k metodice zpracování této maturitní práce a svému otci inženýru Radku Trtílkovi za korekci a vysvětlení několika faktorů týkajících se zde zpracované problematiky.

Abstrakt

Tato práce je zaměřena především na ukázkou způsobu měření radiační situace kolem JE Temelín. Laboratoří radiační kontroly okolí se sídlem v Českých Budějovicích (dále LRKO). Především šlo o monitoring aerosolů ^{131}I a ^{137}Cs , plynné formy ^{131}I a spadů obou radioizotopů. Obsahem práce je porovnání dat měřených Státním ústavem radiační ochrany především z doby po havárii JE Fukušima s daty získanými po havárii JE Černobyl a s hodnotami naměřenými LRKO, uvedenými v jejich výročních zprávách a v praktické části tohoto dokumentu, a vliv těchto radionuklidů na radiační zátěž obyvatel a životního prostředí na území ČR.

Klíčová slova: jaderná elektrárna, objemová aktivita; plošná aktivita; sievert; bequerel; radionuklid

Abstract

This work is focused primarily on the demonstration of how to measure the radiation situation around Temelin NPP by the Laboratory for monitoring of the radiation, based in Ceske Budejovice (the LRKO). Comparison of data measured by the State Institute of Radiation Protection primarily from the period after the accident Fukushima NPP with data obtained after the Chernobyl disaster and the measured values LRKO indicated in their annual reports and in the practical section of this document and their effects on the CR. Above all was the monitoring of aerosols ^{131}I and ^{137}Cs , ^{131}I gaseous forms and fallout of both radioisotopes.

Key words: **nuclear power plant; volumetric activity; area activity; sievert; bequerel; radioisotopes**

Obsah

1	Úvod	- 7 -
2	Teoretická část	- 12 -
2.1	Monitorování radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín	- 12 -
2.1.1	Aerosoly a plynný radiojód	- 12 -
2.1.2	Atmosférické spady	- 13 -
2.1.3	Srážkové spady	- 14 -
2.1.4	Povrchové vody	- 14 -
2.1.5	Podzemní vody	- 15 -
2.1.6	Pitné vody	- 15 -
2.1.7	Půdy	- 15 -
2.1.8	Sedimenty	- 16 -
2.1.9	Příkon dávkového ekvivalentu záření gama pomocí TLD	- 16 -
2.1.10	Terénní spektrometrie gama	- 16 -
2.1.11	Monitorování příkonu prostorového fotonového dávkového ekvivalentu pomocí přenosných přístrojů	- 17 -
2.1.12	Monitorování skládky komunálního odpadu Temelínec	- 17 -
2.1.13	Monitorování prostorového dávkového ekvivalentu ve stanicích RKO	- 18 -
2.2	Aktuální radiační situace v ČR po havárii JE Fukušima	- 18 -
3	Praktická část	- 24 -
4	Výsledky a diskuse	- 25 -
4.1	Výsledky	- 25 -
4.2	Diskuse	- 30 -
5	Závěr	- 33 -
6	Použitá literatura	- 34 -
7	Seznam použitých zkratk	- 35 -
8	Přílohy	- 36 -

1 Úvod

Jaderná technologie potažmo jaderná energie a její výroba je dnes populární a nemálo diskutované téma. O toto odvětví energetického průmyslu se vedou velké spory, zdali je bezpečný či nikoli. Část veřejnosti má vesměs negativní postoj vůči tomuto subjektu, který však vychází z nedostatku informací, jindy překrucování dostupných faktů a z neznalosti této technologie.

Nicméně jaderná technologie a výroba energie má i své neblahé dopady. Jako reprezentativní příklad lze uvést havárii bloku č. 4 jaderné elektrárny Černobyl (**Obr. 14**) v tehdejší Sovětské Svazu (dnešní Ukrajina) ze dne 26. 4. 1986.

Příčin havárie bylo hned několik a je potřeba uvést zejména:

- Selhání lidského faktoru způsobeného provozní slepotou navozující pocit absolutní profesionality a zbytečnosti jakýchkoli bezpečnostních omezení.
- Nevyhovující projekt reaktoru RBMK, zejména v oblasti reaktorové fyziky.
- Nízká úroveň automatizační techniky zabraňující nebo omezující chyby personálu.
- Politicky motivované rozhodnutí vyšších složek řízení – utajování faktů o jaderné energetice, nedostatečný výkon státního dozoru.

Celkové množství uniklých radioaktivních látek bylo odhadováno odborníky mnoha zemí na základě měření kontaminace ovzduší, atmosférického spadu a s použitím modelů šíření v atmosféře.

První odhady úniků byly provedeny na základě měření spadu na území tehdejšího SSSR a celkový únik poněkud podhodnocovaly, protože nebyl vzat v úvahu spad z ostatních evropských zemí. Další odhady pak berou v úvahu veškeré uniklé množství radionuklidů a jsou tedy pro některé, zejména těžké, radionuklidy poněkud vyšší. Rovněž analýzy složení spadu přímo na místě havárie pomohli k upřesnění odhadů. [2]

Tabulka č. 1 - úniky radioizotopů po havárii jaderné elektrárny Černobyl

Inventář reaktoru 26.4.1986			Celkový únik během havárie	
Nuklid	Poločas	Aktivita [PBq]	Procento inventáře	Aktivita [PBq]
¹³³ Xe	5.3 d	6500,00	100,00	6500,00
¹³¹ I	8.0 d	3200,00	50-60	~1760
¹³⁴ Cs	2.0 y	180,00	20-40	~54
¹³⁷ Cs	30.0y	280,00	20-40	~85
¹³² Te	78.0 h	2700,00	25-60	~1150
⁸⁹ Sr	52.0 d	2300,00	4-6	~115
⁹⁰ Sr	28.0 y	200,00	4-6	~10
¹⁴⁰ Ba	12.8 d	4800,00	4-6	~240
⁹⁵ Zr	1.4 h	5600,00	3,50	196,00
⁹⁹ Mo	67.0 h	4800,00	>3.5	>168
¹⁰³ Ru	39.6 d	4800,00	>3.5	>168
¹⁰⁶ Ru	1.0 y	2100,00	>3.5	>73
¹⁴¹ Ce	33.0 d	5600,00	3,50	196,00
¹⁴⁴ Ce	285.0 d	3300,00	3,50	~116
²³⁹ Np	2,4 d	27000,00	3,50	~95
²³⁸ Pu	86.0 y	1,00	3,50	0,04
²³⁹ Pu	24400 y	0,85	3,50	0,04
²⁴⁰ Pu	6580.0 y	1,20	3,50	0,04
²⁴¹ Pu	13.2 y	170,00	3,50	~6
²⁴² Cm	163.0 d	26,00	3,50	~0.9

(STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996, str. 76)

Další podobnou havárií byla havárie v JE Fukušima dne 11. března 2011 v důsledku zemětřesení a následné vlny tsunami.

Úniky radionuklidů z jaderné elektrárny Fukušima (**Obr. 12-13**), ke kterým došlo po 11. březnu, byly časově krátkodobé a variabilní a docházelo k nim s odstupem několika desítek hodin. Vzduch obsahující tyto radionuklidy se na cestě z Japonska do Evropy v závislosti na aktuálních meteorologických podmínkách v daném místě ředil a míchal, což mělo za následek, že do Evropy přicházely tyto úniky z různých směrů a v různých časech. Rozdíly v objemových aktivitách mezi jednotlivými odběrovými místy ČR byly dány především různým časem průchodu vzdušných mas nad různými monitorovacími body a různými časy počátku a ukončení odběru.

Zjištěné hodnoty objemových aktivit ^{131}I , ^{134}Cs a ^{137}Cs byly velice nízké v porovnání s hodnotami ^7Be nebo radonu a jeho dceřiných produktů (aktivita radonu ve vnějším prostředí je průměrně kolem 5 Bq/m^3 a uvnitř budov okolo 50 Bq/m^3).

V životním prostředí okolo jaderných elektráren se umělé radionuklidy nenacházejí. Je možná pouze přítomnost umělých radionuklidů, obzvláště ^{137}Cs a ^{90}Sr , které se do prostředí dostaly po zkouškách jaderných zbraní v druhé polovině 20. století a po černobylské havárii. Nicméně hodnoty a radioaktivní spad následkem této havárie je na území ČR velmi dobře zmapován a naměřené hodnoty jsou v souladu se zjištěním okolních států. Pro jaderné elektrárny je toto velice důležitým faktorem, neboť potenciální přítomnost radionuklidů v okolí jaderné elektrárny je snadno spojitelná s jejím každodenním provozem.

Téma této ročníkové práce bylo vybráno především k získání představy, jakým způsobem ovlivňuje provoz jaderné elektrárny její okolí a jakým způsobem je zajištěno její monitorování.

Odborná část mé ročníkové práce probíhala v Laboratoři radiační kontroly okolí jaderné elektrárny Temelín se sídlem v Českých Budějovicích (**Obr. 1**).

Hlavní činností laboratoře je:

- Výpočet čerpání autorizovaných limitů z plyných a kapalných výpustí dle schválených rozhodnutí SÚJB (Státního úřadu pro jadernou bezpečnost)
- Monitorování jednotlivých složek plyných a kapalných výpustí jaderné elektrárny Temelín za normální a havarijní radiační situace dle schváleného programu monitorování výpustí.
- Monitorování jednotlivých složek životního prostředí v zóně havarijního plánování (13 km) jaderné elektrárny Temelín za mimořádné (havarijní) radiační situace dle schváleného programu monitorování okolí.
- Monitorování jednotlivých složek životního prostředí v zóně havarijního plánování (13 km) jaderné elektrárny Temelín za normální radiační situace dle schváleného programu monitorování okolí.

Laboratoř radiační kontroly okolí Jaderné elektrárny Temelín dne 29. 10. 2008 získala Osvědčení o akreditaci č. 408/2011 (číslo zkušební laboratoře je 1241.4). Toto osvědčení vydal Český institut pro akreditaci, o.p.s. na základě posouzení splnění akreditačních kritérií podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 pro metody:

1. Stanovení objemových aktivit radionuklidů laboratorní spektrometrií gama – aerosoly z ovzduší
2. Stanovení objemových aktivit radionuklidů laboratorní spektrometrií gama – přírodní vody
3. Stanovení objemových aktivit radionuklidů laboratorní spektrometrií gama – mléko
4. Stanovení příkonu (fotonového) dávkového ekvivalentu pole záření gama tlakovou ionizační komorou RSS-131 – monitorovací místa v areálu a okolí jaderné elektrárny
5. Stanovení objemové aktivity tritia laboratorní kapalinovou scintilační spektrometrií záření beta – plyné výpusti
6. Stanovení objemové aktivity C-14 laboratorní kapalinovou scintilační spektrometrií záření beta – plyné výpusti
7. Stanovení ukazatele celková objemová aktivita alfa ve vodách – povrchové a odpadní vody

8. Stanovení ukazatele celková objemová aktivita beta ve vodách – povrchové a odpadní vody
9. Stanovení objemové aktivity tritia laboratorní kapalinovou scintilační spektrometrií záření beta – pitné, podzemní, povrchové, srážkové a technologické vody
10. Stanovení objemové aktivity tritia laboratorní kapalinovou scintilační spektrometrií záření beta – odpadní vody

Cílem ročníkové práce jest ucelené zpracování problematiky monitorování radiační situace okolí JE Temelín (**Obr. 15**). Následné porovnání následků havárie elektráren Fukushima a černobylské jaderné elektrárny na množství radioaktivního spadu na území České republiky.

Součástí je též praktické měření dávkového příkonu pomocí dostupného přístrojového vybavení v Laboratoři radiační kontroly okolí JE Temelín, měření objemové aktivity radioizotopů ^{137}Cs , ^{134}Cs , dále pak objemové aktivity ^{131}I v plynné i aerosolové formě.

2 Teoretická část

2.1 Monitorování radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín

Monitorování je prováděno podle platného a schváleného dokumentu Programu monitorování okolí ETE – metodika ME 203 rev01. Tento dokument je schválen rozhodnutím SÚJB čj. SÚJB/OROPC/18007/2010 ze dne 28. 7. 2010 – jako příloha čj. BETE/ 18-VI/2666920/2010 ze dne 11. 6. 2010, včetně příloh A a B, zaslaných jako příloha doplnění podání čj. B-ETE/29912915/2010 ze dne 14. 07. 2010. [6,7,8]

[1] Veškerá bilanční a průkazná měření jsou prováděna pomocí stanovených měřidel, tj. na zařízeních ověřených u Českého metrologického institutu – Inspektorátu ionizujícího záření, respektive u Akreditované kalibrační laboratoře č. 2245.2 – ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Dukovany. Měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu termoluminiscenčními dozimetry je navázáno na kalibraci Akreditované kalibrační laboratoře č. 2245.2 – ČEZ, a.s., Jaderná elektrárna Dukovany.

Stanovení radionuklidů ve vodách a v zemině je kontrolováno okružními rozbory prováděnými střediskem pro akreditaci hydroanalytických laboratoří ASLAB. Stanovení radionuklidů v aerosolech (nuklidy záření gama, $^{239,240}\text{Pu}$ a ^{90}Sr), ve spadech (nuklidy záření gama), ve vodách (nuklidy záření gama, ^3H a ^{90}Sr) a stanovení prostorového dávkového ekvivalentu H^* pomocí termoluminiscenčních dozimetrů (TLD) je kontrolováno pomocí srovnávacích měření organizovaných Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) v Praze v rámci „Radiační monitorovací sítě“.

2.1.1 Aerosoly a plynný radiojód

Odběry aerosolů pro stanovení nuklidů záření gama jsou prováděny ve stanicích radiační kontroly okolí pomocí velkoobjemových prosávacích zařízení VOPV (**Obr. 4**) s nastaveným průtokem 40 m³.h⁻¹. Filtry (**Obr. 5**) jsou po týdenní expozici slisovány do tablety o průměru 26,0 mm a výšce 8,0 mm.

Odběry vzdušnin pro stanovení plynné formy ^{131}I jsou prováděny ve staničce radiační kontroly okolí v Týně nad Vltavou pomocí velkoobjemových prosávacích zařízení VOPV s nastaveným průtokem 2 až 4 m³.h⁻¹. Jodové filtrační patrony (**Obr. 6**) se gamaspektrometricky proměřují po týdenní expozici.

V aerosolech v okolí ČEZ-ETE je obvykle měřeno z umělých radionuklidů pouze ^7Be (vzniká převážně působením kosmického záření) a ^{137}Cs (pochází z černobylského spadu).

Ostatní umělé radionuklidy jsou pod hodnotou minimálně detekovatelných aktivit. Ve sloučených vzorcích aerosolových filtrů za rok je rovněž stanovována objemová aktivita ^{90}Sr metodou extrakce ^{90}Y do TBP směřením na základě Čerenkova záření, popř. metodou separace stroncia kapalinovou scintilační chromatografií na kolonce SrSpec. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

Naměřené hodnoty objemové aktivity radioizotopu jódu ^{131}I v jodovém filtru (v jodové patroně) ve staničce radiační kontroly Týn nad Vltavou a radioizotopů jódu ^{131}I , césií ^{134}Cs a ^{137}Cs ve spojeném aerosolovém filtru ze staniček radiační kontroly okolí a areálu ETE korelují v období bezprostředně po havárii ve Fukušimě s hodnotami měřenými a uváděnými SÚRO na stránkách www.suro.cz. Jedná se o stopová množství radioaktivních látek unášená kolem Země výškovým prouděním z havarovaných japonských jaderných bloků.

2.1.2 Atmosférické spady

Odběr atmosférických spadů je prováděn pomocí velkoplošných odběrových zařízení JMK 401 (**Obr. 7**) umístěných ve staničkách radiační kontroly okolí Litoradlice (**Obr. 3**) a Zvěrkovice (v místech s převládajícím směrem větru), kde je plocha odběru 0,5 m². Zařízení neumožňuje rozlišení mokrých a suchých spadů.

Spady jsou vyhodnocovány v intervalu jednoho měsíce. Po okyselení byly upraveny metodou odpařování bez předchozí filtrace. Stanovení gamanuklidů je prováděno gamaspektrometrickou analýzou s použitím HPGe detektoru o relativní účinnosti 30 nebo 40% (**Obr. 10**) Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

Ve spadech je obvykle měřen pouze radionuklid ^7Be a ^{137}Cs , které pochází z globálního spadu. Naměřené hodnoty objemové aktivity radioizotopu jódu ^{131}I ve spadech u stanic radiační kontroly okolí v Litoradlicích a Zvěrkovicích korelují v období bezprostředně po havárii ve Fukušimě s hodnotami měřenými a uváděnými SÚRO na stránkách www.suro.cz. Jedná se o stopová množství radioaktivních látek unášená kolem Země výškovým prouděním z havarovaných japonských jaderných bloků.

2.1.3 Srážkové spady

Odběr srážkových vod je kontinuálně prováděn pomocí stabilního odběrového zařízení typu MTM 400 v lokalitě meteostanice Temelín. Ve srážkových vodách je sledován obsah tritia. Pro měření jsou vzorky predestilovány a měření provedena na kapalinovém scintilačním spektrometru záření beta TriCarb 3170 TR/SL. V měřicím bodě nebyl zaznamenán zvýšený obsah tritia. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.4 Povrchové vody

Povrchové vody jsou pro stanovení gamanuklidů odebrány v množství 10 litrů. Odebrané vzorky vody jsou následně odpařovány a zahuštěný vzorek vody je přenesen do Marinelliho nádoby o objemu 1000 ml, ve které se gamaspektrometricky analyzují. Pro stanovení ukazatele celkové objemové aktivity alfa a beta jsou vzorky povrchové vody odebrány v množství 3 l. Radiochemické zpracování a stanovení je provedeno dle ČSN 757611 a 757612.

Vzorky pro stanovení tritia jsou odebrány samostatně v množství 250 ml, pro měření jsou vzorky predestilovány a měření provedena na kapalinovém scintilačním spektrometru záření beta TriCarb 3170 TR/SL.

Ve vzorcích povrchových vod je jednou za rok rovněž stanovována objemová aktivita ^{90}Sr metodou extrakce ^{90}Y do TBP s měřením na základě Čerenkova záření, popř. metodou separace stroncia kapalinovou scintilační chromatografií na kolonce SrSpec. Hodnoty objemových aktivit tritia v řece Vltava (profil Vltava-Hladná a Vltava-Solenice) jsou v

souladu s očekávanými hodnotami a nepřekračují vyšetřovací úroveň a úroveň imisního standardu z Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.5 Podzemní vody

Podzemní vody jsou pro stanovení gamanuklidů odebrány v množství 10 litrů. Odebrané vzorky vody jsou následně odpařovány a zahuštěný vzorek vody je přenesen do Marinelliho nádoby o objemu 1000 ml, ve které se gamaspektrometricky analyzují. Vzorky pro stanovení tritia jsou odebrány samostatně v množství 250 ml, pro měření jsou vzorky předestilovány a měření provedena na kapalinovém scintilačním spektrometru záření beta TriCarb 3170 TR/SL. V souvislosti s vybudováním meziskladu vyhořelého jaderného paliva v areálu jaderné elektrárny Temelín byl do plánu odběru a analýz vzorků zařazen podzemní vrt RK 26. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.6 Pitné vody

Pitné vody jsou pro stanovení gamanuklidů odebrány v množství 10 litrů. Odebrané vzorky vody jsou následně odpařovány a zahuštěný vzorek vody je přenesen do Marinelliho nádoby o objemu 1000 ml, ve které se gamaspektrometricky analyzují.

Vzorky pro stanovení tritia jsou odebrány samostatně v množství 250 ml, pro měření jsou vzorky předestilovány a měření provedena na kapalinovém scintilačním spektrometru záření beta TriCarb 3170 TR/SL. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.7 Půdy

Pro kontrolu je pomocí speciálního odběrového zařízení odebírána 1 vrstva půdy, v hloubce 0 až 5 cm pod povrchem terénu. Odběr je proveden ze známé plochy neobdělávané půdy v místě měření in situ. Pro měření se použije frakce o velikosti části menší než 2 mm. Ve sloučených vzorcích neobdělávaných půd je rovněž stanovována objemová aktivita ^{90}Sr metodou extrakce ^{90}Y do TBP s měřením na základě Čerenkova záření, popř. metodou separace stroncia kapalinovou scintilační chromatografií na kolonce SrSpec. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.8 Sedimenty

Pro kontrolu je odebírána povrchová vrstva sedimentů jednou ročně v místech odběru vzorků povrchových vod. Sedimenty jsou odebírány lopatkou nebo speciálním odběrovým zařízením do hloubky vrstvy 5 cm. Pro měření je použita frakce o velikosti menší než 2 mm. Ve vzorcích jsou měřitelné z umělých radionuklidů pouze ^{137}Cs , které pochází z globálního spadu. Odběry sedimentů byly provedeny ve 2. čtvrtletí 2011. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.9 Příkon dávkového ekvivalentu záření gama pomocí TLD

V tříměsíčních intervalech je pomocí termoluminiscenčních dozimetrů sledován průměrný příkon dávkového ekvivalentu. Ve vnitřní zóně havarijního plánování (ve vzdálenosti do 5 km od zdroje JE Temelín) je po dobu 3 měsíců exponováno celkem 35 ks termoluminiscenčních dozimetrů. Analýza termoluminiscenčního dozimetru v areálu Laboratoře radiační kontroly okolí JE Temelín v Českých Budějovicích se provádí nad rámec schváleného Programu monitorování okolí.

Vyhodnocování termoluminiscenčních dozimetrů je prováděno na přístroji HARSHAW 4500. Jako detektor je používán materiál LiF: Mg, Cu, P (označení TLD 100H) firmy HARSHAW ve čtyřprvkových kartách pro monitorování životního prostředí. Hodnoty příkonu dávkového ekvivalentu a ekvivalentní dávky z vnějšího ozáření zářením gama ve sledovaných oblastech jsou na úrovni přirozeného pozadí. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.10 Terénní spektrometrie gama

Terénní gamaspektrometrická měření neobdělávaných půd jsou prováděna ve čtvrtletním intervalu v 5-ti lokalitách. V případě obdělávaných půd jsou prováděna jednou ročně ve 4 lokalitách. K měření je použit přenosný HPGe detektor bez kolimace umístěný 1 m nad zemí.

Při výpočtu aktivit se předpokládá přítomnost umělých radionuklidů pouze na povrchu půdy, což odpovídá situaci krátce po spadu. Rozdílné hodnoty mezi jednotlivými lokalitami jsou běžné a pouze dokumentují variabilitu přítomnosti radionuklidů v různých místech povrchu Země. Je stanovována plošná aktivita umělých radionuklidů a hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů (^{40}K , U-řada, Th-řada).

V neobdělávané a obdělávané půd v okolí ČEZ-ETE je měřeno z umělých radionuklidů pouze ^{137}Cs (pochází z černobylského spadu). Ostatní umělé radionuklidy jsou pod hodnotou minimálně detekovatelných aktivit. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.11 Monitorování příkonu prostorového fotonového dávkového ekvivalentu pomocí přenosných přístrojů

Měření příkonu prostorového fotonového dávkového ekvivalentu záření gama je prováděno současně směřením in situ ve stejných lokalitách jako terénní gamaspektrometrická analýza. Pro měření jsou používány přenosné přístroje typu Reuter-Stokes RSS 131, případně Exploranium GR-135 (**Obr. 11**) umístěné ve výšce 1 m nad povrchem terénu. Příkon fotonového dávkového ekvivalentu záření gama je ve všech měřících bodech na úrovni přirozeného pozadí. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

2.1.12 Monitorování skládky komunálního odpadu Temelínec

Měření příkonu prostorového fotonového dávkového ekvivalentu záření gama na skládce komunálního odpadu Temelínec probíhá v rozsahu stanoveném v Rozhodnutí SÚJB čj. 9343/4.3/05. Měření se provádí ve vzdálenosti 1 m nad povrchem skládky na minimálně 3 místech. Měření je prováděno stanoveným měřidlem (RSS 131 nebo GR 135) 1 krát týdně. Hodnoty příkonu prostorového fotonového dávkového ekvivalentu záření gama jsou ve všech měřících bodech skládky na úrovni přirozeného pozadí. Vyšší hodnoty referenčního místa (pozadí) jsou způsobeny vyšším obsahem písku a šterku v místě měření. Měřící body 1 až 4 jsou zastíněny zavezeným odpadem. Vliv provozu ČEZ-ETE nebyl zaznamenán.

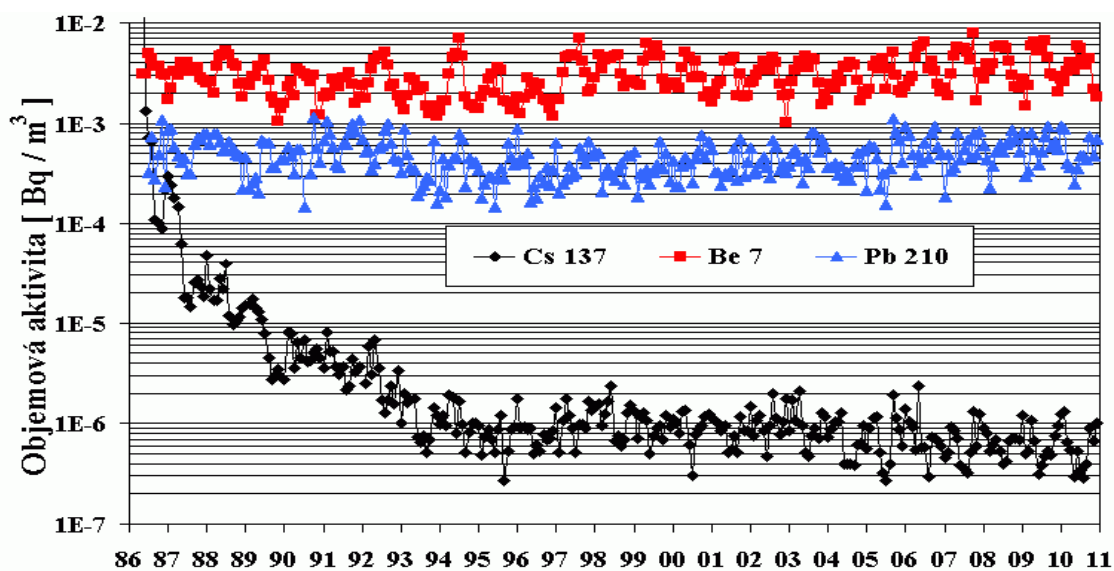
2.1.13 Monitorování prostorového dávkového ekvivalentu ve staničkách RKO

Měření příkonu prostorového dávkového ekvivalentu ve staničkách radiační kontroly okolí je prováděno pomocí sond firmy EBERLINE FHZ 621 (**Obr. 8**) a firmy VF Černá Hora MDG04e. Měření prostorového dávkového ekvivalentu záření gama na staničkách radiační kontroly okolí Jaderné elektrárny Temelín (areál LRKO České Budějovice, Bohunice, Zvěrkovice, Nová Ves, Litoradlice, Sedlec a Týn nad Vltavou) se monitoruje od září roku 2002, v případě lokality Týn nad Vltavou od roku 2005. Změřené hodnoty jsou v mezích výsledků měření z předchozích let. [1]

2.2 Aktuální radiační situace v ČR po havárii JE Fukušima

[3] Od Černobylské havárie SÚRO standardně monitoruje aktivity v ovzduší, z nichž dlouhodobě je již měřitelné z umělých radionuklidů pouze ^{137}Cs . Ve spektrech jsou identifikovatelné kromě ^{137}Cs i přírodní radionuklidy ^7Be , které je kosmogenního původu, a ^{210}Pb , které je produktem přeměny přírodního ^{222}Rn . Přírodní radionuklidy jsou hodnoceny hlavně z důvodu ověřování správnosti měření jednotlivých laboratoří RMS.

Graf 1 - objemové aktivity radionuklidů od havárie Černobylu



(SÚRO: Průměrné měsíční aktivity ^{137}Cs , ^7Be , ^{210}Pb ve vzdušném aerosolu, www.suro.cz, 2012)

Objemová aktivita ^{137}Cs je především dána přísunem z vyšších vrstev atmosféry a resuspenzí původního spadu z půdního povrchu. Její hodnota se v současné době pohybuje okolo $1 \mu\text{Bq/m}^3$. Část aktivity ^{137}Cs pochází z globálního spadu, který je důsledkem dřívějších

zkoušek jaderných zbraní v atmosféře, část pochází z havárie jaderné elektrárny v Černobylu. Kromě ^{137}Cs se v atmosféře vyskytuje ^7Be , které je kosmogenního původu a vykazuje typické sezónní variace dané charakterem vzdušného proudění v průběhu každého roku. Průměrná hodnota objemové aktivity je okolo $3000 \mu\text{Bq/m}^3$. Třetím sledovaným radionuklidem je ^{210}Pb , které je produktem přeměny ^{222}Rn . Jeho průměrná dlouhodobá hodnota činí přibližně $500 \mu\text{Bq/m}^3$.

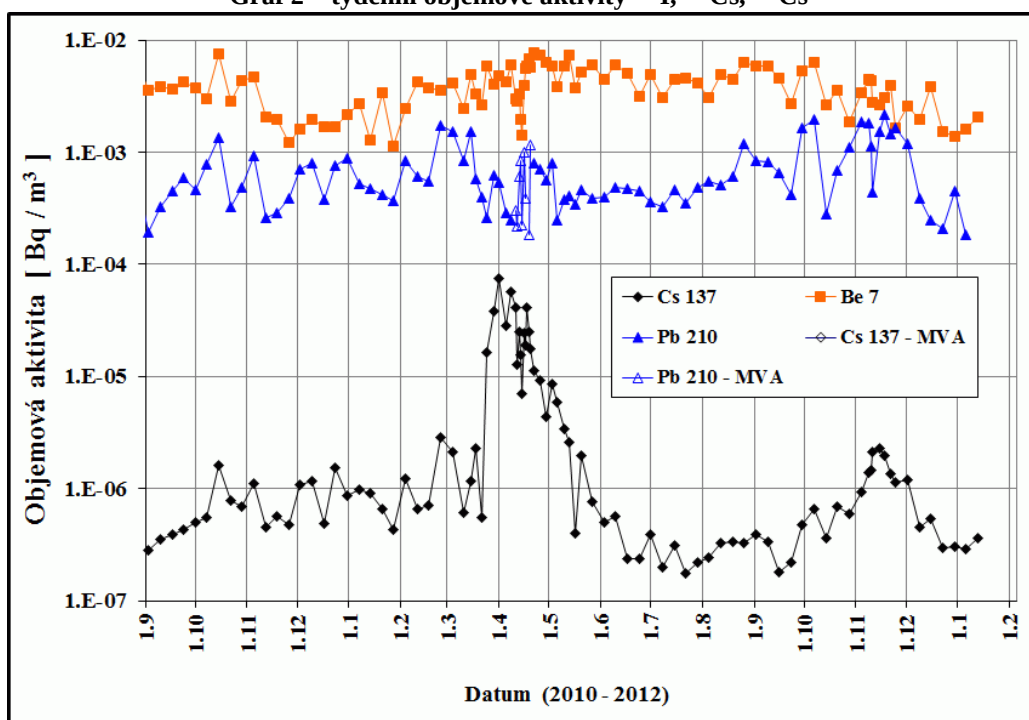
Tento standardní způsob monitorování je v SÚRO z důvodu velice nízkých aktivit ^{137}Cs nacházejících se již řadu let v ovzduší nastaven tak, že se měří týdenní vzorky kontinuálně odebíraných aerosolů odběrovým zařízením s průtokem $900 \text{ m}^3/\text{h}$. Měření vzorku trvá až 6 dnů, aby bylo dosaženo citlivosti dovolující spolehlivě stanovit současné hodnoty aktivit ^{137}Cs . Na ostatních monitorovacích místech vybavených odběrovými zařízeními s menším průtokem ležely, až do událostí v JE Fukušima často hodnoty aktivity ^{137}Cs i po dlouhém měření pod prahem detekce.

V souvislosti s událostmi v Japonsku (zemětřesení a tsunami a počátek následných problémů jaderných elektráren z 11. března 2011) byl zkrácen na všech monitorovaných místech interval odběru a následného měření tak, aby jednak byly hodnoty měřitelné a jednak, aby mohly být veřejnosti poskytnuty informace co nejdříve. Postupně, jak se aktivita v ovzduší snižovala, byl i interval monitorování prodlužován. V současné době je na všech místech opět 1 týden, jak tomu bylo před havárií JE Fukušima.

Na grafu 2 jsou uvedeny týdenní hodnoty objemové aktivity ^{137}Cs , ^7Be a ^{210}Pb v aerosolu naměřené v lokalitě SÚRO Praha za poslední více než rok. Pro větší názornost je na **grafu 2a** uvedeno totéž s lineární y-ovou stupnicí, v níž, jak je vidět, hodnoty aktivity ^{137}Cs i v období po havárii JE Fukušima téměř splývají s „nulou“.

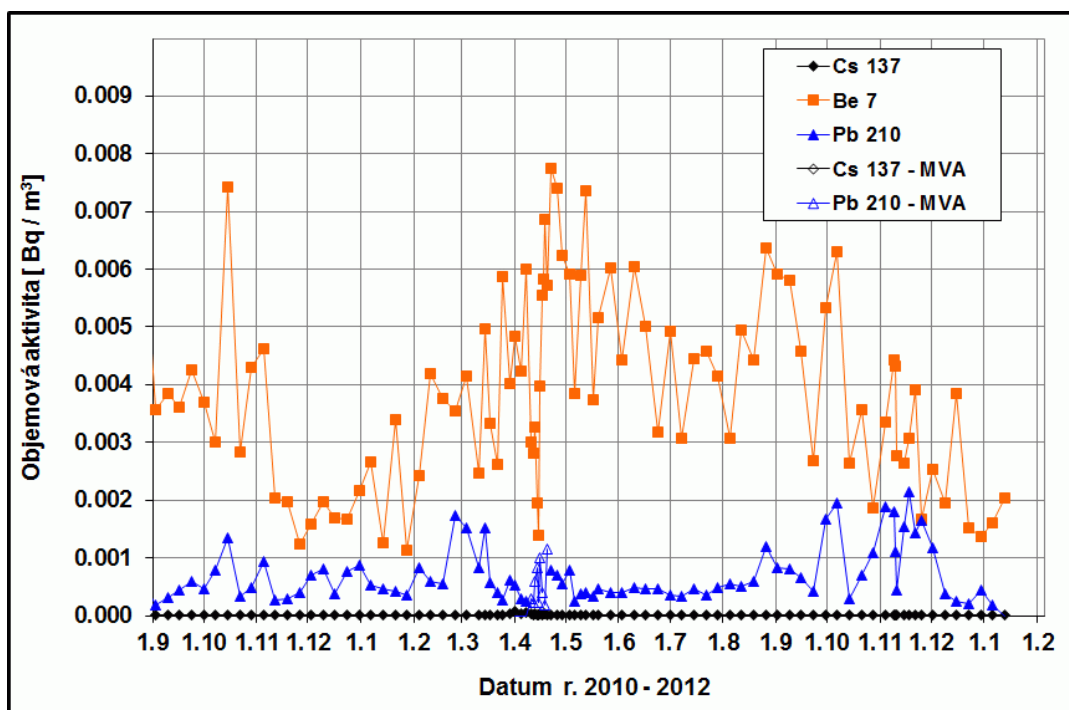
Graf 3 uvádí maximální zjištěné hodnoty objemových aktivit ^{131}I , ^{134}Cs a ^{137}Cs na území ČR v době, kdy ležely nad prahem detekce. V poslední dekádě května 2011 však aktivity ^{131}I a ^{134}Cs klesly pod prahem detekce, proto již nejsou údaje dále zobrazovány. Objemové aktivity ^{137}Cs , které jsou způsobeny resuspenzí spadu pocházejícího z testů jaderných zbraní v atmosféře a z JE Černobyl, a které jsou i nadále měřitelné, jsou uvedeny na **grafu 2**.

Graf 2 – týdenní objemové aktivity ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs



(SÚRO: Týdenní hodnoty objemové aktivity, www.suro.cz, 2012)

Graf 2a – týdenní objemové aktivity ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs



(SÚRO: stejné jako obrázek číslo jedna – lineární zobrazení, www.suro.cz, 2012)

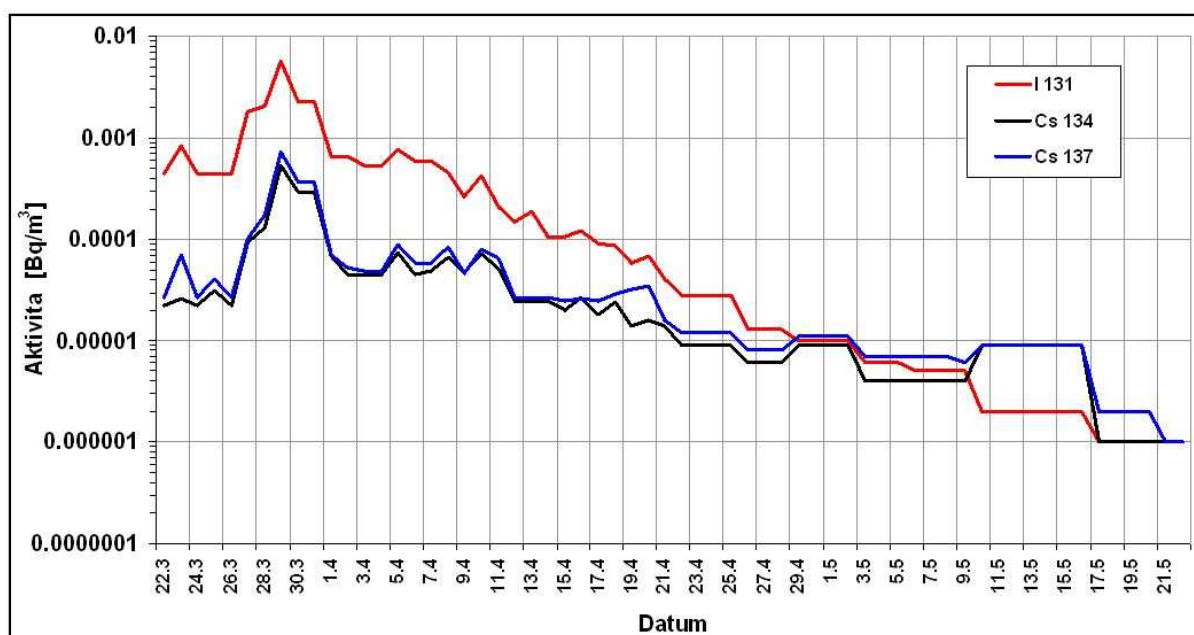
Poznámka ke grafům 2 a 2a:

Červené body (objemové aktivity přírodního radionuklidu ^7Be) leží v intervalu jedna tisícina až jedna setina Bq/m^3 , zatímco černé body (^{137}Cs) leží v intervalu jedna desetimilióntina až jedna desetitisícina Bq/m^3 .

MVA = minimální významná aktivita (práh detekce)

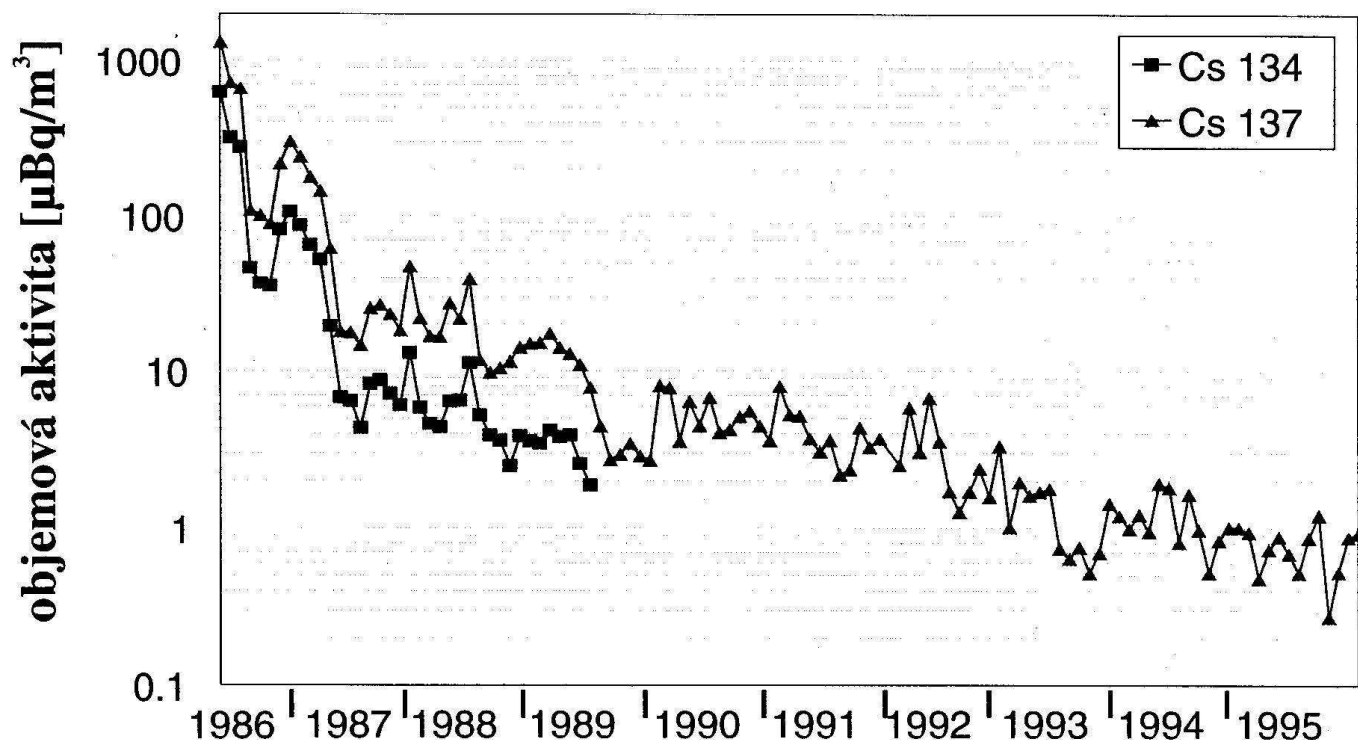
Pro připomenutí, objemové aktivity vzduchu, které přišly na naše území v důsledku černobylské havárie v dubnu až květnu 1986, dosahovaly hodnot desítek až stovek Bq/m^3 .
[3]

Graf 3 – maximální hodnoty objemových aktivit aerosolů po havárii JE Fukušima



(SÚRO: Maximální hodnoty objemových aktivit v aerosolech na území ČR naměřeny po havárii JE Fukušima, www.suro.cz, 2012)

Graf 4 - měsíční průměry objemových aktivit ^{137}Cs a ^{134}Cs v aerosolu



Tento graf je zde uveden za účelem porovnání objemových aktivit radioizotopů po úniku z JE Fukušima z reaktoru JE Černobyl. Lze si všimnout, že nejvyšší hodnoty zde jsou o jeden či jeden a půl řádu vyšší než na grafech výše (str. 22).

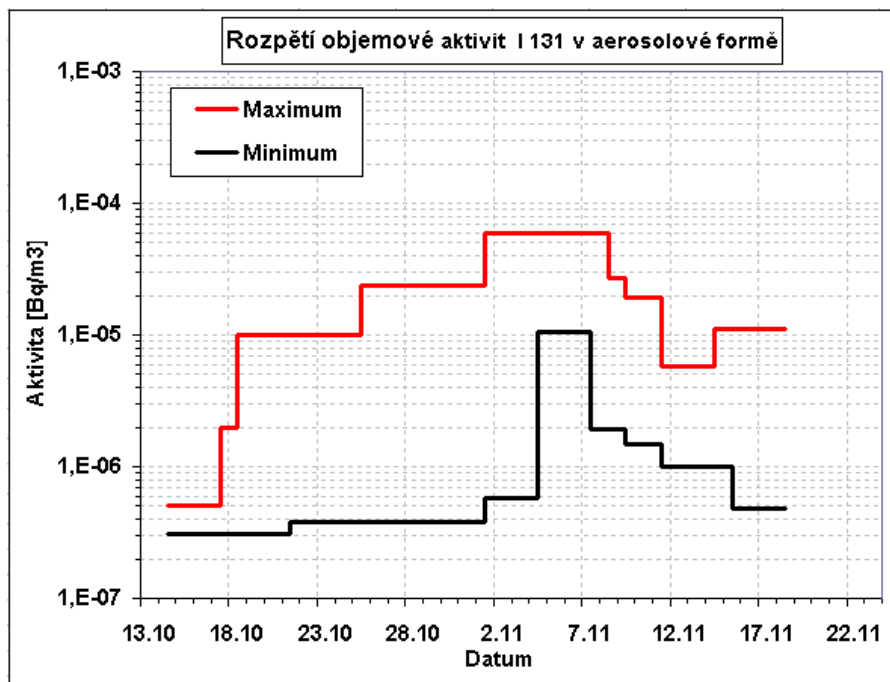
(STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996, str. 54)

Měřicí místa kontaminace ovzduší Radiační monitorovací sítě ČR zaznamenala v rámci rutinního monitorování v období od 14.10.11 přítomnost stopových množství radioaktivního jodu ^{131}I v ovzduší. Jde o velmi nízké koncentrace na úrovni mikro Bq/m^3 v aerosolové i plynné formě. Přestože obsah jodu v ovzduší v žádném případě neohrozil zdraví obyvatel, SÚJB vydal pokyn ke změně režimu monitorování tak, aby bylo získáno co nejvíce dat. Od 18.11.2011 pracuje celá síť opět v týdenním režimu monitorování. [3]

Ukázalo se, že přítomnost radiojodu byla způsobena únikem z Izotopového institutu v Budapešti (výroba pro farmaceutické účely). [4]

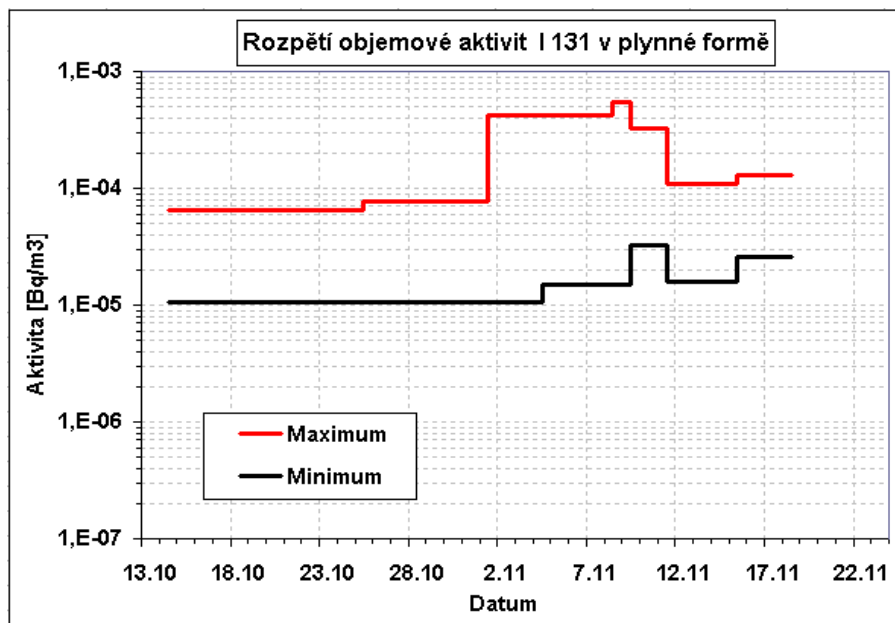
Naměřené hodnoty koncentrace radioaktivního jodu ^{131}I v ovzduší jsou nižší, než jaké byly na území České republiky v březnu 2011 po havárii JE Fukušima. Od 18.11. 2011 leží hodnoty ^{131}I v plynné i aerosolové formě ve všech monitorovacích místech pod mezí detekce, proto již dále nejsou uváděny. [3]

Graf 5 - rozpětí objemové aktivity ^{131}I v aerosolové formě



(SÚRO: Objemová aktivita I-131 v aerosolech v říjnu a listopadu 2011, www.suro.cz, 2012)

Graf 6 - rozpětí objemové aktivity ^{131}I v plynné formě



(SÚRO: Objemová aktivita I-131 v plynné formě v říjnu a listopadu 2011, www.suro.cz, 2012)

3 Praktická část

Praktická část probíhající v terénu byla zaměřena především na monitorování a plynné a aerosolové formy ^{131}I , poté následný odběr a import do Laboratoře radiační kontroly okolí v Českých Budějovicích. Odběr vzorků z velkoplošných odběrových zařízení JMK 401 pro atmosférický spad a to ve Staničkách radiační kontroly okolí Litoradlice a Zvěrkovice.

Odběr vzorků aerosolu je prováděn ve Staničkách radiační kontroly okolí v oblasti kolem Jaderné elektrárny Temelín. V každé z těchto stanic je umístěno velkoobjemové průtokové zařízení VOPV s nastaveným průtokem 40 m³.h⁻¹. Vzduch proudí přes tkané Jodové filtry. Tyto filtry jsou po týdenní expozici odebrány a převezeny do LRKO, kde jsou následně slisovány do tablety o průměru 26,0 mm a výšce 8,0 mm a analyzovány.

Měření plynné formy ^{131}I je prováděno v SRKO v Týně nad Vltavou. Odběr vzdušiny je taktéž proveden velkoobjemových průtokových zařízení VOPV však o mnohem nižším průtoku než v jiných staničkách a to 2 až 4 m³.h⁻¹. Místo jodového tkaného filtru je zde umístěna jodová filtrační patrona s obsahem aktivního uhlí, která se kontinuálně jednou za týden vymění a proměřuje se gamaspektrometricky.

Atmosférické spady jsou odebírány zařízením JMK 401 ve SRKO Zvěrkovice a Litoradlice. Plocha odběrového zařízení je 0,5 m². Tato technologie nerozlišuje mokré a suché spady. Odběr a analýza vzorků je prováděna jednou za měsíc. Vzorek je okyselen a upraven odpařením bez předchozí filtrace. K laboratorní gamaspektrometrické analýze se používá detektor HPGe s relativní účinností 30-40 %.

Zaměřil jsem se především na měření objemových i spadových aktivit Cs a I z toho důvodu, že ačkoli nejsou nejvíce nebezpečné z hlediska radioaktivity, alespoň v případě Cs, jsou mezi těmi umělými radionuklidy nejvíce zastoupeny, tudíž se dají ve velkém objemu nejsnáze naměřit. S jódem pracuje štítná žláza, tudíž je zde možnost snadnější vnitřní kontaminace organismu v důsledku vdechnutí např.. Proto se v případech jaderných havárií vydávají jodové kapsle, aby se zabránilo dočasně funkci štítné žlázy, „pracovat“ s radiojódem.

V neposlední řadě se podle těchto radioizotopů nejsnáze určuje velikost následků jaderné havárie.

Tato hypotéza nebo spíše fakt jsou přirovnatelné k havárii ropného vrtu – z ropného vrtu (uvažujme na pevnině) uteče plyn a unikne ropa. Ropa s mnohem vážnějšími důsledky na životní prostředí, vyteče na povrch a rozlije se do vzdálenosti několika maximálně desítek metrů. Uniklý ne tolik nebezpečný plyn je možno zaznamenat o stovky metrů dále i vizuálně díky způsobenému výbuchu. Právě díky plynu si můžeme udělat představu o velikosti havárie. Takto leč laicky lze vyobrazit Cs a I při jaderné havárii.

4 Výsledky a diskuse

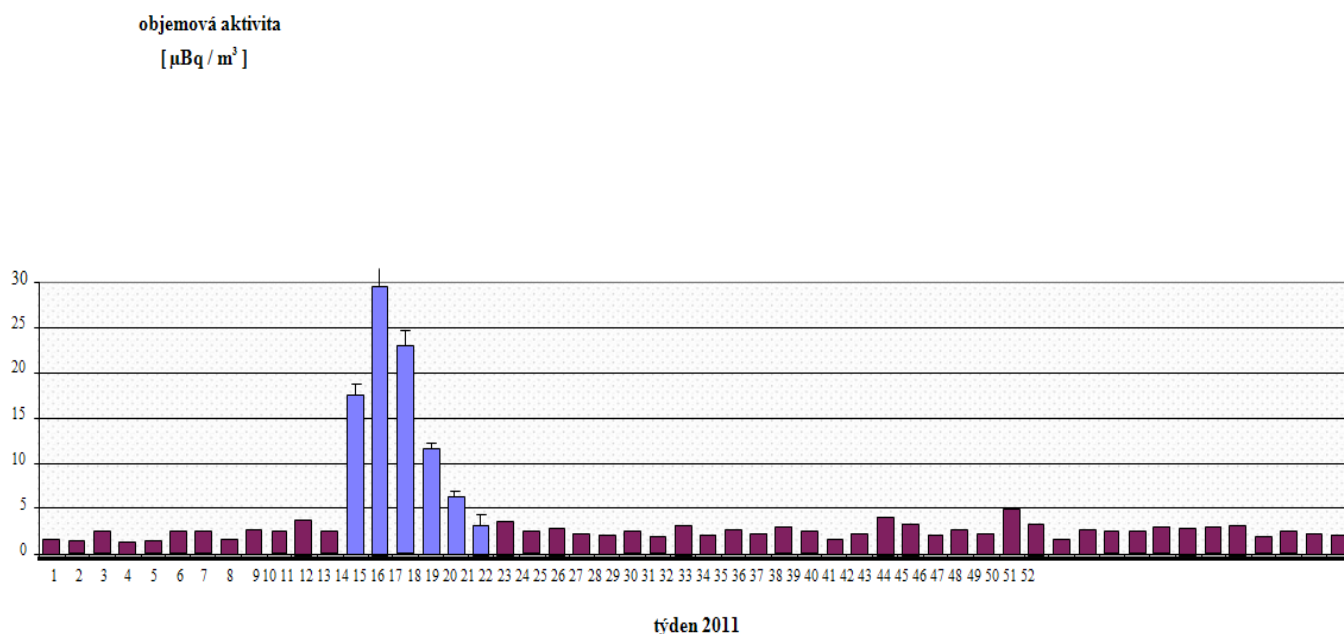
4.1 Výsledky

Na grafech 7 a 8 můžeme vidět výsledky objemové aktivity aerosolů ^{137}Cs a ^{131}I v ovzduší měřené zařízením ve SRKO v oblasti kolem JE Temelín a analyzované v LRKO v Českých Budějovicích. Z grafů je patrné, že objemová aktivita ve ¾ roku je nižší než jsme schopni přístroji naměřit. N grafu 9 je objemová aktivita plynné formy radioizotopu ^{131}I měřená v SRKO v Týně nad Vltavou. Grafy 10 a 11 ukazují atmosférické spady ^{131}I a ^{137}Cs měřené v SRKO Litoradlice a 12 a 13 spady v oblasti Zvěrkovice technologií velkoobjemového zařízení JMK 401.

MDA – minimální detekovaná aktivita, tvoří fialové části grafu

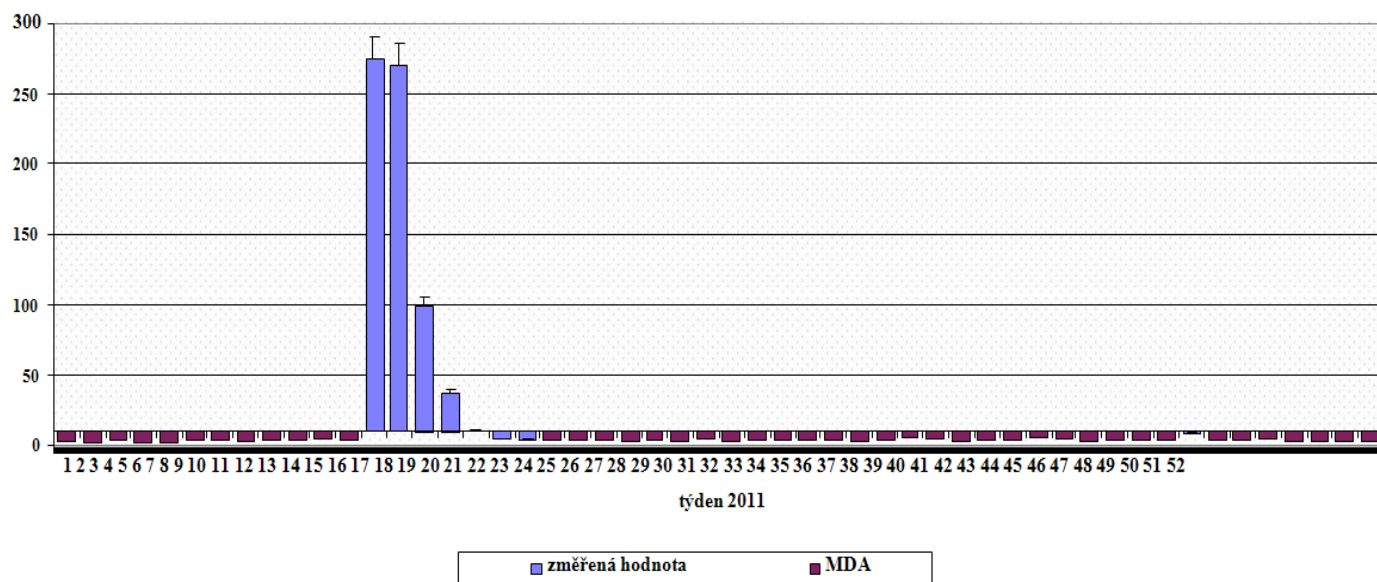
Modrá část grafu je naměřená aktivita radioizotopů

Graf 7 – Aerosoly ^{137}Cs



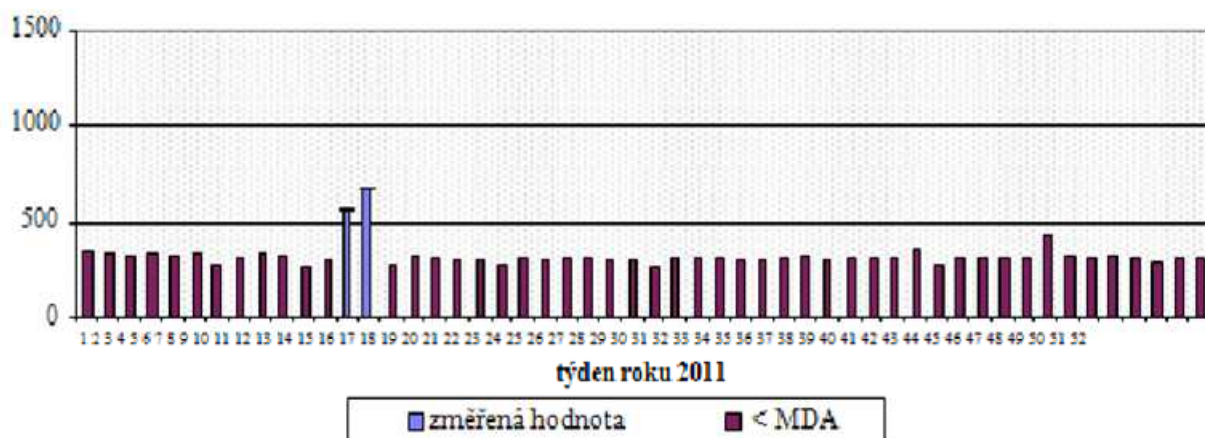
Graf 8 – Aerosoly ^{131}I

Objemová aktivita
[$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]



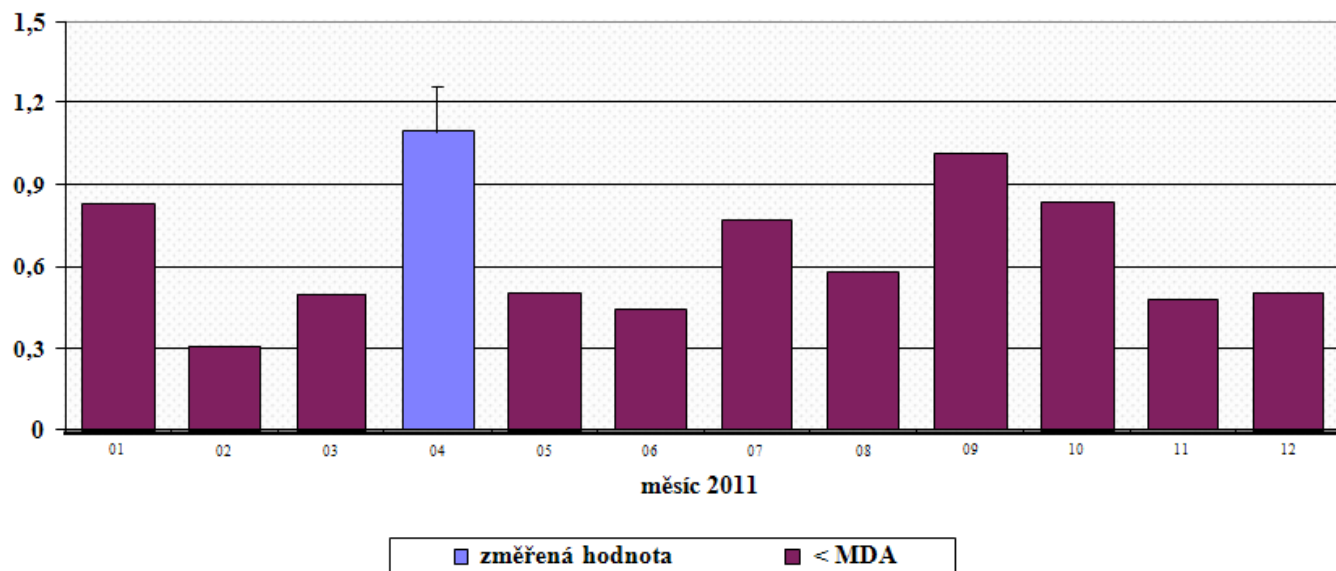
Graf 9 – Plynná forma ^{131}I

Objemová aktivita
[$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]



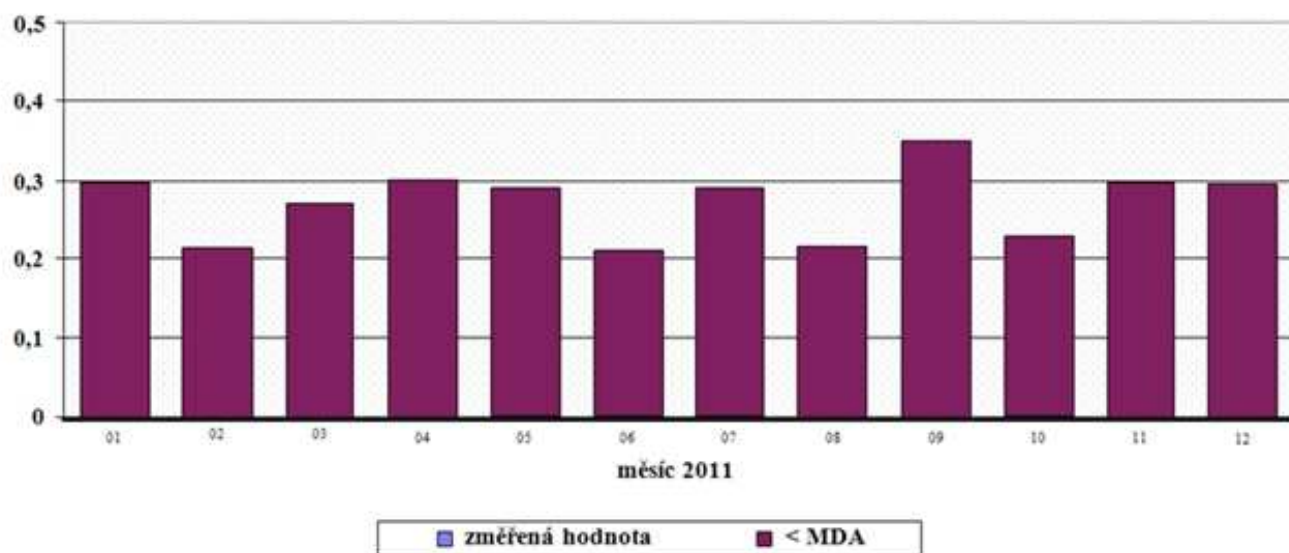
Graf 10 – Spady ^{131}I (Litoradlice)

Plošná aktivita
[Bq/m²]

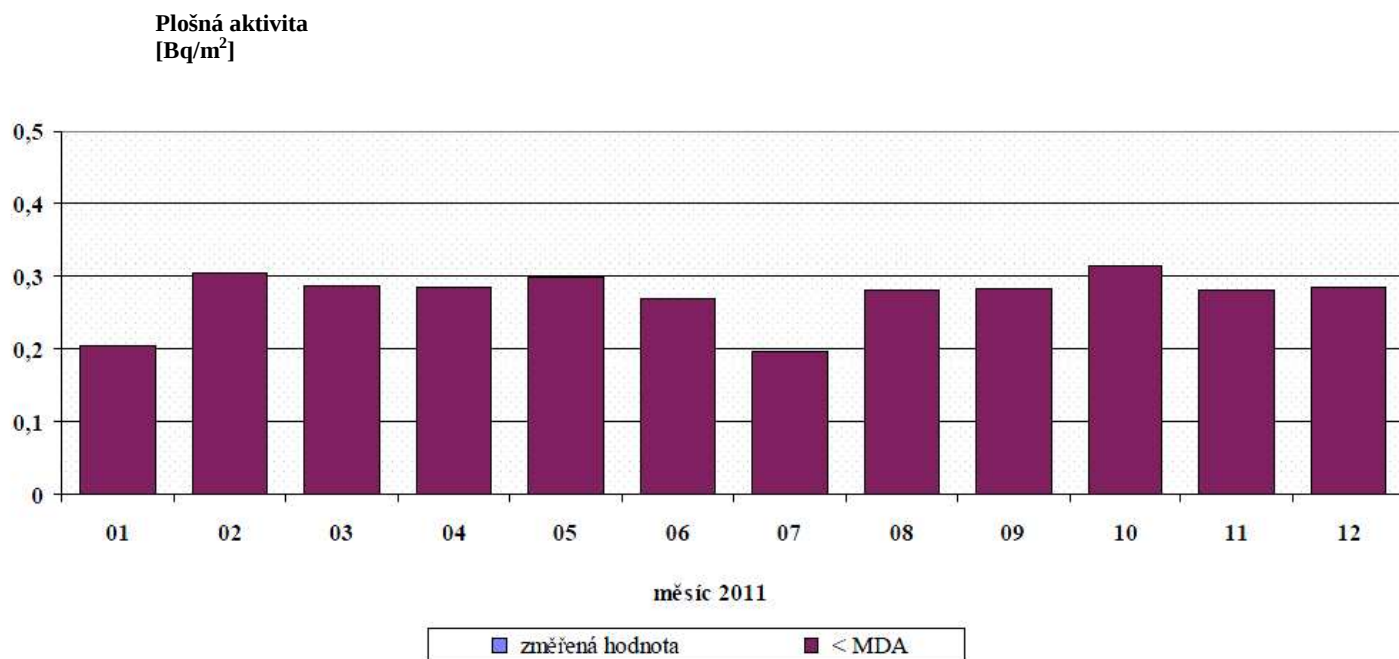


Graf 11 – Spady ^{137}Cs (Litoradlice)

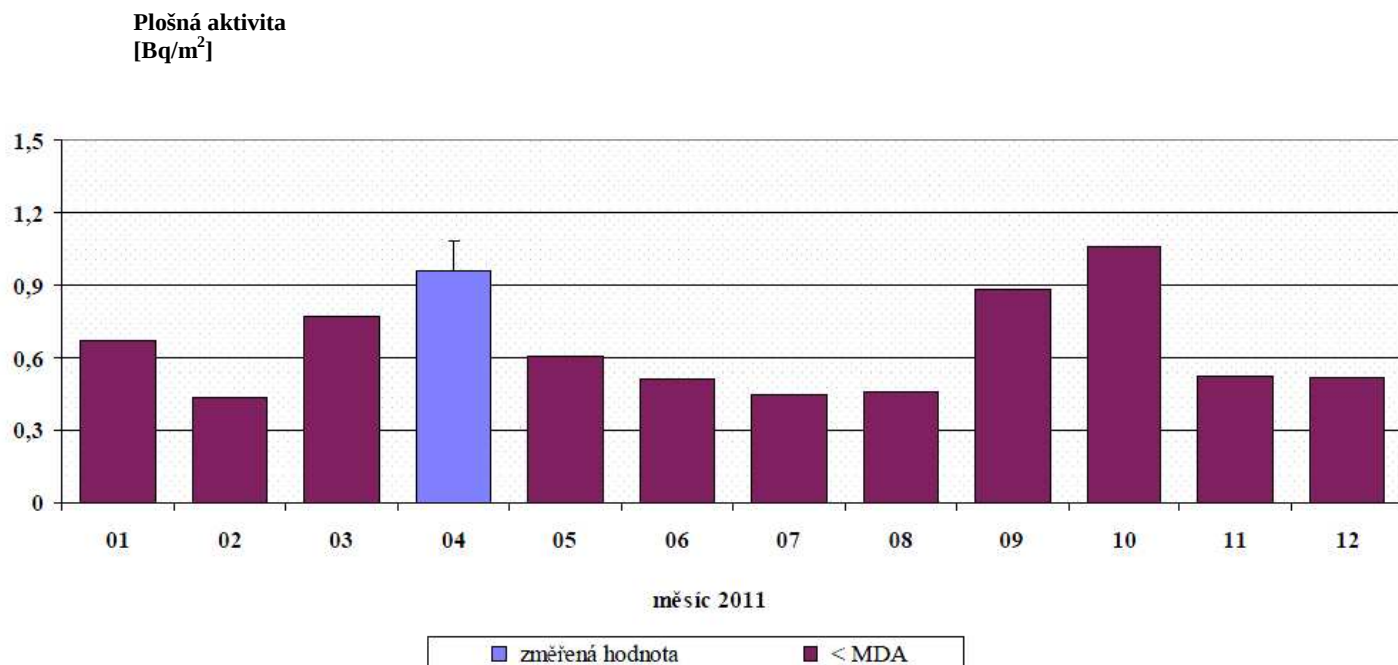
Plošná aktivita
[Bq/m²]



Graf 12 – Spady ^{137}Cs (Zvěrkovice)



Graf 13 – Spady ^{131}I (Zvěrkovice)



Modré části grafů poukazují na to, že došlo k určitému nárůstu aktivity vlivem havárie ve Fukušimě. Nicméně stále jsou tyto hodnoty v souladu se zářením z přírodního pozadí.

Na grafech 7, 8, 9 jsou zobrazeny výsledky měření především plyných a aerosolových forem izotopů ^{137}Cs a ^{131}I . Tato data jsou zprůměrovaná z dat získaných ze všech stanic z oblasti kolem JE Temelín odebíraná kontinuálně každý týden. Grafy 10, 11, 12 a 13 jsou ukazatelem plošné aktivity těchto radioizotopů, ovšem v atmosférických spadech.

Já sám jsem se účastnil několika měření v období říjen, listopad, prosinec – na grafech 7-9 počítáme na x-ové souřadnici 37 až 52 týden. A na grafech 10-13 je to řazeno dle měsíců.

Jak již bylo zmíněno, většina údajů je v úrovni přírodního pozadí resp. pozadí, které je důsledkem havárie v JE Černobyl v roce 1986. Výjimkou jsou údaje z jara 2011, především z měsíce dubna, kdy došlo k havárii jaderného reaktoru Fukušima, a dále údaje z konce roku 2011, kdy došlo k úniku v budapešťském institutu pro výrobu radioizotopů. Tudíž zvýšená množství radioizotopů z obou období nejsou způsobena běžným a bezpečným provozem JE Temelín. Aktuální množství spadů ^{137}Cs pocházejícího z Fukušimy se již pohybuje v mezích detekovatelnosti dnešních technologií.

4.2 Diskuse

Dle tabulek a grafů v této práci lze usoudit, že JE Temelín splňuje požadavky bezpečného provozu ke vztahu k životnímu prostředí a zároveň potvrzují mé očekávání, získaných při studiu ročních zpráv o monitorování okolí JE Temelín a zároveň dat dostupných pro veřejnost na webových stránkách SÚRO, SÚJB a společnosti ČEZ a.s. V neposlední řadě nelze porovnávat havárii JE Fukušima a JE Černobyl a upřednostňovat díky této události radikální řešení jako např.: zavírání JE v Německu. Jak lze vyvodit z grafů (2 a 2a a 3) dopady havárie JE Fukušima jsou v porovnání s havárií Černobylu zanedbatelné (**viz. Graf 4, 14, 15**), vliv havárie Černobylské elektrárny byl na našem území podstatně vyšší, než je tomu v případě JE Fukušima. **Graf 14** ukazuje plošnou aktivitu spadu cesia v měsíčních odběrech až po rok 1995 a je zřejmé, že údaje jsou téměř 100-krát vyšší než z dubna 2011 (**viz. Graf 11, 12**) po následcích havárie JE Fukušima. Hodnoty z **grafu 15** jsou v porovnání s daty objemových aktivit jódu na grafech **2a, 2 a 3** až milionkrát větší. To potvrzuje fakt, že dopady havárie Černobylu byly nebo jsou mnohem větší než dopady Fukušimi.

Pod textem je ukázána tabulka zdravotních potíží v souvislosti s velikostí jednorázové efektivní dávky.

Tabulka č. 2 – Efektivní dávka

0,6 mSv	průměrné roční ozáření obyvatele ČR vlivem rentgenové diagnostiky
1 mSv	mezinárodně uznávaný limit pro nejvyšší přípustné roční ozáření obyvatele z umělých zdrojů
3 mSv	průměrné roční ozáření obyvatele ČR z přírodních zdrojů (přírodního pozadí)
50 mSv	nejvyšší přípustné ozáření pracovníka se zdroji záření v jednotlivém roce
1000 mSv	nejnižší hodnota pro bezprostřední zdravotní obtíže po jednorázovém ozáření
10000 mSv	smrtelná dávka po jednorázovém ozáření

(STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996, str. 22)

Z celkového přírodního ozáření způsobuje jen inhalace radonu a jeho produktů radioaktivní přeměny v budovách v průměru 1 až 1,5 mSv ročně. Mimo jiné při pobytu v horách je kosmická složka přírodního ozáření mnohem vyšší. Ozáření lidí v důsledku Černobylské havárie je do roku 1996 podstatně nižší než ozáření při rentgenovém vyšetření žaludku (4,5 mSv) či bederní páteře (2,9 mSv).

Na obrázku máme znázorněny roční příspěvky k ozáření jedince z obyvatelstva z přírodních a umělých zdrojů.

Tabulka č. 3 - roční příspěvky ozáření

Roční příspěvky k ozáření průměrného jedince z obyvatelstva z přírodních a umělých zdrojů	
PŘÍRODNÍ ZDROJE	
kosmické (gama) záření	0,30 mSv
terestriální záření (převážně pochází z draslíku ^{40}K a uranu a jeho dceřiných produktů)	0,35 mSv
vnitřní radiace (na té se podílí ^{40}K a ^{14}C), dýchání (jde především o radon ^{222}Rn) a přijímání potravy a tekutin (opět draslík a uhlík)	0,30 mSv
UMĚLÉ ZDROJE	
lékařská diagnostika	0,60 mSv
stavební materiály – jde o příspěvek způsobený radonem, který je ze stavebních materiálů (jejichž původ je vždy v zemské kůře) trvale uvolňován	1 – 3 mSv
globální spad ze zkoušek jaderných zbraní před 40 – 50 lety	0,01 mSv
ostatní civilizační umělé zdroje (sledování televize, cestování letadlem...)	0,01 mSv
jaderná energetika	0,001 mSv

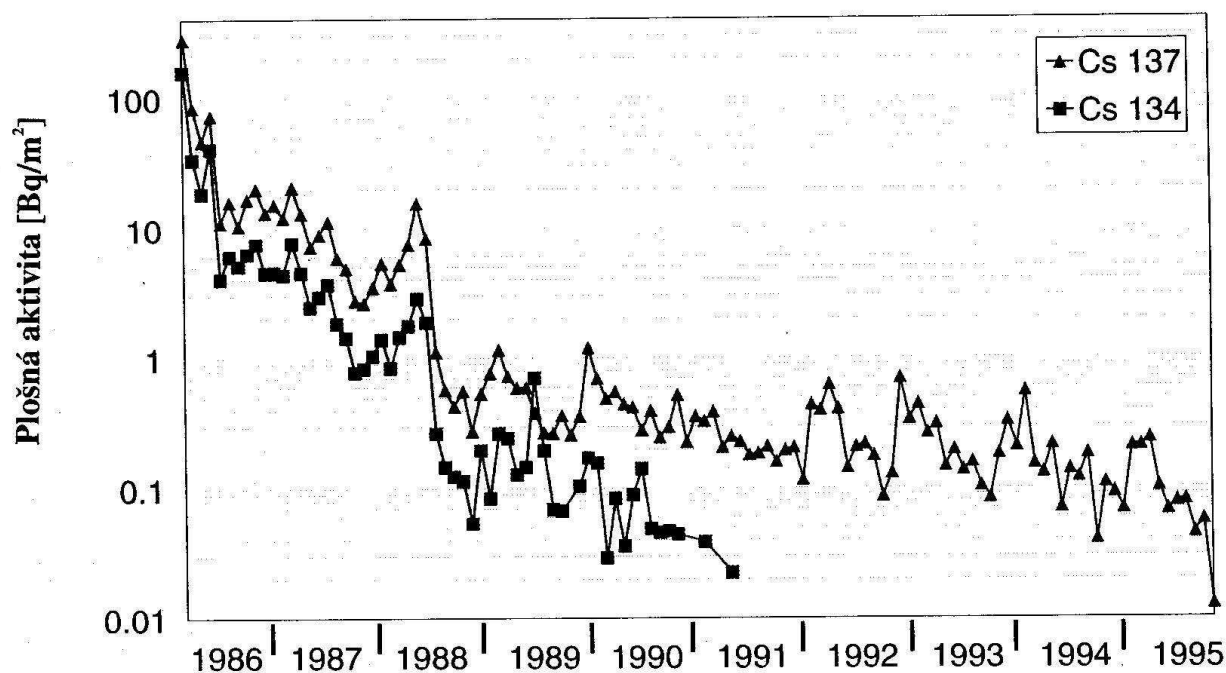
(ČEZ, a. s., sekce komunikace, Ing. Jiří Marek: JADERNÁ ENERGETIKA, 2000, str. 38/39)

Pro lepší orientaci zde uvádím přepočty: konverzní faktor pro inhalaci ^{137}Cs $d_{\text{ama}} = 4,8 \times 10^{-9}$
 ^{131}I $d_{\text{ama}} = 1,1 \times 10^{-8}$

Tj. $1 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs} = 4,8 \times 10^{-9} \text{ Sv}$ $1 \text{ Bq } ^{131}\text{I} = 1,1 \times 10^{-8} \text{ Sv}$

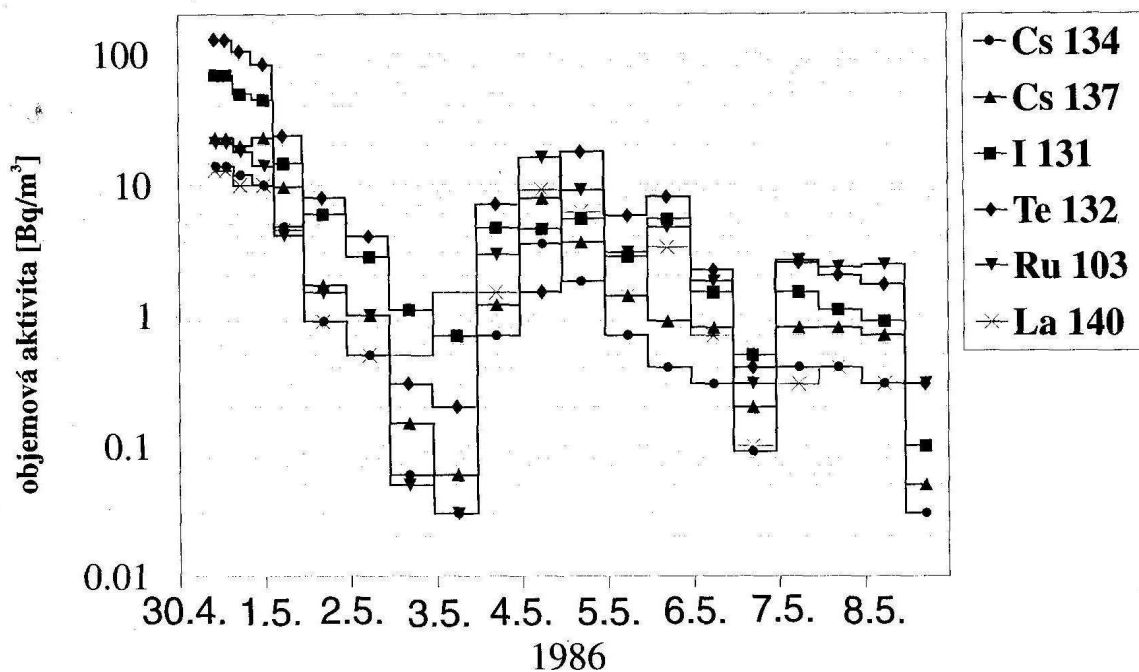
Konverzní faktory pro jednotlivé prvky jsou uvedeny v platné vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb.

Graf 14 – plošná aktivita ^{134}Cs a ^{137}Cs v měsíčních odběrech spadu



(STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996, str. 55)

Graf 15 – časový průběh objemových aktivit radionuklidů ve vzdušných aerosolech



(STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996, str. 52)

5 Závěr

V této práci jsem došel v závěru, že výsledky měření, kterých jsem se účastnil, jsou v souladu s výsledky a hodnotami Laboratoře radiační kontroly okolí, které jsou uvedeny v ročních zprávách „Výsledky monitorování výpustí a radiační situace okolí jaderné elektrárny Temelín“. Zároveň potvrzují bezpečný chod JE Temelín. Dále jsem zjistil z hodnot uvedených Státním úřadem radiační ochrany a jejich porovnáním s daty ze zpráv „10 Let od havárie jaderného reaktoru v Černobyli – důsledky a poučení“ a s výsledky měření, kterého jsem se účastnil, že největší důsledky na území ČR tehdy ČSSR měla havárie jaderného bloku elektrárny Černobyl, dopad Fukušimské jaderné havárie byl zaznamenán, nicméně důsledky byly o mnoho nižší. Po dle mého názoru a názoru příznivců výroby energie z jádra není možné z důvodu energetické krize a neustálého nárůstu cen za elektrickou energii odstavit jaderné elektrárny a místo nich „perspektivně“ budovat elektrárny pro obnovitelné zdroje, jelikož jaderná energetika pokrývá značnou část stálé výroby elektrické energie. Obnovitelné zdroje mohou být v současnosti celosvětově *pouze* doplňkovou částí výroby elektrické energie, nikoli jejím středem, alespoň za současné technologie. Z estetického hlediska je nevypadají jaderné elektrárny v krajině moc hezky. Nicméně musíme vzít v úvahu fakt, že například u nás máme pouze dvě jaderné elektrárny, takže jsou vidět pouze z blízkého okolí. Větrných elektráren nebo solárních bychom potřebovali na pokrytí energií stejného množství obyvatel mnohem více, vytvořily by jaká si velká pole „větrníků“ či solárních panelů, rozmístěná po celém území ČR, díky tomu by byla mnohem více na očích. To samé platí pro zábor půdy, jedna jaderná elektrárna Temelín o výkonu 2000MW zabere 123 ha půdy, naproti tomu solární elektrárna v okolí jihočeského Ševětína má rozlohu necelých 80 ha a její výkon činí pouhých 30 MW. V poměru plocha/výkon vychází mnohem lépe jaderná elektrárna. V neposlední řadě alternativní zdroje energie jsou, díky přírodním podmínkám, nestálým zdrojem elektrické energie. Ve vypouštění emisí jsou si oba druhy výroby energie (výroba energie z jádra / alternativních zdrojů) prakticky rovny, neboť emise mají téměř nulové. V případě jaderných elektráren je jedinou viditelnou emisí výpusť vodních par z chladících věží. Dlouhodobé monitorování potvrzuje, že hluboko podlimitní výpusti do ovzduší a do vodoteče jsou ve svém důsledku v okolním prostředí nezaznamenatelné. Jaderná energetika má podle mě velkou budoucnost. V dnešní době konzumní společnosti a vyšší poptávce po energiích je výroba energie štěpením jader uranu nutná.

6 Použitá literatura

- [1] KURFIŘT, M. a kol.: Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín, interní dokument, ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2011
- [2] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST, STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY: 10 let od havárie jaderného reaktoru v Černobylu – důsledky a poučení, 1996
- [3] www.suro.cz
- [4] www.sujb.cz
- [5] MAREK, J.: Jaderná energetika, ČEZ, a.s., sekce komunikace, 2002
- [6] Vyhláška SUJB č. 307/2002 Sb. V platném znění O radiační ochraně
- [7] Vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb. v platném znění O celostátní monitorovací síti
- [8] Nařízení vlády č. 11/1999 Sb. O zóně havarijního plánování
- [9] ŠTĚPÁNEK, D.: Monitorování radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín, ročníková práce, 2007
- [10] KURFIŘT, M. a kol.: Výsledky monitorování výpustí a radiační situace v okolí jaderné elektrárny Temelín, interní dokument, ČEZ, a. s., Jaderná elektrárna Temelín, 2010
- [11] KATOVSKÝ, K.: Havárie v JE Fukushima, powerpointová prezentace, KJR FJFI ČVUT v Praze, 2011

7 Seznam použitých zkratek

ČEZ, a.s.	České energetické závody
ETE	Elektrárna Temelín
JE	Jaderná elektrárna
LRKO	Laboratoř radiační kontroly okolí
SRKO	Stanička radiační kontroly okolí
MDA	Minimální detekovatelná aktivita
<	Minimální detekovatelná aktivita (MDA) - charakterizuje mez aktivity, kterou již není možné změřit daným přístrojovým vybavením při použití dané měřicí a radiochemické metodiky
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní úřad radiační ochrany
Bq	Bequerel - jednotka intenzity záření
Sv	Sievert – ekvivalentní dávka ionizujícího záření, vyjadřuje množství vyzařované energie
Th-řada	Vážený aritmetický průměr aktivit radionuklidů thoriové rozpadové řady (vypočtený ze spektrálních čar nalezených v naměřeném spektru)
U-řada	Vážený aritmetický průměr aktivit radionuklidů uranové rozpadové řady (vypočtený ze spektrálních čar nalezených v naměřeném spektru)
MW	Megawatt, jednotka výkonu, 1 MW = 1 000 000 wattů

8 Přílohy

Seznam příloh

- Příloha 1** **Obr. 1** – Laboratoř radiační kontroly okolí, autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 2 – Vozidlo značky Citroen RMMS 2, autor: Marek Kurfiřt, 2011
- Příloha 2** **Obr. 3** – Stanička radiační kontroly okolí (Litoradlice), autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 4 - Velkoobjemové zařízení VOPV (Litoradlice), autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 5 - Jódový filtr před expozicí a po expozici, autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 6 - Jódová cartridge s obsahem aktivního uhlí, autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 7 – Zařízení pro odběr atmosférických spadů JMK 401, autor: Ondřej Trtílek, 2011
 Obr. 8 - Sonda firmy Eberline FHZ621, autor: Marek Kurfiřt, 2010
 Obr. 9 – Mapa Staniček radiační kontroly okolí, autor: Marek Kurfiřt, 2007 [9]
 Obr. 10 - Polovodičový detektor HPGe 3018, autor: Marek Kurfiřt 2011
 Obr. 11 - GR135 Exploranium, autor: Marek Kurfiřt 2011
- Příloha 3** **Obr. 12** - Jaderná elektrárna Fukušima [11]
 Obr. 13 – JE Fukušima [11]
 Obr. 14 – Jaderná elektrárna Černobyl [2]
 Obr. 15 – Jaderná elektrárna Temelín [1]

Příloha 1

Obr. 1 – Laboratoř radiační kontroly okolí



Obr. 2 – Vozidlo značky Citroen, RMMS 2 (Rychlé mobilní monitorovací skupiny 2)

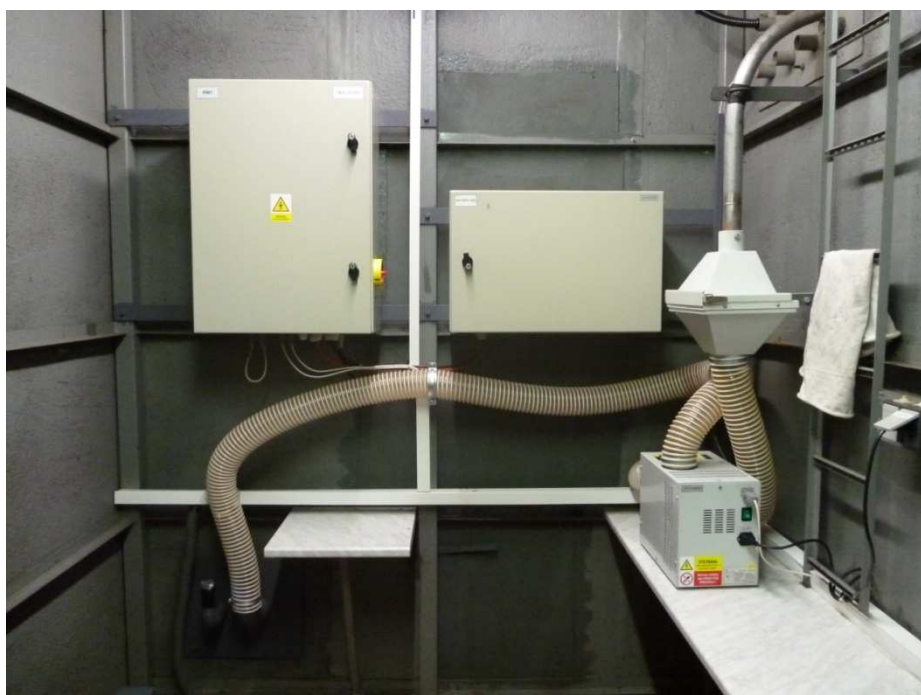


Příloha 2

Obr. 3 – SRKO Litoradlice



Obr. 4 – Velkoobjemové zařízení VOPV (Litoradlice)



A photograph of an open book lying flat on a light-colored, marbled surface. The left side of the book shows a textured, brownish-grey cover or endpaper. The right side is a blank, cream-colored page. In the background, a blue pen and a black cable are visible. The book is positioned horizontally, and the page on the right is slightly wrinkled.

Obr. 7 – Zařízení pro odběr atmosférických spadů JMK 401



**Obr. 8 - Sonda firmy Eberline FHZ621
k měření prostorového dávkového
ekvivalentu umístěná na staničce
radiační kontroly okolí**

Obr. 9 – Mapa Staniček radiační kontroly okolí



VYSVĚTLIVKY:

▲ Staničky radiační kontroly okolí (SRKO)

Obr. 10 – Polovodičový detektor HPGe 3018



Obr. 11 – GR135 Exploranium



Příloha 3

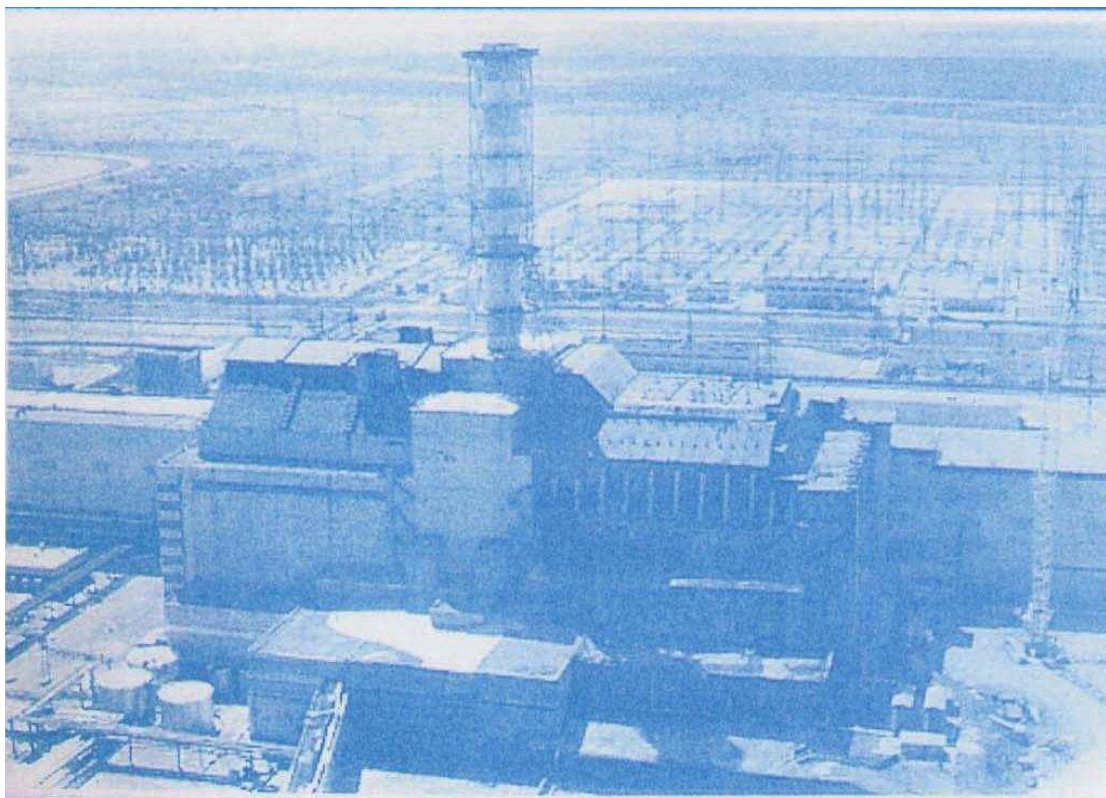
Obr. 12 – Jaderná elektrárna Fukušima



Obr. 13 – JE Fukušima



Obr. 14 – Jaderná elektrárna Černobyl



Obr. 15 – Jaderná elektrárna Temelín

