

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Fakulta tělesné kultury**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2013

Marcel Bláha

**Univerzita Palackého v Olomouci**  
**Fakulta tělesné kultury**

PROBLEMATIKA ZŘIZOVÁNÍ TRVALÝCH HLUBINNÝCH  
ÚLOŽIŠŤ VYHOŘELÉHO JADERNÉHO PALIVA A  
RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ V RÁMCI ČESKÉ REPUBLIKY

Bakalářská práce

Autor: Marcel Bláha  
Vedoucí práce: Doc. Ing. Novák Jaromír CSc.  
Olomouc 2013

**Jméno a příjmení autora:** Marcel Bláha

**Název bakalářské práce:** Problematika zřizování trvalých hlubinných úložišť vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů v rámci České republiky

**Pracoviště:** Katedra aplikovaných pohybových aktivit

**Vedoucí bakalářské práce:** Doc. Ing. Novák Jaromír CSc.

**Rok obhajoby:** 2013

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá problematikou zřizování trvalých hlubinných úložišť, povahou vyhořelého jaderného paliva, radioaktivních odpadů a jejich skladováním v České republice. Výzkum práce je také zaměřen na objektivní vnímání široké veřejnosti v dané oblasti.

**Klíčová slova:** Vyhořelé jaderné palivo, radioaktivní odpad, sklad vyhořelého jaderného paliva, úložiště radioaktivních odpadů, Správa úložišť radioaktivních odpadů, Státní správa pro jadernou bezpečnost.

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb od října 2013.

**First name and surname:** Marcel Bláha

**Title of the thesis:** The issue of the establishment of permanent underground storage of spent nuclear fuel and radioactive waste in the Czech Republic

**Department:** Department of Adapted Physical Activities

**Supervisor:** Doc. Ing. Novák Jaromír CSc.

**The year presentation:** 2013

**Abstract:** This thesis deals with the establishment of permanent geological repositories the nature of spent nuclear fuel, radioactive waste and its storage in the Czech Republic. Research work is also focused on the objective perception of the general public in the area.

**Keywords:** Spent nuclear fuel, radioactive waste storage facility for spent nuclear fuel, radioactive waste, radioactive management, the State Administration for Nuclear Safety.

I agree that this work shall be lent with in the library services from October 2013

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Problematika zřizování trvalých úložišť vyhořelého jaderného paliva a uložení radioaktivních odpadů v rámci České republiky“ zpracoval samostatně, pod vedení Doc.Ing. Jarmíra Nováka CSc. a to s využitím literatury a pramenů, které jsou uvedeny v seznamu.

V Olomouci dne .....2013

Podpis.....

Tato bakalářské práce vznikla v rámci projektu Problémy bezpečnosti 21. století a ochrana obyvatelstva CZ. 1.07/2.2.00/28.0068

### **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. Ing. Jaromíru Novákovi CSc. Dále bych chtěl poděkovat panu Petru Velebilovi z úseku havarijní připravenosti EDU.

V Olomouci dne.....2013

Podpis.....

## **Obsah**

<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2. Cíl práce</b>	<b>11</b>
<b>3. Zvolené metody zpracování</b>	<b>12</b>
<b>4. Vyhořelé jaderné palivo nebo odpad</b>	<b>13</b>
4.1. Důvody proč zřízovat trvalé hlubinné úložiště vyhořelého jaderného paliva	17
4.2. Bezpečnostní kritéria úložiště	21
4.2.1. Izolace vyhořelého jaderného paliva a vysoceradiaktivního odpadů	22
4.2.2. Výplňové tlumící materiály	23
4.3. Monitoring záření	24
4.4. Svět	26
4.4.1. Švédsko	27
4.4.2. USA	27
4.4.3. Francie	28
4.4.4. Japonsko	29
4.4.5. Španělsko	30
4.4.6. Nizozemí	30
4.5. Dotazníkové šetření	31
<b>5. Závěr</b>	<b>43</b>
<b>6. Souhrn</b>	<b>44</b>
<b>7. Summary</b>	<b>44</b>
<b>8. Referenční seznam</b>	<b>45</b>
<b>9. Přílohy</b>	<b>48</b>



## **Použité zkratky:**

EDU - Elektrárna Dukovany

HÚ - Hlubinné úložiště

MAAE - Mezinárodní agentura pro atomovou bezpečnost

NAO - Nízkoaktivní odpad

RAO - Radioaktivní odpad

SAO - Středněaktivní odpad

SUBJ - Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚRAO - Správa úložišť radioaktivních odpadů

SVP - Sklad vyhořelého paliva

VAO - Vysoceaktivní odpad

VJP - Vyhořelé jaderné palivo

## Úvod

Pro závěrečnou bakalářskou práci jsem si chtěl vybrat téma, které by svým obsahem nebylo pouze účelové.

Pro vypracování bakalářské práce Problematika zřizování trvalých úložišť vyhořelého jaderného paliva a uložení radioaktivních odpadů v rámci České republiky jsem se rozhodl proto, že jsem studentem oboru Ochrany obyvatelstva a jehož zaměření je orientováno do vzdělávání v oblasti bezpečnosti, branné výchovy ale také ekologie a ochrany životního prostředí.

Další důvod mého rozhodnutí je, že mě problematika oblasti zřizování trvalých úložišť vyhořelého jaderného paliva a uložení radioaktivních odpadů zajímá a doposud nebylo napsáno mnoho prací na toto téma, tudíž jsem se rozhodl jít cestou neprošlapanou a práci jsem pojal jako výzvu.

Ačkoli se to může zdát někomu absurdní, dopady na životní prostředí úzce souvisí s činností člověka, která se může určitým způsobem projevit na životním prostředí na následnými dopady na obyvatelstvo. Tato bakalářské práce se nezaměřuje pouze na problematiku zřizování trvalých úložišť vyhořelého jaderného paliva a uložení radioaktivních odpadů ale i výhody a nevýhody z jejich vybudování a také možnými dopady na obyvatelstvo a životní prostředí.

Vypracováním daného tématu bych chtěl poskytnout objektivní náhled na danou problematiku a vyvrátit tak zkreslené informace, které jsou poskytovány zaujatými odpůrci jaderné energetiky.

## **2. Cíl práce**

### **Hlavní cíle bakalářské práce :**

1. Podat objektivní náhled na problematiku jaderné energetiky a sní spojenou produkci vyhořelého jaderného paliva a vysoceradioaktivních odpadů.
2. Zjistit prostřednictvím dotazníkového šetření, osvětu a veřejné mínění, na zřizování trvalých úložišť vyhořelého jaderného paliva a vysoceradioaktivních odpadů.

### **3. Zvolené metody zpracování**

Při zpracování práce je uplatňována obecná dialekticko materialistická metoda, která nejlépe umožňuje odhalit podstatu a vzájemné souvislosti zkoumaných problémů.

Kognitivní metodou, studiem literatury a dokumentů obecné povahy, legislativy, také internetu a prostřednictvím řízených rozhovorů s odborníky z praxe očekávám mnoho poznatků o současném stavu problematiky.

Jako hlavní prostředek pro zodpovězení výše uvedených otázek a dovršení cílů práce je zvolen dotazník.

#### 4. Vyhořelé jaderné palivo nebo odpad?

Každá vyspělá společnost usiluje o to aby se životní podmínky a tím i úroveň celé společnosti vyvíjela a posouvala směrem dopředu. Vlivem industrializace společnosti a historického vývoje vznikala odvětví, která se zapřičinila o zvýšení její úrovně a tím i životních podmínek. Vzhledem ke zvyšování standardních nároků na životní podmínky si společnost začala uvědomovat důležitost energetického průmyslu v podobě vodních či tepelných elektráren, které se v průběhu zvyšování potřeb elektrické energie začaly projevovat jako nedostačující, tento problém vyřešil až nástup jaderné energetiky.

Každá lidská činnost, jejímž úsilím je tvorba hodnot a statků se neobejde bez vzniků odpadů a jaderná energetika není výjimkou.

Aby mohla vzniknout čistá energie je zapotřebí paliva v podobě oxidu uraničitého  $UO_2$  nebo také jinak známého uranu  $^{238}U$  obohaceného o 2,5 až 5% obsahu lépe štěpitelnějšího uranu  $^{235}U$ , který se lisuje do malých pelet o hmotnosti 5g. Pelety se vkládají do hermeticky uzavřených trubek ze zirkoniové slitiny a vytvářejí palivové proutky, tyto palivové proutky vytváří palivový článek (kazetu). (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

V průběhu štěpné reakce dochází ke snižování obsahu izotopu  $^{235}U$ . Na konci palivového cyklu se palivové články s použitým jaderným palivem vyjmají z reaktoru. Po vyjmutí z reaktoru vypadají na první pohled stejně jako palivové kazety s čerstvým palivem, rozdíl je však v teplotě a radioaktivitě látek, které obsahují nově vzniklé radionuklidy, jako jsou např. plutonium  $^{239}Pu$ , cesium  $^{137}Cs$ , stroncium  $^{90}Sr$ ,  $^{89}Sr$ . Použité palivo obsahuje v průměru 95% uranu převážně izotopu  $^{238}U$ , 1% nově vzniklého plutonia  $^{239}Pu$  a nevypotřebovaného uranu  $^{235}U$ , které představují značný energetický potenciál a lze je dále použít jako hodnotný štěpitelný materiál. Hlavní podíl radioaktivity nesou 4% štěpených produktů jako je neptunium  $^{236}Np$ , americium  $^{243}Am$ , curium  $^{244}Cm$ , s poločasem rozpadu okolo 30 let a. Právě tato 4% je možné označovat za skutečný jaderný vysokoaktivní odpad, protože zbytek může být přepracován a znovu použit jako palivo. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Tab. 1.1. významné izotopy ve VJP (Matějka et al., 1996, 42,43)

Skupina izotopů	izotop	Poločas rozpadu	
Aktivační produkty	$^{54}\text{Mn}$ - mangan	312,5 dnů	
	$^{55}\text{Fe}$ - železo	2,75 roků	
	$^{59}\text{Fe}$ - železo	44,53 dnů	
	$^{60}\text{Co}$ - kobalt	5,27 roků	
	$^{65}\text{Zn}$ - zinek	243,9 dnů	
	$^{95}\text{Zr}$ - zirkonium	64,09 dnů	
	$^{95}\text{Nb}$ - niob	35,0 dnů	
	$^3\text{H}$ - tritium	12,35 roků	
	Aktinidy a dceřiné produkty	$^{239}\text{Np}$ - neptunium	2,355 dne
		$^{238}\text{Pu}$ - plutonium	87,7 roků
$^{239}\text{Pu}$ - plutonium		$2,411 \cdot 10^4$ roků	
$^{240}\text{Pu}$ - plutonium		$6,563 \cdot 10^3$ roků	
$^{241}\text{Pu}$ - plutonium		14,35 roků	
$^{242}\text{Pu}$ - plutonium		$3,735 \cdot 10^5$ roků	
$^{241}\text{Am}$ - americium		432,0 roků	
$^{242}\text{Cm}$ - curium		162,94 dnů	
Štěpné produkty	$^{89}\text{Sr}$ - stroncium	50,0 dní	
	$^{90}\text{Sr}$ - stroncium	28,7 roků	
	$^{90}\text{Y}$ - ytrium	64,1 hodin	
	$^{99}\text{Mo}$ - molibden	2,747 dne	
	$^{103}\text{Ru}$ - ruthenium	39,272 dnů	
	$^{106}\text{Ru}$ - ruthenium	372,6 dnů	
	$^{106}\text{Rh}$ - rhodium	29,92 sekund	
	$^{132}\text{Te}$ - tellur	76,856 hodin	
	$^{131}\text{I}$ - iod	8,021 dnů	
	$^{132}\text{I}$ - iod	2,3 hodiny	
	$^{137}\text{Cs}$ - cesium	30,0 roků	
	$^{140}\text{Ba}$ - baryum	12,751 dne	

Aktivační produkty jsou radionuklidy, které vznikají interakcí neutronů a neaktivními nuklidy konstrukčního materiálu palivového článku nebo se stopovými nečistotami v něm obsažených se na stabilní nuklid jednoduchou přeměnou beta často spojenou s vyzářením fotonu gama. Aktinidy tvoří málo rozpustné sloučeniny, které nevznikají příliš rychlou

migraci v životním prostředí. Jsou zdrojem vnitřního i vnějšího ozáření. Jsou málo přijímány rostlinami z půdy, výjimku tvoří některé druhy hub, které je velmi dobře akumulují. (Matějka et al., 1996, 103).

Aktinidy vznikají díky neštěpným jaderným reakcím v provozovaném jaderném palivu. Patří mezi ně různé izotopy plutonia, neptunia, uranu, kalifornia, curia aj. Jejich aktivita je obecně nižší než u štěpných produktů, charakteristikou pro ně vlastní je dlouhý poločas rozpadu. Proto, po několika desítkách let, kdy aktivita krátkodobých a střednědobých štěpných produktů výrazně poklesne nebo přejde do stabilní fáze, stává se aktivita aktinidů a jejich dceřiných produktů dominantní. Štěpné produkty jsou radionuklidy, které vznikají v důsledku rozštěpení jader uranu a plutonia. Vyznačují se svou nestabilitou a zpravidla různým poločasem přeměny. (Matějka et al., 1996,).

Štěpné produkty, které při štěpení těžkých jader vznikají, mají značný přebytek energie, který vyrovnávají emisí záření včetně počáteční několikaminutové fáze neutronového záření. Jsou tedy většinou silně radioaktivní, s různým poločasem rozpadu. Právě štěpné produkty představují největší část z celkové radioaktivity VJP. Jako významné jsou považovány především izotopy, které se vyznačují některou z následujících vlastností: snadnou šířitelností (plyn, nebo těkavá látka), vysokou aktivitou, dlouhým poločasem rozpadu či (radio)toxicitou. . (Matějka et al., 1996).

Již od 40 let minulého století je znám způsob přepracování VJP, při kterém se oddělí nebezpečné radioaktivní látky od neškodného uranu. Problém však nastává ve velmi složitém a hlavně velmi nákladním chemickém procesu. Palivové kazety se rozpustí v kyselině dusičné a z roztoku se chemicky oddělí jednotlivé složky. Uran a plutonium se uskladní nebo použijí pro výrobu nového paliva a zbytky palivových článků se zpracují jako SAO. Štěpené produkty se oddělují a vitrifikují (zataví do skla). Z jedné tuny vyhořelého jaderného paliva tak vznikne 115 litrů vysokoaktivního odpadu, který je pevně zachycen ve skle. Vitrifikace představuje pevné zabudování škodlivin do struktury skla. Za působení vysokých teplot, se k rozemletému odpadu přidávají sklotvorné přísady a pomocí běžné sklářské techniky se vytaví boro-křemičitanové sklo. Zesklovatělé odpady mají vysokou odolnost vůči vyluhování vodou, dobrou mechanickou pevnost a tepelnou vodivost. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Výhodou přepracování vyhořelého jaderného paliva je, že výrobci energie místo těžby přírodního uranu jednoduše využijí skladů, kde je uložené přepracované palivo, dále redukce původního množství paliva a skladovacích nároků a možné využití některých izotopů v lékařství či potravinářském průmyslu. Nevýhodou je, že zákazník si při přepracování použitého VJP přebere nejenom nové palivo ale i vysoceaktivní, středněaktivní a nízkoaktivní

odpad, o který se musí postarat. Další z nevýhod přepracování vyhořelého jaderného paliva je ekonomická náročnost. Mezi země, které si nechávají přepracovat vlastní použité palivo a zároveň si zpětně odbírají kromě štěpných materiálů i příslušné RAO patří Německo, Japonsko, Švýcarsko Nizozemí. Přepracování si mohou dovolit jen ekonomicky silné země, protože získání paliva tímto způsobem je finančně náročnější než přírodní uran. To je také důvod proč se v České republice VJP nepřepracovává ale skladuje, jak to mu je i v ostatních zemích a vyčkat na dobu, kdy věda může poskytnout novou alternativu řešení či podstatné zdokonalení současných technologií . (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Potenciální nebezpečí není v samotném VJP ale především v těch 4%, která jsou v něm obsažena a jsou nejaktivnější. Právě tyto 4% můžeme považovat za vysoceaktivní odpad. Je to celá škála prvků u nichž probíhá četné množství rozpadů, jako je cesium  $^{137}\text{Cs}$ , stroncium  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ , baryum  $^{140}\text{Ba}$ , jod  $^{131}\text{I}$ , molybden  $^{99}\text{Mo}$ , aj. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

Poločasy rozpadů jsou stanoveny přibližně na dobu 30 let, což je, když bereme v úvahu dobu vymření radioaktivních materiálů přibližně 10 poločasů, čili můžeme říci, že tyto látky jsou 300 let nebezpečné. U těchto látek dochází k četným radioaktivním přeměnám a vysokému radiačnímu záření, právě díky četným přeměnám se tento materiál rychle vyzáří a radioaktivita u těchto látek prudce klesá na neškodné hodnoty. V případě adekvátního uložení, oddělení od prostředí a dostatečného odstínění je zamezen vznik potencionálního nebezpečí. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

Bohužel se ve VJP vyskytuje několik málo izotopů jako je uranu  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ , které vykazují slabé aktivity v  $\alpha$  - rozpadu a samotné štěpné reakce stejně jako plutonium  $^{239}\text{Pu}$  a další minoritní aktinidy, které zde vznikají a je možné je využít k dalším účelům, právě u těchto izotopů je problémem doba jejich rozpadu. Poločasy rozpadu jsou mnohem delší než, jak tomu je u látek s krátkou dobou rozpadu a dá se říci, že VJP bude radioaktivní po 10 000 let. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

To sice na jednu stranu znamená, že tyto látky budou radioaktivní po desetitisíce let ale na druhou stranu počet rozpadů v časovém horizontu je tak nízký, že jejich aktivita nepředstavuje riziko a můžeme o nich mluvit jako o látkách „stabilních“. Problémem tedy je oddělit VJP a radioaktivní látky s krátkou dobou rozpadu do 30 let, které vykazují vyšší aktivitu, jak radioaktivní látky s dlouhou dobou rozpadu. Proto se tedy tvrdí, že VJP je vysoceaktivní a je aktivní po tisíce let. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).



## **4.1. Důvody proč zřizovat trvalé hlubinné úložiště vyhořelého jaderného paliva?**

Na konci palivového cyklu se kazety s VJP převážně pod vodou do bazénu použitého paliva, kde zůstávají 5 – 10 let, za tuto dobu klesá jejich teplota a radioaktivita přibližně na polovinu a je možné dále s nimi manipulovat ( předat je k přepracování, dočasnému uložení ve skladu VAO nebo k trvalému uložení). V Jaderné elektrárně Temelín se připravuje výstavba třetího meziskladu, která by měla začít tohoto roku a jehož kapacita je konstruována na 1370 tun a měla by vystačit na dobu 30 let provozu elektrárny. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

V areálu elektrárny Dukovany (EDU) se nachází dva sklady použitého paliva, z nichž kapacita prvního dukovanského skladu, který byl uveden do provozu v roce 1995 je zcela vyčerpána. Jeho kapacita je 600 tun použitého vyhořelého paliva uloženého v 60 kontejnerech typu CASTOR 440/84. Z důvodu zaplnění prvního skladu byl v roce 2006 zprovozněn nový sklad s kapacitou 1370 tun v němž se momentálně nachází 12 kontejnerů a jehož kapacita je 133 kontejnerů typu CASTOR 440/84M celková kapacita v areálu EDU je tedy 1940 tun a měla by vystačit na dobu 40 let provozu Jaderné elektrárny Dukovany. Kdybychom všichni materiál, který je se nachází v areálu EDU sesypali na jednu hromadu, vytvořili bychom krychli, jejíž hrany by měly délku 4m a která je z 96% složena z energeticky štěpitelných materiálů jako je uran a plutonium. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

V současné době se může VJP skladovat v areálu EDU po dobu 60 let. Do uplynutí této doby se musí rozhodnout o jeho dalším osudu, buď bude přepracováno a použito jako nové palivo nebo pokud se nenaskytne nová technologie, která by dokázala použité palivo přepracovat levnějším způsobem, se jako odpad uloží do trvalého hlubinného úložiště. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Pokud bych zde mohl vyjádřit svůj názor laika, zdá se mi naprosto absurdní a zcela proti rozumu uložit trvale a navždy do hlubin země palivo, které v sobě skrývá 96% nevyužitá energie. Je to v podstatě stejné, jako kdyby jsme si koupili 1t uhlí, spálili 40kg a zbytek vyhodili.

Bohužel hlavním problémem jsou 4% VAO odpadů, v jejichž oddělení od použitého paliva hraje hlavní roli ekonomická náročnost jejich přepracování a pokud vědecký výzkum nepřinese novou a levnější alternativu jeho přepracování či jiného využití, bude se problém s VJP řešit formou trvalého hlubinného uložení, jehož cestou se použité palivo, tak

znehodnotí, že už se nebude dát jeho energetická hodnota nikdy využít. (ČEZ, a.s., bez roku vydání)

Tab. 1.2. Produkce palivových souborů JE Dukovany (Management JP a JM JE Dukovany, bez roku vydání)

	EDU	Blok 1	Blok 2	Blok 3	Blok 4
	počet	počet	počet	počet	počet
<b>průměr</b>	<b>92,9</b>	<b>94,3</b>	<b>93,3</b>	<b>92,1</b>	<b>92,0</b>
<b>rok</b>					
<b>1986</b>	114	114			
<b>1987</b>	342	114	114	114	
<b>1988</b>	463	121	114	114	114
<b>1989</b>	452	102	121	115	114
<b>1990</b>	446	114	114	109	109
<b>1991</b>	433	109	108	108	108
<b>1992</b>	415	102	109	102	102
<b>1993</b>	410	102	102	103	103
<b>1994</b>	408	102	102	102	102
<b>1995</b>	294	96	102	0	96
<b>1996</b>	372	90	102	90	90
<b>1997</b>	360	90	90	90	90
<b>1998</b>	372	90	90	102	90
<b>1999</b>	360	90	90	90	90
<b>2000</b>	336	84	84	90	78
<b>2001</b>	354	90	90	84	90
<b>2002</b>	350	91	78	85	96
<b>2003</b>	351	85	84	91	91
<b>2004</b>	355	108	78	79	90
<b>2005</b>	361	96	96	84	85
<b>2006</b>	280	73	67	67	73
<b>2007</b>	321	78	73	91	79
<b>2008</b>	307	73	78	84	72
<b>2009</b>	308	72	85	84	67
<b>2010</b>	315	90	85	67	73
<b>2011</b>	351	85	85	73	108
<b>2012</b>	346	85	85	85	91

Výše uvedená tabulka pojednává o produkci palivových souborů, ve kterých je obsaženo VJP od samotného počátku provozování JE Dukovany. Z výše uvedených hodnot lze vypožorovat, že produkce palivových souborů obsahující VJP klesá. To je důsledkem skutečnosti, že JE za dobu svého provozu prochází vývojem a přizpůsobuje se novým technologiím a požadavkům. Za zmínku, zde stojí především využití nového paliva které je obohaceno o větší množství  $^{235}\text{U}$  nebo přechod ze tříleté palivové kampaně na čtyřletou a následně pětiletou. V současné době probíhají přípravy k přechodu na šestiletou kampaň čímž dojde k ještě významnějšímu snížení produkce VJP. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 22.1. 2013).

Údaje o roční produkci, vypovídají o palivových souborech (PS) vyvezených z reaktorů v daném roce. Běžně se provádí to, že po určité době pobytu v bazénovém skladě, se některé kazety, které ještě nejsou optimálně vyhořelé, se vrací znovu zpět, do reaktoru, na minimálně jeden další cyklus. Proto je v některých ročnících jakoby vyšší produkce PS s VJP a tabulka, tak nevypovídá zcela přesně o skutečné produkci VJP, protože některé PS se v ní vlastně vyskytují opakovaně a dosahuje se, tak vyšších produkcí, než byly v jiném předchozím roce. Z tabulky lze vypožorovat, že produkce VJP v EDU činí cca 3 kontejnery typem Castor 440/84 ročně. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 22.1. 2013).

Hlubinná úložiště jsou připravována především pro VJP z jaderných elektráren a radioaktivní odpady, které by se zde měli zneškodnit. Jejich zneškodnění není vůbec jednoduchá záležitost, vyhořelé jaderné palivo je zpočátku vysoce radioaktivní a dále se v něm vyskytuje část radionuklidů, která zůstává dlouhodobě aktivní. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

Proto musí být bezpečně odděleno od našeho životního prostředí po desetitisíce až statisíce let. Po více než pětadvacetileté zkušenosti z praxe se skladováním VJP lze říci, že by zneškodnění vyhořelého paliva šlo vyřešit dlouhodobým skladováním ve skladech VJP. Stačil by jen kovový nebo betonový kontejner, jehož stěny jsou dostatečně silné a odstíní radioaktivní záření, tak aby izolovaly skladované vyhořelé jaderné palivo a ochránily tak životní prostředí i člověka. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

Pak by se přibližně po každých padesáti až sto letech VJP přeložilo ze starých kontejnerů do nových, zároveň by, tak nově vyrobené kontejnery odpovídaly požadavkům své doby. Prakticky i technicky je tento způsob skladování proveditelný, nicméně problém nastává v relativně vysokých nákladech, přičemž by se odpovědnost za konečné zneškodnění přenášela na budoucí generace. Což je, také jeden z důvodů trvale uložit vyhořelé jaderné palivo do hlubin země. Jaderný technik z EDU, V.S. (osobní komunikace, 14.3. 2010).

Myšlenka trvale uložit vyhořelé jaderné palivo do hlubin země je tedy logickým řešením daného problému, kterým by se radioaktivní látky dlouhodobě izolovaly od člověka a životního prostředí. Příprava na plánovanou výstavbu byla zahájena již v roce 1990 a uvedení hlubinného úložiště do provozu je předpokládáno na rok 2065, zde by mělo být v hloubce cca 500m definitivně uloženo VJP a VAO po dobu 100 000 let. V poslední době probíhalo rozsáhlé šetření výběru vhodné lokality, které by se mohlo jevit jako vhodné pro zbudování hlubinného úložiště. Jako ideální území se za tímto účelem naskýtá lokalita v podobě 300 mil. let stabilního žulového masivu. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Předpokládané celkové náklady od současnosti až do vyřazení hlubinného úložiště z provozu se odhadují na 46,9 mld. Náklady na vývoj a výzkum budou stát 5,2 mld. Příprava stavby a její realizace 18,3 mld. Náklady na provoz 23,1 mld. a vyřazení hlubinného úložiště z provozu 0,3 mld. Kč ra. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

## **4.2. Bezpečnostní kritéria úložiště**

Jak už bylo řečeno, případné zbudování a uložení VAO a VJP do hlubinného úložiště není krátkodobou záležitostí nýbrž během na dlouhou trať, který si vyžaduje pečlivou přípravu, ve které nesmí být zapomenuty žádné detaily, jejichž opomenutím by mohly vzniknout nevratné a trvalé následky, které by mohly mít negativní dopady na člověka i životní prostředí.

Hlavním kritériem pro zbudování hlubinného úložiště je výběr vhodné lokality a zabránění styku RAO s vodou. Systém bariér, který by měl izolovat radionuklidy od životního prostředí se skládá inženýrské bariéry a přírodní bariéry. Horninový masiv, ve kterém bude úložiště zbudované musím splňovat řadu podmínek. Z geologického hlediska musí být daná lokalita dlouhodobě stabilní, proudění spodních vod musí být co nejmenší. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, bez roku vydání).

Přítomnost vody může později způsobit korozi a zničení kontejnerů a vlivem proudění podzemních vod může uvolnit radioaktivní odpady na povrch a případně tak i způsobit kontaminaci zdrojů pitné vody. Dále musí vykazovat minimální seizmickou i tektonickou aktivitu, která může přímo narušit prostory úložiště včetně kontejnerů v něm uložených, horninový masiv musí být v co nejméně porušeném stavu a tvořit přirozenou přírodní bariéru, která zamezí šíření radioaktivních látek. V tomto případě se za všeobecně vhodné horniny považují žuly (granity), tufy, soli, jílové břidlice a jílovce. Horninový masiv ve, kterém bude uloženo VJP by měl dokonale izolovat radionuklidy od okolního životního prostředí po

statisíce let. Procesy, které mohou v úložišti nastat, lze zkoumat nejen v laboratořích ale i v přírodě, která poskytuje ukázkový příklad jaké izolační vlastnosti mají zvažované druhy materiálů, které je možné použít jako vhodné bariéry pro izolaci radionuklidů. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, bez roku vydání).

V Oklo nacházejícím se v africkém státě Gabun se v horninovém masivu před dvěma miliardami let nashromáždil uran a voda v takovém poměru a množství, že proběhla jaderná reakce podobající se reakcím, které probíhají v jaderných reaktorech elektráren. Produkty jaderného štěpení se výrazně za tuto dobu nepohnuly z místa, kde vznikly, což nám může poskytnout náhled jakými izolačními vlastnostmi v tomto případě disponuje např. skalní masiv. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

V případě nevhodného výběru lokality, či vady v podobě trhliny, ke které může dojít v průběhu provozu či uzavření hlubinného úložiště, je potenciální ohroženou skupinou exponovanou radionuklidům obyvatelstvo, které může být vystaveno uvolněným radionuklidům prostřednictvím podzemních vod ze studní umístěných ve směru šíření kontaminované podzemní vody, požitím vody, ryb chycených v kontaminované povrchové vodě, do níž vyvěrají podzemní vody, případně inhalací radionuklidů. Příčinou kontaminace radionuklidy, může být poškození inženýrských bariér izolující VJP od horniny. Tento scénář může nastat, za zcela vysoce nepravděpodobné situace vlivem seizmické či tektonické činnosti. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, bez roku vydání).

Druhou bariérou, která má zabránit průniku RAO z úložiště do biosféry jsou tzv. inženýrské bariéry, které jsou jako celek tvořeny vlastní konstrukcí palivového článku, který je nerozpustný a uzavřený v hermetickém obalu zirkoniové slitiny. Palivo je dále uloženo a zataveno v palivových proutcích, ty budou umístěny v kovových kontejnerech, které se vloží do vrtů uvnitř hlubinného úložiště a obloží se výplňovými a tlumícími tvárnici z izolujícího bentonitu. Celý systém úložných tunelů s otvory pro kontejnery bude 500m pod povrchem ve stabilním horninovém masivu. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, bez roku vydání).

#### **4.2.1. Izolace vyhořelého jaderného paliva a vysoce radioaktivních odpadů**

Základní myšlenkou izolovat VJP a VAO je ochrana životního prostředí a zamezení šíření kontaminace okolí radionuklidy. Tuto otázku řeší dvojúčelový transportní a skladovací kontejner typu Castor 440/84. Je to válec ze speciální oceli vážící 110 tun, jehož 37cm silné stěny, chrání okolí před vysokou aktivitou paliva umístěného uvnitř válce. Těleso je z tvárné

litiny a vestavěného nosného koše z borového hliníku, který zajišťuje odvod tepla z palivových článků do stěny kontejneru. Stěny sestávají z korozivzdorné oceli obohacené příměsí bóru. Zlepšení absorpce neutronů zajišťují polyethylenové tyče v mezikruží. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Na konci palivového cyklu, se použité palivo vyjme z reaktoru a pod vodou převeze do bazénu použitého paliva, kde po 5 – 10 letech klesne jeho aktivita a teplota z 300°C přibližně na polovinu. Následně je pod vodou vkládáno do kontejneru, ze kterého se odstraní voda. Vnitřní prostor kontejneru je vyplněn heliem o nižším tlaku, než je tlak atmosférický a které lépe než vzduch odvádí teplo, těsnost je zajišťována dvěma víky. Helium v prostoru mezi víky má oproti atmosféře přetlak 0,6 MPa, třetí víko slouží jako krycí a ochrana před vnějšími vlivy. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Za dalších 40 let poklesne jeho aktivita oproti úrovni reaktorové aktivity 3000 krát. Po 40 letech, se palivo přeloží do definitivních úložných kontejnerů. Význam úložného kontejneru spočívá ve schopnosti izolovat VJP od okolí. Především vlhkosti a možným mechanickým náporům v hlubinném úložišti na dobu prvních tisíc let. Do této doby bude aktivita VJP ještě na takové úrovni, že by uvolňované teplo za přítomnosti vody mohlo vést k chemickým reakcím ovlivňujícím stav VJP a vlastnosti výplňových materiálů. Materiál, ze kterého bude úložný kontejner vyroben, musí být mechanicky odolný, vzdorovat všem druhům koroze a musí si zachovat své vlastnosti i po dlouhodobém ozařování, které na něj bude vyvíjeno ze strany vyhořelého jaderného paliva. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Jako nejvhodnější, se v současné době jeví tři druhy materiálů. Prvním jsou oceli vysoce legované niklem, titanem a chrómem. Druhým jsou uhlíkaté oceli a třetím stálé materiály jako je zlato, platina, titan, měď, která se jeví cenově nejlevnější. Vzhledem k odlišným vlastnostem, které vykazuje každý ze jmenovaných materiálů, bude patrně zvolena kombinace materiálů na výrobu úložných kontejnerů určených pro hlubinné úložiště. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

#### **4.2.2. Výplňové, tlumící materiály**

Výplňové a tlumící materiály, jimiž bude kontejner v šachtě obklopen, by neměly propouštět vodu, měly by izolovat ROA látky a dobře odvádět teplo z povrchu kontejneru. Za tímto účelem se jeví nejvhodněji jílovité materiály jako je bentonit a jejich směsi s křemičitým pískem případně jiné speciální betony, nepropustné nátěry, asfaltové nebo

jílovcové izolace a drenážní systémy . Tvárnice z bentonitu budou oklopovat kontejner uvnitř vrtu a musí plnit úlohu účinné bariéry proti pronikání spodní vody ke kontejnerům. Princip, na kterém bude tato bariéra pracovat, je následný. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Z vnitřní strany bude bariéra zatěžována teplotou, vlhkost se tedy bude přesouvat k vnější straně, kde se zvýší oproti vlhkosti původní. V případě pronikání spodní vody dojde k nasycení bentonitu vodou, čímž dojde k parciálním rozdílům na vnitřní i vnější straně materiálu. Při překročení hranice 20 % bentonit začne bobtnat, tím bude vyvíjen tlak na okolní horninu, čímž dojde k zamezení pronikání spodní vody, ke kontejneru a patrně s nejvyšší pravděpodobností se uloží do trvalého hlubinného úložiště, kde bude jeho aktivita klesat po dobu 100 000 let na hodnoty, které se vyskytují běžně v přírodním okolí. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Nejrozsáhlejší část hlubinného úložiště představuje rozsáhlá síť podzemních chodeb a tunelů, v jejichž útrobách budou definitivně uloženy kontejnery s VJP. Hlavním myšlenka, jak budou ukládány kontejnery s VJP je uložení do šachet v hornině, pod úrovní podlah těchto tunelů. Do každé šachty budou vkládány dva Kontejnery s VJP, prostor mezi nimi a horninou bude vyplněn tlumícím materiálem bentonitem. Přitom se musí zohlednit jejich aktivita, teplota a mnoho jiných faktorů, jako je doba, po kterou bylo VJP skladováno v povrchových meziskladech. Ve vyhořelém jaderném palivu probíhá radioaktivní přeměna, při níž se uvolňuje radioaktivní záření a teplo, z tohoto důvodu je palivo chlazeno v bazénech s vodou po dobu 5-10 let, dokud intenzita záření a tepla se nesníží, poté je možno VJP skladovat v kontejnerech, které jsou dále ochlazovány přirozeným prouděním vzduchu. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

V hlubinném úložišti, však VJP nebude možno ochlazovat ani vodou ani vzduchem. Uvolňované teplo bude odváděno samovolně do okolních hornin, proto budou muset být kontejnery s VJP v úložišti umístěny a vzdáleny od sebe, tak aby se teplo mohlo optimálně rozptýlit a nepřehřívalo se. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

### **4.3. Monitoring záření**

Zabezpečení radiační ochrany pracovníků a okolí v rámci celého komplexu musí vycházet především z Vyhlášky SÚJB č.184 /1997 Sb.“o požadavcích na zajištění radiační ochrany“ a Zákona č.18/1997 Sb. „o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření“ [www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18](http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18)



V nadzemní části HÚ se budou vykonávat náročné manipulace a technologické procesy s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivními odpady, které budou vyžadovat dostatečnou radiační ochranu pracovníků a okolí, odpovídající požadavkům na pracoviště se zdroji ionizujícího záření. Rovněž činnosti v podzemní části HÚ budou vyžadovat splnění základních požadavků radiační ochrany pracovníků a okolí. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

V prostorech podzemní části hlubinného úložiště se neuvažuje s vybudováním stabilního systému radiační kontroly. Radiační situace v provozovaných prostorech bude sledována především při vykonávání pracovních činností (tj. v případě pobytu pracovníků) a to s použitím přenosných přístrojů pro měření dávkového příkonu a objemové aktivity aerosolů. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Ochrana okolního obyvatelstva bude zajištěna především omezením úniku radioaktivních látek do okolí na co nejnižší úroveň (systém ochranných bariér spolu s kontrolovanými plynnými a kapalnými výpustěmi) a monitorováním složek životního prostředí v okolí. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Stálá kontrola dávkového příkonu se uskuteční v provozních prostorech. Měření dávkových příkonů bude realizované s použitím detektorů dávkového příkonu a měřící ústředny. Snímače, které budou umístěné na předem určených místech v daných provozních prostorech, budou spojené kabelem s měřící ústřednou radiační kontroly. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Monitorování radioaktivních aerosolů ve vzduchu provozních prostorů a měření objemové aktivity aerosolů se bude vykonávat monitorem typu FHT 59 S a to kontinuálním odbíráním vzorků vzduchu odsávaného z příslušného provozního prostoru instalovaným odběrovým systémem. V každé odběrové trase bude zabudovaný regulační ventil a průtokoměr. Vyhodnocení objemové aktivity aerosolů bude prováděno v dozorně radiační kontroly. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

Kontrola plynných výpustí bude zajištěna ventilačním systémem nadzemní části HÚ, zde bude zabudovaný odběr vzorků vzduchu. Kontrola kapalných výpustí bude sledovat vypouštění odpadních vod, které bude probíhat řízeně na základě výsledků měření aktivity vody v retenční nádrži a v nádržích odpadních vod. Pro tyto účely budou nádrže vybavené systémem odběru vzorků vody s měřením jejich aktivity. Monitorování radiační situace v okolí hlubinného úložiště bude zajišťovat vybudovaný systém kontrolních stanic (cca 10), vybavených následujícími přístroji a zařízeními :

- detekční jednotka pro měření dávkového příkonu,

- detekční jednotka pro měření aktivity aerosolů,
- zařízení na odběr aerosolů,
- řídicí mikroprocesorová jednotka,
- radiotelemetrická souprava.

Kromě stabilní kontroly bude vykonávané periodické monitorování :

- kontaminace půdy,
- vybraných článků potravinového řetězce,
- složek hydrosféry.

Vzorky uvedených složek životního prostředí budou analyzovány mimo areál hlubinného úložiště v laboratořích specializované organizace. (ČEZ, a.s., bez roku vydání).

#### **4.4. Svět**

V zemích v nichž se nahromadilo VJP a VAO probíhá vývoj HÚ různými způsoby. V první řadě probíhá výběr vhodné horninové lokality, která je předurčena geologickou situací konkrétního státu. Na jejím výběru se podílí především geovědní disciplíny jako je např. inženýrská geologie, geofyzika, hydrogeologie, geochemie aj. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Jako vhodné geologické horniny, které byly ve světě předmětem zkoumání se jeví tufy, solné nebo jílovcové formace a žuly. Země produkující VJP a VAO a jejichž přístupy k hlubinnému ukládání se liší, lze rozdělit do tří skupin. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

První skupinou jsou země, které svou koncepci hlubinného ukládání rozpracovaly na takovou úroveň, že lze u nich předpokládat zprovoznění HÚ do roku 2035. Jedná se především o USA, Švédsko, Finsko, Francii, Německo, a Švýcarsko. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Tyto země našly vhodnou lokalitu k hlubinnému ukládání nebo jejich výběr je v pokročilém stavu a mají zvládnuty otázky geologie, hornických prací, konstrukčního řešení a s tím i spjaté problémy bezpečnosti. V poslední fázi získali souhlas a podporu od představitelů země a místních obyvatel s výstavbou úložiště. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Další skupinou jsou země jejichž vývoj HÚ probíhá pomaleji nebo k výběru vhodné lokality ještě nedošlo nebo výzkum je v samotných počátcích a probíhá v omezeném rozsahu.

Úložný systém se řeší na základě předběžného projektu HÚ a souhlas obyvatelstva s jeho umístěním probíhá komplikovaně, jak je tomu například v České republice, na Slovensku, Belgii, Maďarsku či ve Španělsku. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Poslední skupinou jsou země, které se rozhodly odložit otázku konečného uložení na pozdější dobu. Důvodem, proč se tyto země uchylují k tomuto přístupu, jsou dostačující skladovací kapacity nebo případná jejich budoucí výstavba. Z evropských zemí, které se přiklání k tomuto řešení je například Velká Británie či Nizozemí. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

#### **4.4.1. Švédsko**

Ve Švédsku se provozuje 10 jaderných reaktorů, které v roce 2008 vyrobily 61 TWh elektrické energie, což představuje zhruba 42 % z celkového množství 146 TWh. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje v centrálním skladu CLAB v blízkosti jaderné elektrárny Oskarshamn. Koncem roku 2009 se skladovalo více než 5 000 tun vyhořelého paliva. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002)

Vývoj hlubinného úložiště v zemi probíhá již několik desetiletí. V jejich průběhu byla využívána podzemní laboratoř v Äspö, která sloužila k provedení všech zkoušek potřebných k prokázání bezpečnosti hlubinného ukládání v žulovém prostředí. Výběr lokality pro hlubinné úložiště vyústil v poslední době v detailní průzkum dvou lokalit, a to Forsmark v oblasti Östhammar a Oskarshamn. Jako konečná lokalita byla počátkem června 2009 vybrána Forsmark /viz obr.2). V roce 2010 bude podána žádost o povolení stavby, která by měla být zahájena v r. 2012 podrobnou charakterizací vybrané horniny, přičemž vlastní konstrukce úložiště by měla být započata v r. 2015. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Žádost o povolení k provozu se předpokládá v r. 2019 a po souhlasu by mohlo dojít v r. 2020 k prvnímu zavážení vyhořelého paliva. Souběžně s výstavbou úložných prostor by se mělo zkonstruovat zařízení pro vkládání paliva do úložných kontejnerů (pouzder). Pokud jde o vyjmutelnost paliva, počítá se s ní v prvních deseti letech po zahájení provozu, poté by měla být situace detailně zhodnocena a následující činnosti by měly mít již charakter „ukládání na věčno“. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

#### **4.4.2. USA**

Ve Spojených Státech je v současné době v provozu 104 energetických reaktorů, které produkují zhruba 20% elektrické energie vyrobené v zemi. Vedle těchto reaktorů produkují

vyhořelé jaderné palivo také reaktory výzkumné a vojenské. Do doby, než bude uvedeno do provozu hlubinné úložiště, se většina vyhořelého paliva z komerčních zdrojů skladuje v areálech jaderných elektráren. Komerční jaderný průmysl vyprodukoval do konce roku 2009 VJP v množství větším než 60 000 tU, přičemž ročně přibývalo 1 800-2 200 tU. V Předpokládá se, že do roku 2055 by se mohlo nahromadit okolo 130 000 tU. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Hlubinné úložiště se buduje v lokalitě Yucca Mountain (obr.5), stát Nevada. Hostitelským prostředím je pyroklastická hornina – tuf – s velmi příznivými vlastnostmi pro budování úložných prostor. První část úložiště by měla sloužit k uložení 63 000 t komerčního paliva a 7 000 t paliva z vojenských programů. Za předpokladu, že životnost jaderných elektráren v USA se prodlouží o dvacet let, bude dalších 60 000 t paliva ukládáno v druhé etapě. Počítá se s ukládáním po dobu 50 let, přičemž během dalších 50 let bude probíhat kontrola, údržba a monitorování uvnitř a v okolí úložného systému. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Vedle zmíněného úložiště se v USA provozuje hlubinné úložiště WIPP (Waste Isolation Pilot Plant), ležící poblíž Carlsbadu v Novém Mexiku, vybudované v solné formaci pro uložení radioaktivních odpadů s obsahem transuranových prvků. Do srpna 2008 zde bylo uloženo přibližně 56 000 m<sup>3</sup> odpadů. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

#### **4.4.3. Francie**

Ve Francii je v současné době v provozu 58 energetických reaktorů, z nichž téměř polovina používá jako palivo směs kysličníků uranu a plutonia (mixed oxide – MOX). Během první dekády tohoto století se vyrábělo v jaderných elektrárnách ve Francii okolo 420 TWh elektrické energie ročně; produkce vyhořelého jaderného paliva se pohybovala okolo 1150 tun za rok. Počátkem roku 2010 se ve Francii skladovalo okolo 41 000 tun vyhořelého paliva (Správa úložišť radioaktivních odpadů, 2002).

Toto vyhořelé palivo se zhruba ze tří čtvrtin přepracovává, přičemž závodem v La Hague a v Marcoulu prochází každoročně 850 tun vyhořelého paliva. Získané plutonium v množství okolo 100 t je pak zdrojem směsného MOX paliva. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje a stejně tak vyhořelé MOX palivo s vyšší obsahem plutonia, které by mohlo být využíváno v budoucnosti v pokročilých reaktorech čtvrté generace. Štěpné produkty obsažené ve vyhořelém palivu se zatavují do skelné hmoty a rovněž dlouhodobé středně aktivní odpady se upravují; výsledkem je 110-130 m<sup>3</sup> vysoce aktivních odpadů a 120 m<sup>3</sup> středně aktivních

odpadů ročně. <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

Vývoj hlubinného ukládání ve Francii pokračovalo v souladu se závěry publikovanými ve zprávě „Akta 2005 Jíl“ (Dossier 2005 Argile), která popisuje dosavadní výsledky z provozu podzemní laboratoře v jílové formaci, ležící na rozhraní distriktů Meuse a Haute-Marne v hloubce 445 m pod povrchem. V návaznosti na tuto zprávu byla v roce 2006 parlamentem schválena očekávaná koncepce v oblasti vývoje a výstavby hlubinného úložiště. Rozhodlo se, že systém musí být navržen tak, aby jej bylo možno měnit a upravovat a aby bylo možno vyjmát již uložené materiály. Státní agentura pro radioaktivní odpady ANDRA byla pověřena ukončit výzkumné práce do r. 2012, požádat o souhlas s výstavbou do r. 2015 a vybudovat HÚ v letech 2015-2020 a uvést je do provozu v letech 2020-2025. <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

#### **4.4.4. Japonsko**

V Japonsku je v provozu 53 jaderných reaktorů, které se na výrobě elektrické energie (1040 TWh/rok) podílejí z jedné čtvrtiny. Vyhořelé jaderné palivo se skladuje v mokřích skladech na sedmnácti různých místech. Před rokem 2001 byla část paliva (celkem 7 100 tU) zasílána k přepracování do francouzského Le Hague a britského Sellafieldu, nyní přepracování zajišťuje vlastní závod v Rokkashu. Z Francie a Velké Británie bylo do země vráceno 1 670 t vitrifikovaných vysoce aktivních odpadů. Tyto (a další z přepracování v Rokkashu) se mají skladovat 30-50 let před jejich konečným uložením. Na lokalitě je k dispozici sklad přijímající palivo k přepracování. Celkové množství skladovaného paliva obnáší 29 000 tU. Výběr lokality pro hlubinné ukládání je v Japonsku rozdělen do tří stádií; první stádium (v současnosti probíhá) je zaměřeno na plánování a studium existujících informací. Ve druhém stádiu se provádí geologický průzkum včetně vrtných prací, a nakonec ve třetím stádiu se ověřují bezpečnost a technické aspekty na finální lokalitě a provádějí se detailní průzkumné práce. První stádium by mělo být dovršeno v r. 2012, druhé bude probíhat v letech 2012-2017 a třetí stádium by mělo být uzavřeno v r. 2030. Následovat by měla výstavba (2030-2035) a provoz včetně schvalování (od r. 2035). Důležitou roli při řešení otázek bezpečnosti by měly hrát podzemní laboratoře v Horonobe (jílová formace) a Mizunami (žula). Na obr. 6 je znázorněn japonský stroj pro ražbu chodeb.

<http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

#### **4.4.5. Španělsko**

Na výrobě elektrické energie ve Španělsku se podílí 8 jaderných reaktorů o výkonu 7,71 GWe, jejichž podíl dosáhl 18 %. Vyhořelé jaderné palivo, jehož objem v r. 2009 obnáší 3800 tun, se skladuje nejprve na elektrárnách po dobu zhruba 10 let a poté se má převážet, spolu s menším množstvím vysoce aktivních odpadů, do centrálního skladu. V prosinci 2009 učinila vláda nabídku obcím umístit tento sklad, který představuje investici ve výši 700 miliónů EUR, na svém území. Zařízení má být schopno skladovat cca 6 700 tun vyhořelého paliva, 2500 metrů krychlových dlouhodobých středně aktivních odpadů a cca 12 m<sup>3</sup> vysoce aktivních odpadů z přepracování paliva z likvidované elektrárny Vandellos-1. Rozhodnutí o konečném uložení do hlubinného úložiště má padnout po roce 2010. Jako hostitelské horniny přicházejí v úvahu žula, jíly anebo solné formace. <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

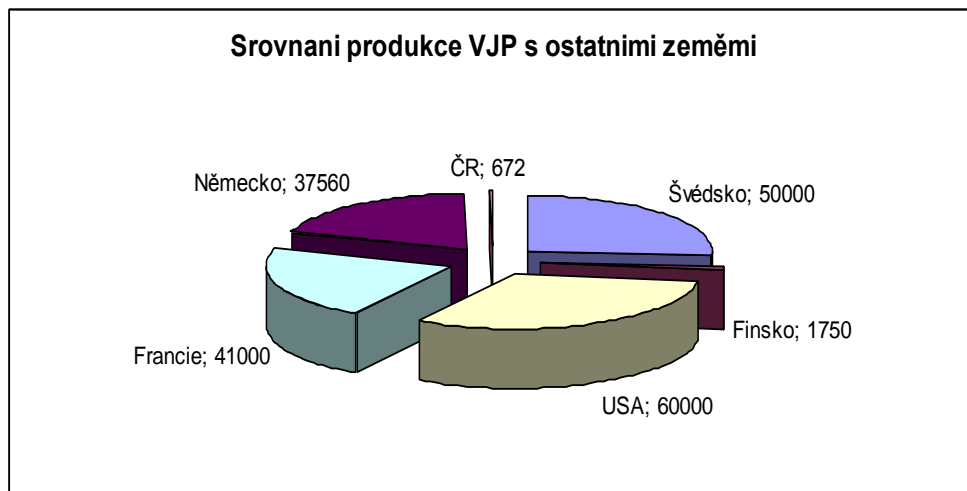
#### **4.4.6. Nizozemí**

V Nizozemsku se v současnosti provozuje jedna jaderná elektrárna o výkonu 482 MWe. Její produkce představuje zhruba 4 % z celkového vyrobeného množství (100,5 TWh). Vyhořelé jaderné palivo se zasílá do Francie k přepracování podle kontraktu, jehož platnost má vypršet v r. 2015. Výjimku tvořilo zbylé vyhořelé palivo po ukončení provozu jaderné elektrárny Dodewaard, které bylo k přepracování odesláno do britského Sellafieldu. Vyhořelé palivo se před odesláním do zahraničí skladuje při jaderné elektrárně Borsele (celkem 561 tun), ostatní odpady včetně vysoce aktivních se shromažďují ve skladu v průmyslové zóně ve Vlissingen-Oost (obr. 8), provozovaném nizozemskou agenturou pro zacházení s radioaktivními odpady COVRA. <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

Výzkumný program zaměřený na hlubinné ukládání byl zahájen v r. 1995 a v r. 2001 byly zveřejněny první poznatky o možnosti vybudování HÚ v solné nebo jílové formaci. Jelikož však vláda a parlament založily strategii zacházení s vyhořelým palivem na skladování po dobu minimálně 100 let, ukazuje se, že výběr lokality není v současné době

urgentní.<http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

Graf 1.1.Srovnání produkce vyhořelého jaderného paliva v ČR s jinými zeměmi



(ČEZ, a.s., bez roku vydání)

Následující graf podává náhled na celkovou produkci vyhořelého jaderného paliva v různých zemích světa avšak výše zmiňované hodnoty slouží, jako hodnoty orientační nikoli, jako konečné. Je potřeba brát na zřetel, že ne každá JE poskytuje přesné informace o produkci vyhořelého jaderného paliva ať už z důvodu bezpečnostního, vojenského či obchodního tajemství. V každé zemi se nachází různé typy jaderných elektráren, různého stáří s různými typy reaktorů, využívající různě obohacené palivo s různou délkou palivové kampaně.

Z hodnot uvedených v tabulce, můžeme zjistit, že ČR nebo Finsko, patří k relativně malým producentům VJP ve srovnání s USA či Švédskem. (Havarijní technik z EDU V.S., osobní komunikace, 28.02.2013).

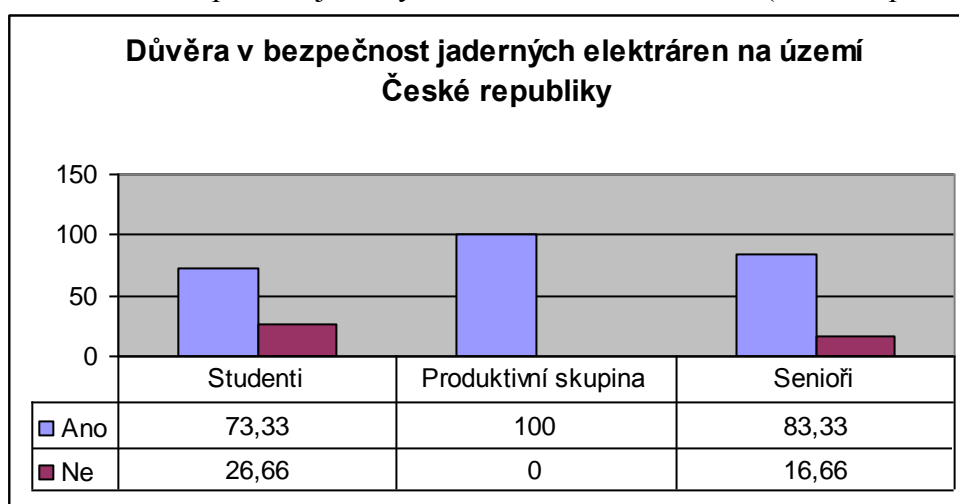
#### 4.5. Dotazníkové šetření

Pro praktickou část mé práce byl zvolen dotazník, který se skládal celkem z 9 otázek. První šestice otázek je zaměřena na znalosti a orientaci v oblasti z jaderné energetiky. Zbývající 3 jsou zaměřeny na veřejné mínění spojené s budováním trvalého úložiště vyhořelého jaderného paliva.

Do dotazníkového šetření bylo zapojeno celkem 90 osob, z toho 49 žen a 41 mužů, věku 15 až 81 let. Respondenti byli dle věku rozděleni do tří základních skupin. První skupina byla označena jako Studenti, kde se věkové rozmezí pohybovalo od 15 do 21 let. Druhou skupinu představují respondenti pod označením Produktivní, kde se věk dotazovaných

pohyboval v rozmezí od 23 do 65 let. Poslední skupina dotazovaných je označena jako Senioři, kde se věk pohyboval od 65 do 81 let. K vyhotovení výsledků byl zvolen graf, který má své označení s názvem a je k němu připojena tabulka s dosaženými výsledky, které jsou uvedeny v procentech. Odpovědi na kladené otázky byly formulovány formou ANO, NE. Svě odpovědi respondenti ve svých dotaznicích odpovídali zakroužkováním a dále mohli připojit i své komentáře.

Graf 1.2. Důvěra v bezpečnost jaderných elektráren na území ČR (Vlastní zpracování)



První otázka dotazníkového šetření zní: „Myslíte si, že jsou jaderné elektrárny v ČR bezpečné?“

Největší důvěru v jadernou energetiku zastává produktivní skupina, která byla většinového názoru a to, že 30letá zkušenost s provozováním jaderné elektrárny vypovídá o důvěryhodnosti a bezpečnosti v oblasti provozování jaderného zařízení. Jako další klad je uváděna propracovaná legislativa, investování do modernizace zařízení a v neposlední řadě kvalitně proškolení zaměstnanci.

Senioři v této otázce byli poněkud skeptičtí a jen 16,66% dotazovaných odpovědělo na otázku zápornou formou. V dotazníkovém šetření, které se odehrávalo na základě osobního rozhovoru, se probandí vyjadřovali o bezpečnosti jaderné elektrárny většinou kladným dojmem. „(Avšak, někteří dotazovaní dodávají připomínku, že nic není 100% bezpečné a stát se může cokoliv).“

Jako důvod svých odpovědí, se odvolávali na havárii V JE Jaslovské Bohunice a v Černobyli. Dne 22 února 1977 došlo v jaderné elektrárně Jaslovské Bohunice k závažné jaderné nehodě. Tato nehoda se odehrála za provozu rektoru při zavážení čerstvého paliva.



Nehoda byla vyhodnocena stupněm 4 na stupnici INES, tedy „(4 - Havárie bez vážnějšího rizika).“ Havarijní technik z EDU V.S. (osobní komunikace, 28.02.2013).

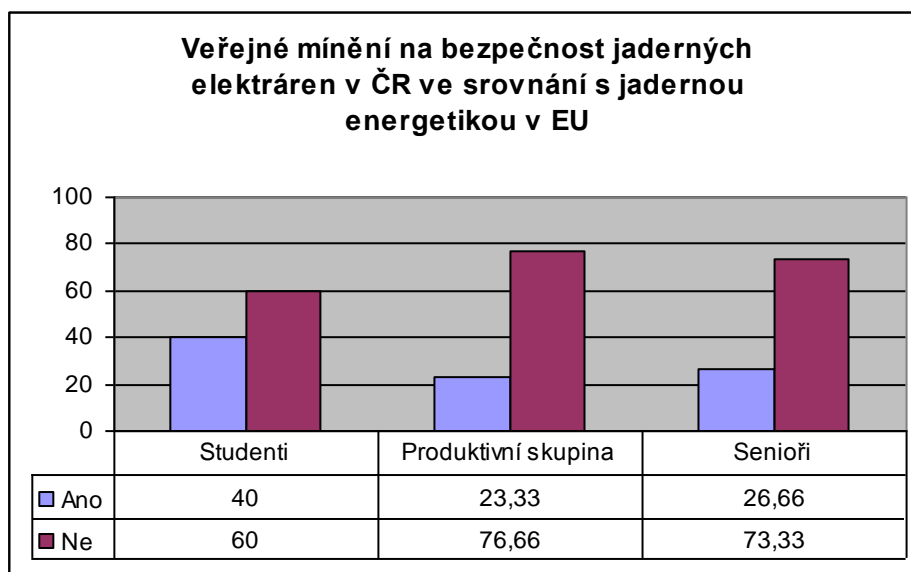
INES je Mezinárodní stupnice jaderných událostí (The International Nuclear Event Scale), [http://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD\\_stupnice\\_jadern%C3%BDch\\_ud%C3%A1lost%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD_stupnice_jadern%C3%BDch_ud%C3%A1lost%C3%AD)

Je třeba zmínit, že na území celé České republiky, za dobu provozování jaderných elektráren nebyla zaznamenána žádná havárie, která by si zasloužila číslo na stupnici INES. Havarijní technik z EDU V.S. (osobní komunikace, 28.02.2013).

Největší nedůvěru v jadernou energetiku měla skupina Studenti, jako důvod svých obav uvádí častou kritiku a ohlasy ze zahraničí na adresu obou jaderných elektráren a to především JE Temelín.

Z výše uvedeno grafu lze usoudit, že bezpečnost jaderných elektráren na území České republiky je vnímána velice kladně a to především u Produktivní skupiny a skupiny Seniorů. Studenti v tomto ohledu, se zdají být ovlivněni negativními názory zarputilých odpůrců jaderné energetiky, které nejsou zcela vždy objektivní a jsou, tak prezentovány prostřednictvím masmedií a jiných sdělovacích prostředků. Na celou problematiku je třeba se dívat komplexně nikoliv jednostranně. Řešení, jak se vyhnout milným názorům, může poskytnout exkurze jaderné elektrárny nebo návštěva www stránek jaderných elektráren, kde prostřednictvím kontaktů mohou být poskytnuty obšírné informace.

Graf 1.3. Veřejné mínění o bezpečnosti jaderných elektráren v ČR se srovnání s jadernou energetikou v EU (Vlastní zpracování)



Druhá otázka dotazníkového šetření zněla. „Jste názoru, že okolní země EU jsou vyspělejší v oblasti jaderné energetiky i co se týče do bezpečnosti, jak ČR?“

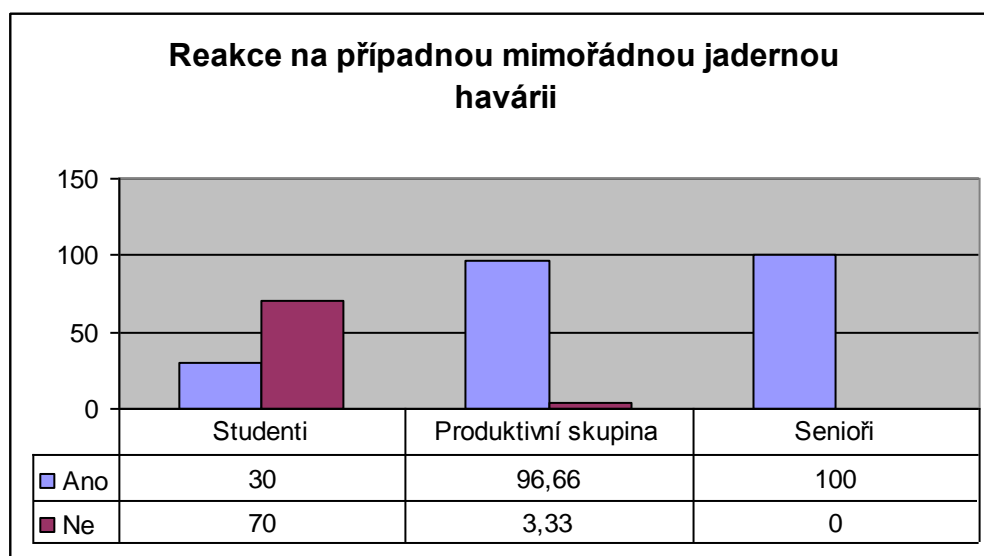
Bezpečnost a vyspělost českých jaderných elektráren ve srovnání se zbytkem Evropy byla poměrně kladně vnímána u všech tří skupin. Kladné odpovědi zde dosáhly silnou 70% většinu a jen 30% z celkových 90 dotázaných odpověděli záporně.

Důvodem záporných odpovědí byla uvedeno zastaralost jaderné elektrárny Dukovany, negativní ohlasy ze zahraničí, především na JE Temelín, malé zkušenosti s provozováním jaderné energetiky a v poslední řadě, že ČR je málo vyspělou zemí.

Z pozitivních ohlasů stojí za zmínku, dlouholetá zkušenost s provozováním EDU, zvládnutý a kvalitě propracovaný proces obsluhy jaderného zařízení, schopnost pružně modernizovat jaderné zařízení aktuálním technologickým požadavků. Důkladně propracovaná legislativa, častější kontroly ze strany Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SUJB) a neustále se zvyšující kladené nároky na bezpečnost, ze strany Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE). Dále kvalitně proškolený personál, dobrá znalost technologického zařízení, kvalitní dokumentace, využívání provozních zkušeností, technická kontrola, radiační ochrana, požární bezpečnost.

Bezpečnost jaderných elektráren v České republice ve srovnání s jadernou energetikou EU je opět vnímána velice kladně, jak u Produktivní skupiny, tak i u Seniorů. Opět u skupiny Studentů se projevuje určitá míra skepse a nedostatku prostoru vytvořit si vlastní názor. Řešení je obdobné, jak v předchozím případě, exkurze jaderné elektrárny nebo návštěva www stránek jaderných elektráren, kde prostřednictvím kontaktů mohou být poskytnuty obšírné informace.

Graf 1.4. Reakce na případnou mimořádnou jadernou havárii (Vlastní zpracování)



Třetí otázka dotazníkového šetření zněla. „Věděli by jste, jak se zachovat v případě mimořádné jaderné havárie.“

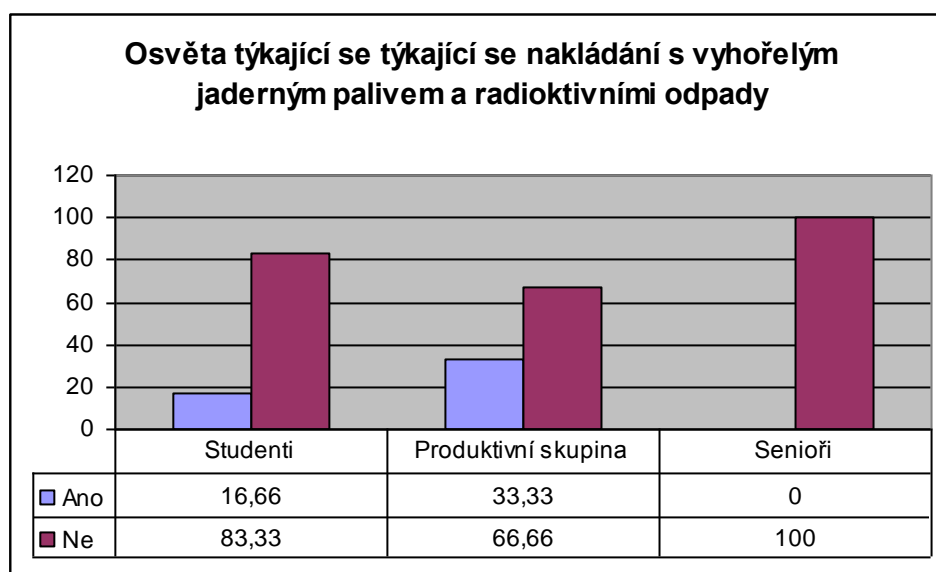
Z výsledků dosažených v dotazníkovém šetření, které jsou zaneseny do tabulky pod výše uvedeným grafem lze vyzorovat, že nejmenšími znalostmi v dané problematice disponuje skupina Studentů. Pouhých 30% dotazovaných by vědělo, jak se v dané situaci zachovat. Jako příklady svého jednání pro danou situaci uvádí, preventivní osobní ochranu v podobě gumové pláštěnky, gumové holínky, dále snižování rizika vystavení se radioaktivnímu záření pobytem ve volném prostoru.

Zbývajících 70% tázaných se k dané problematice postavilo poněkud pesimisticky. Ve svých odpovědích na danou situaci uvádí, že jakákoliv ochrana by v tomto případě byla zcela zbytečná a jejich osudy by byly už předem zpečetěny. Je zajímavé, že silná většina dotazovaných z této skupiny si spojuje jadernou havárii s výbuchem atomové bomby. A jako následky, takovéto havárie, si představují holou krajinu, která je po výbuchu srovnaná se zemí a podobná té měsíční, což je poněkud zkreslený dojem oproti realitě.

Produktivní skupina spolu se Seniory prokázali na rozdíl od Studentů vysoké znalosti o dané problematice. Ve svých příkladech na danou mimořádnou situaci uvádí, snížení rizika vystavováním se na otevřeném prostoru. Sledování situace prostřednictvím radiového vysílání, popřípadě televizního vysílání. V případech, kdy je nezbytně nutné se na veřejném prostoru pohybovat, uvádí užití preventivních ochranných osobních prostředků, jako jsou gumové pláštěnky, deštník, vlhká rouška, gumové rukavice a holínky dále nouzové zavazadlo.

Z výše uvedeného grafu a připojených komentářů můžeme říci, že si nejlépe počínali Senioři a Produktivní skupina. Studenti oproti zmiňovaným poněkud zaostávají. Řešením by se mohlo jevit vyčlenění několika vyučovacích jednotek na ZŠ zabývajících se problematikou.

Graf 1.5. Osvěta týkající se nakládání s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem (Vlastní zpracování)



Čtvrtá otázka dotazníkového šetření zněl: „Máte tušení co se děje s použitým vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem?“

V této otázce nejmenší znalosti prokázala skupina Seniorů. Ve svých odpovědích se uchylují na netečnost, nezájem o danou problematiku a dále se odkazují na svůj věk, způsobem, (Co je mě do toho, proč se mě na to ptáš, jak to mám vědět ve svých letech).

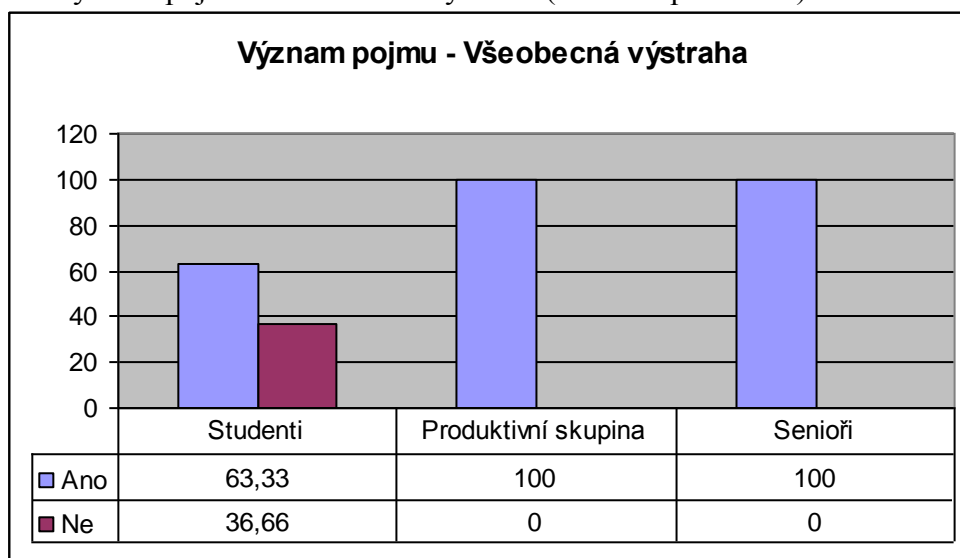
Z řad Studentů, 83,33 tázaných do svých odpovědí neuvedlo žádný příspěvek, zbylých 16,66 dotázaných uvádí, že vyhořelé jaderné palivo je skladováno v chladících bazénech a skladech VJP v areálu jaderné elektrárny Dukovany a Temelín.

Produktivní skupina se ve svých příspěvcích shoduje se skupinou Studentů a kromě příspěvku, že VJP je skladováno v chladících bazénech a skladech vyhořelého jaderného paliva. Dále uvádí, že vyhořelé jaderné palivo bývá dále přepracováno a znovu využito jako palivo nové.

Což je sice pravda, že se tato metoda využívá ale ne u nás v České republice. A to především z důvodu finanční náročnosti. (Havarijní technik z EDU V.S., osobní komunikace, 28.02.2013)

I přes nízké hodnoty, které jsou zasazeny v tabulce pod grafem můžeme říci, že osvěta týkající se nakládání s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem je poměrně na dobré úrovni. I když se může zdát, že by obyčejného člověka daná problematika neměla nijak tížit, tak by měl určitou mírou vědět co se děje s daným produktem, který prošel štěpnou reakcí. V připojených komentářích je sice napsáno, že se VJP a RAO skladují v různých areálech ale to je pouze dočasné řešení. S tímto materiálem se musí zacházet podle předepsaných postupů a uskladnění je bráno pouze jako přechodné řešení. Jako konečné řešení je považováno trvalé uskladnění VJP a RAO v hlubinném úložišti. A je na každém z nás aby jsme věděli, kde bude uložen materiál jehož povaha má velký dopad na životní prostředí a zdraví člověka. Jako řešení se může naskytnout navštívení skladu VJP a RAO v areálu jaderné elektrárny Dukovany, úložiště radioaktivních odpadů Bratrství, úložiště radioaktivních odpadů Richard. (Havarijní technik z EDU V.S., osobní komunikace, 28.02.2013)

Graf 1.6. Význam pojmu – Všeobecná výstraha (Vlastní zpracování)



Pátá otázka dotazníkového šetření zněla: „Všeobecná výstraha“: Se rozumí, případ možné hrozby nebo vzniku mimořádné události varovným signálem, který je uskutečněn nepřerušovaným tónem sirén po dobu 140 vteřin. Tato zkouška je prováděna pravidelně jednou do měsíce.

V jaký den a hodinu je tato poplachová zkouška prováděna? První středu v měsíci ve 12 hodin, druhou středu v měsíci ve 12 hodin, první sobotu v měsíci ve 12 hodin.

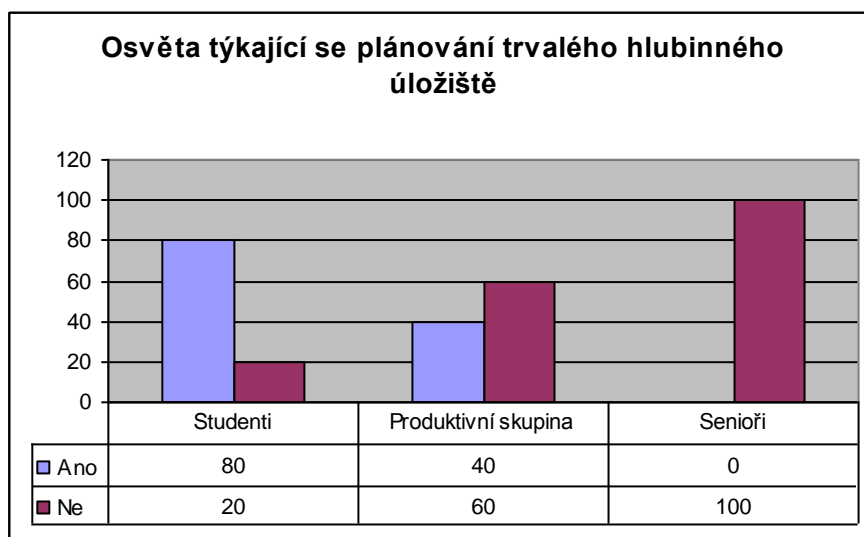
U této otázky doslova excelovali Senioři s Produktivní skupinou, kteří ani v jedné odpovědi nezaváhali. Po osobní rozhovoru s dotázanými na otázku, čím to je, že v některých

odpovědích jsou 100% a přitom mají široké znalosti? Odpovědi se mě dostalo, že něco si pamatuji ze školy, zkušenosti ze školení pro dobrovolné hasiče, něco jsem si odnesl z vojny! Což se může jevit, jako logické vysvětlení.

Studenti oproti výše zmiňovaným skupinám lehce zaostávali. 63,33% uvádí, že každou první středu v měsíci ve 12 hodin je prováděna zkouška sirén za účelem ověření provozuschopnosti varovného systému, který nás informuje o všeobecném ohrožení. Zbylých 36,66 probandů se domnívá, že se tímto způsobem ohlašuje požární zkouška. Což je poněkud milná představa, tímto způsobem se vyhlašuje vznik požáru a to, v jakýkoliv den a hodinu v měsíci. Např. v obci, kde působí jednotka Dobrovolných hasičů, slouží tento varovný signál, ke svolání příslušníků sboru SDH a případnému výjezdu zásahové jednotky.

Z výše uvedeného grafu a připojených komentářů můžeme říci, že si nejlépe počínala Produktivní skupina spolu se Senioři. Studenti oproti zmiňovaným poněkud zaostávají. Řešením by se mohlo jevit vyčlenění několika vyučovacích jednotek na ZŠ zabývajících se danou problematikou.

Graf 1.7. Osvěta týkající se plánování trvalého hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů (Vlastní zpracování)



Šestá otázka dotazníkového šetření zněla: „Slyšeli jste někdy o výstavbě trvalého hlubinného úložiště?“

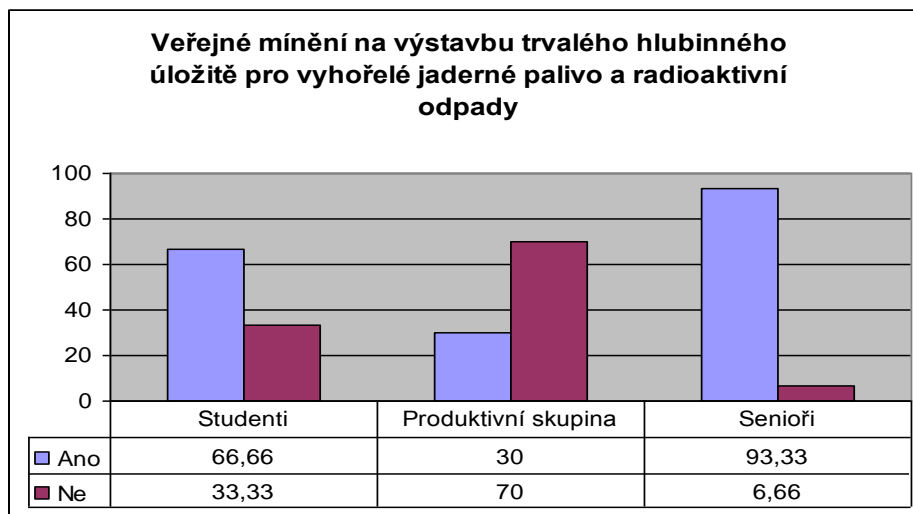
Problematika plánování a zřizování trvalého hlubinného úložiště VJP, je poněkud cizí skupině Seniorů, kteří se na osvětovou činnost v této oblasti vyjádřili zcela jednostranně. Všech 100% dotazovaných uvedlo, že se o této problematice, nikde nedozvěděli ani z doslechu.

Studenti, na otázku, která se týká osvětové činnosti, uvádí, že informace na danou problematiku, jim byly sděleny prostřednictvím exkurze v areálu jaderné elektrárny Dukovany, jako další jiný zdroj informací již neuvádí.

Produktivní skupina dopadla o něco lépe, ve svých odpovědích uvádí jako zdroj informací tiskoviny, zpravodajský deník, který každoročně vydává Skupina Čez a dále neoficiální tok informací z rozprav veřejného dění. I přes rozdíl v odpovědích bych usoudil, že Produktivní skupina vzhledem k množství uvedených zdrojů, ze kterých získává informace, projevila mnohem vyšší osvětu, jak skupina Studentů.

Osvěta týkající se plánování trvalého hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů byla poměrně blízká skupině Studentů, která uvedla, že o dané problematice se dozvěděla na nedávné exkurzy EDU, což můžeme brát, jako cestu, která může posloužit svému účelu. Jako další možnou cestu, jak poskytnout informace o dané problematice můžeme shledat tiskoviny a zpravodajský deník, který každoročně vydává Skupina Čez.

Graf 1.8. Veřejné mínění na výstavbu trvalého úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů (Vlastní zpracování)



Sedmá otázka dotazníkového šetření zněla: „Souhlasil(la) by jste s vybudováním trvalého úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů ve svém okolí?“

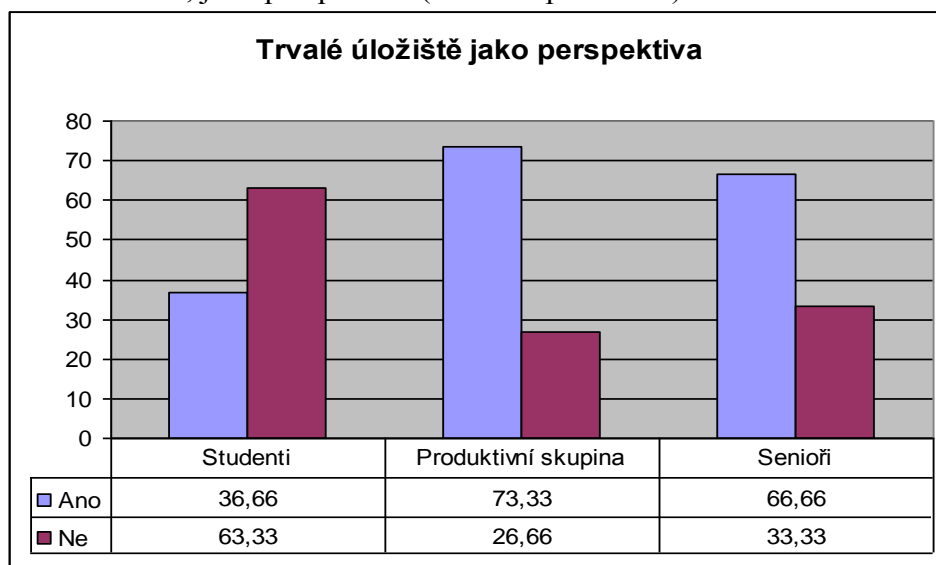
Proti výstavbě trvalého úložiště VJP se postavila jedna třetina Studentů. Produktivní skupina se dokonce ze 70% postavila proti výstavbě trvalého hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů.

Hlavním problémem zde není skutečnost, provozování zařízení tohoto typu ale samotná výstavba zmiňovaného zařízení. Obavy vyvolává délka realizace zařízení, která by mohla ovlivňovat život v obci po dobu cca na 15 i více let. S realizací zařízení je spjata zvýšená doprava v obci i mimo ni, zvýšená hlučnost, prašnost a nebezpečí na komunikacích, kterou by představovala stavební technika. Dalším faktorem negativního vnímání byla uvedena skutečnost, že zařízení by bylo postaveno na území CHKO a realizace, takového zařízení by byla velkým zásahem do krajiny a kazila by, tak její přirozený ráz.

Naopak skupina Seniorů se k výstavbě trvalého úložiště VJP, postavila velice kladně a uvítala by jí. Od výstavby a provozování zařízení by očekávala mnoho pracovních příležitostí po mnoho let a to nejen po dobu samotné výstavby ale i po jím ukončení by lidé mohli najít práci v tomto zařízení.

Výše připojené názory na tuto otázku jsou velice rozporuplné u všech skupin, a dostat se určitého konsensu je dosti obtížné. Možným východiskem se jeví přímá komunikace s odborníky z různých oblastí, za bývající se stejnou problematikou.

Graf 1.9.Trvalé úložiště, jako perspektiva (Vlastní zpracování)



Osmá otázka dotazníkového šetření zněla: „Myslíte si, že by výše zmiňované zařízení bylo přínosem pro vaši obec?“

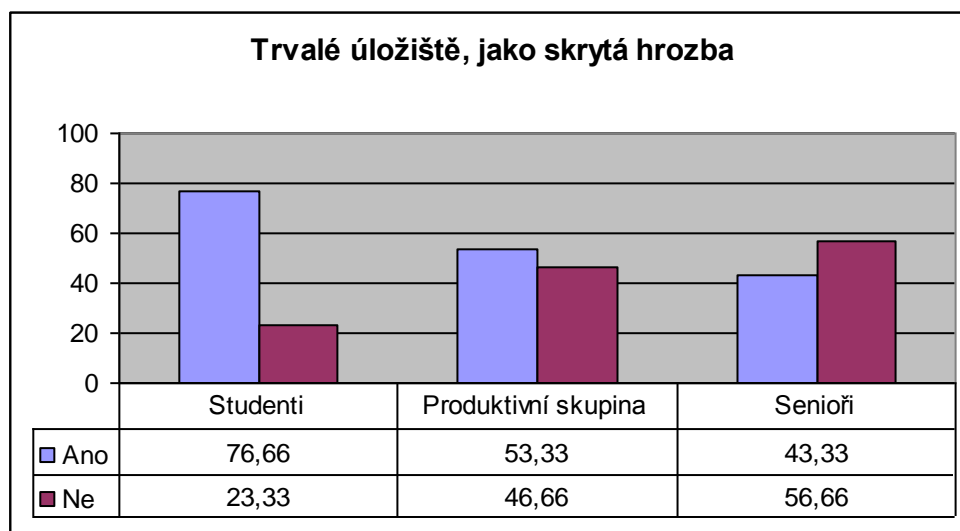
Skupina Studentů odpověděla nadpoloviční většinou záporně a neshledala v trvalém úložišti nijak významnou perspektivu. Ve svých odpovědích uvedla, jako pozitiva, finanční prostředky ze státních a evropských fondů pro obec.

Produktivní skupina spolu se Seniorsy se na svých odpovědích téměř shodli a trvalé úložiště, v nadpoloviční většině shledávají, jako přínos. Za přínos uvádí, státní a evropské



dotace pro obecní pokladnu, zvýšený turistický ruch a snížení nezaměstnanosti v mikroregionu. Jako zápornou odezvu uvádí dlouhou dobu realizace, hlučnost, prašnost, odolnost hlubinného úložiště vůči přírodním a geologickým vlivům, případné nebezpečí z radiace a následné kontaminace okolí.

Graf 1.10. Trvalé úložiště, jako skrytá hrozba (Vlastní zpracování)



Devátá otázka dotazníkového šetření zní: „Myslíte se, že vyhořelé jaderné palivo, umístěné v trvalém úložišti by vzbuzovalo hrozbu pro vaše okolí?“

Studenti ve více, jak v nadpoloviční většině projeví obavy z radiace, kterou představuje povaha materiálu, který by byl v trvalém hlubinném úložišti uskladněn.

Produktivní skupina se ve svých odpovědích přiklání k obavám z trvalého úložiště. Jako důvod uvádí obavy z nebezpečí radiace, snížení tržní ceny stavebních pozemků v blízkosti zařízení. Nevědomost z blízké i vzdálené budoucnosti a sní spojené životnosti a odolnosti hlubinného úložiště. Dále obavy z případné havárie uvnitř zařízení, vlivem seizmické činnosti či jiných vlivů a sní spojená kontaminace půdy a spodních vod. Jako další formu obav, uvádí navážení radioaktivního materiálu do prostor zařízení a případných bezpečnostních opatření, které by mohli ovlivňovat poklidný chod v obci.

Senioři ve svých odpovědích byli o něco méně skeptičtí, jak Studenti či Produktivní skupina. Více, jak nadpoloviční většina neprojevila obavy z hlubinného trvalého úložiště VJP. Avšak zbylých 43,33% dotazovaných uvedlo obavy z radiace a odolnosti trvalého úložiště proti seizmickým a geologickým vlivům.

I s těmito aspekty, je při plánování trvalého hlubinného úložiště počítáno. Při samotném výběru, musí daná lokalita vykazovat maximální seizmickou a geologickou

stabilitu, která může přímo narušit prostory úložiště včetně kontejnerů v něm uložených, horninový masiv musí být v co nejméně porušeném stavu a tvořit přirozenou přírodní bariéru. (Správa úložišť radioaktivních odpadů, bez roku vydání).

Možné východisko může poskytnout přímá komunikace s odborníky z různých oblastí zabývající se stejnou problematikou, dále exkurze skladu VJP a RAO v areálu jaderné elektrárny Dukovany a Temelín, dále úložiště radioaktivních odpadů Bratrství, úložiště radioaktivních odpadů Richard a jiné nezávislé zdroje. (Havarijní technik z EDU V.S., osobní komunikace, 28.02.2013)

## 5. Závěr

Při zpracování mé práce jsem zjistil, že koncepce zřizování trvalého hlubinného úložiště a nakládání s vyhořelými jadernými palivy je velice aktuální. A je na každém z nás, jak se o danou oblast zajímáme. Některým pesimistům se může zdát, že obyčejného člověka tato celospolečenská problematika neměla nijak zajímat a řešení by měli nechat odborníkům z různých oblastí.

Pokud bych zde mohl odbočit do jiné oblasti, pak stojí za zamyšlení, jak se většina společnosti zajímá např. o invalidně postižené spoluobčany. Většina společnosti předstíráme, že se nás daný problém netýká a tak si žijeme své spokojené životy až do té doby, dokud se my samotní nebo naši blízcí neocitneme ve stejné situaci. A tak je to stejné i s budováním HÚ pro VJP a VAO. O nic se nezajímáme a nic neřešíme až do chvíle, dokud se tato oblast nedotkne nás samotných se nezačne jednat a nás samotné.

Poté přichází řada na pesimisty a zarputilé odpůrce jaderné energie, kteří prostřednictvím masmédií servírují své jednostranné názory a postoje ale přitom nejsou ochotni podat objektivní informaci. Obyčejný člověk, tak není schopen si vytvořit svůj vlastní názor a stává se, tak nástrojem zarputilých odpůrců, kterým tak rozšířil jejich řady a svou nevědomostí a panikou šíří jejich hlásání.

Jako řešení vidím zmírnění mediální masáže prostřednictvím konfrontace názoru z druhé strany barikády. Dalším možným řešením se naskytá exkurze areálu jaderné elektrárny Temelín či Dukovany. Jiná cesta, jak se dozvědět nezkreslené informace, je kontaktování informačního centra jaderné elektrárny a následné sjednání veřejné diskuse s kompetentní osobou v dané obci. Budoucnost vidím v exkurzích, které jednou do roka uskutečňují ZŠ pro své žáky.

V dotazníkovém šetření bylo zjištěno, že skupina Studentů oproti Produktivní skupině a Seniorům poněkud zaostávala v otázkách z oblasti ochrany obyvatelstva. Stálo by za zvážení znovuzavedení branné výchovy do škol. Postačilo by vyčlenění cca 10 vyučovacích hodin na jeden školní rok. Pro žáky, by takové hodiny mohli představovat odloučení a každodenního stereotypu a přitom by byli seznámeni se základními informacemi, které by mohli i zachránit člověku život.

## **6. Souhrn**

Práce seznamuje s koncepcí vybudování hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva a povahou materiálu který by v něm byl uložen.

V dotazníkovém šetření práce podává informace o veřejném mínění na dané problematice a znalostech z oblasti ochrany obyvatelstva.

V závěru jsou také nastíněny možnosti osvětové činnosti.

## **7. Summary**

This paper introduces the concept of construction of a deep repository for spent nuclear fuel and the nature of the material which it was saved.

In the survey work gives information about public opinion on the issue, and knowledge of the field of population.

The conclusion also outlines the possibilities educational activities.

## 8. Referenční seznam

Čez, a.s.,(bez roku vydání). Energie z jižní Moravy. Praha: Skupina Čez.

Čez, a.s.,(bez roku vydání). Jaderná energetika v Číslech. Praha: Skupina Čez.

Čez, a.s.,(bez roku vydání). Obnovitelné zdroje energie a Skupina Čez. Praha: Skupina Čez.

Čez, a.s.,(bez roku vydání). Pokročilé jaderné technologie a Skupina Čez. Praha: Skupina Čez.

Čez, a.s.,(bez roku vydání). Radioaktivní odpady a Skupina Čez. Praha: Skupina Čez.

Koordinální středisko programů HÚ., (bez roku vydání). Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů. Řež: Oddělení ukládání odpadů – Ústav jaderného výzkumu.

Matějka, K. et. al. (1996). Vyhořelé jaderné palivo (Učební texty). Praha: České vysoké učení technické, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská.

Matoušek, L.et. al. (2003). Nakládání s vyhořelým jaderným palivem ve světě. Brno: Hnutí DUHA.

Matoušek, L.et. al. (2003). Politika nakládání s radioaktivními odpady a její nedostatky. Brno: Hnutí DUHA.

Správa úložišť radioaktivních odpadů. (bez roku vydání). Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů. Praha.

Anonymus. (1985). Zákon č.133/1985 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkasrch.asp?cd=76&typo=r&typ=s&refresh=yes>

Anonymus. (1997). Zákon č.18/1997 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web:<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18>

Anonymus. (1999). Zákon č.195/1999 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=195%2F1999&zdroj=sb99195&cd=76&typ=r>

Anonymus. (1999). Zákon č.324/1999 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=324%2F1999&zdroj=sb99324&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2003). Zákon č.237/2003 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web:<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=237%2F2003&zdroj=sb03237&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2000). Zákon č.238/2000 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkasrch.asp?cd=76&typo=r&typ=s&refresh=yes>

Anonymus. (2000). Zákon č.239/2000 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00239&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2000). Zákon č.240/2000 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?cd=76&typ=r&zdroj=sb00240>

Anonymus. (2002). Zákon č.281/2002 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=281%2F2002&zdroj=sb02281&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2002). Zákon č.318/2002 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=318%2F2002&zdroj=sb02318&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2008). Zákon č.208/2008 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=208%2F2008&zdroj=sb08208&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2009). Zákon č.73/2009 sb. Praha: Autor. Retrieved 28.4.2013 from the World Wide Web: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?sn=y&hledany=73%2F2009&zdroj=sb09073&cd=76&typ=r>

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web: [http://www.sujb.cz/?c\\_id=87](http://www.sujb.cz/?c_id=87)

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web: [http://www.sujb.cz/?c\\_id=229](http://www.sujb.cz/?c_id=229)

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web: [http://www.sujb.cz/?c\\_id=230](http://www.sujb.cz/?c_id=230)

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web: <http://sura0.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste>

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web: <http://sura0.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Co-potom>

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web:  
<http://sura0.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Vyber-lokality>

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web:  
<http://sura0.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Zahranicni-pristupy-k-hlubinnemu-ukladani>

Anonymus. (2013). Retrieved 25.03.2013 From the World Wide Web:  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD\\_stupnice\\_jadern%C3%BDch\\_ud%C3%A1lost%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD_stupnice_jadern%C3%BDch_ud%C3%A1lost%C3%AD)

## 9. Přílohy

**Příloha č. 1 – Nevyplněný dotazník výzkumu**

**Toto dotazníkové šetření je ANONYMNÍ a slouží pro vlastní potřeby. Vyplnění dotazníku je DOBROVOLNÉ, proto žádám o individuální zodpovědné vyplnění. Dotazník bude sloužit pro potřeby bakalářské práce, dosažené výsledky pomohou vytvořit objektivní náhled veřejného mínění na problematiku nakládání s radioaktivními odpady. Z výsledků nebudou vyvozovány žádné závěry vůči jednotlivcům, ani kolektivům.**

**Své odpovědi zakroužkujte !!!**

**Pohlaví : Muž**

**Žena**

**Věk:**

Myslíte si, že jsou jaderné elektrárny v ČR bezpečné?

**ANO NE**

**Uveďte důvod:**

Jste názoru, že okolní země Evropské unie jsou vyspělejší v oblasti jaderné energetiky i co se týče do bezpečnosti, jak Česká republika?

**ANO NE**

**Uveďte důvod:**

Věděli by jste, jak se zachovat v případě mimořádné jaderné havárie

**ANO NE**

**Uveďte**

**příklady**.....  
.....

Máte tušení co se děje s použitým vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem.

**ANO NE**

**!!! pokud ANO napište:**.....

**"Všeobecná výstraha":** Se rozumí, případ možné hrozby nebo vzniku mimořádné události varovným signálem, který je uskutečněn kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin. Tato zkouška je prováděna pravidelně jednou do měsíce. V jaký den a hodinu je tato poplachová zkouška prováděna?

- první středu v měsíci ve 12 hodin      **ANO NE**

- druhou středu v měsíci ve 12 hodin      **ANO NE**

- první sobotu v měsíci ve 12 hodin      **ANO NE**

Slyšeli jste někdy o plánování výstavby trvalého hlubinného úložiště?

**uveďte zdroj**.....

**ANO NE**



Souhlasil(la) by jste s vybudováním trvalého úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů ve svém blízkém okolí? **ANO NE**

**Uved'te důvod:**

**V následujícím, zvolte jen jednu odpověď ze dvou otázek.**

Myslíte si, že by výše zmiňované zařízení bylo přínosem pro vaši obec **ANO NE**

**Uved'te důvod:**

Myslíte se, že vyhořelé jaderné palivo, umístěné v trvalém úložišti by vzbuzovalo hrozbu pro vaše okolí? **ANO NE**

**Uved'te důvod:**



