



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Ústav radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

# Historie těžby uranu se zaměřením na 21. století

Vypracoval: Stanislav Fuka

Vedoucí práce: prof. Dr.rer.nat. Friedo Zölzer, DSc.

České Budějovice 2016

## **Abstrakt**

### **Historie těžby uranu se zaměřením na 21. století.**

Uran je chemický prvek se značkou U objeven v roce 1789 německým chemikem Martinem Heinrichem Klaprothem. Zpočátku nebyl pro lidstvo nijak zvláště zajímavý, využíval se převážně k barvení skla. Zásadní zlom nastal po druhé světové válce, kdy se uran začal používat pro jaderné zbraně a později pro jaderný průmysl. Tehdejší Československo bylo v produkci uranu světovou velmocí. Cílem práce bude popsat vlastnosti a výzkum uranu a vývoj těžby uranu ve 20. a 21. století v České republice a ve světě. V roce 1945 byla podepsána mezivládní smlouva mezi Československem a Sovětským Svazem o dodávce uranu. Klíčový byl pro Sovětský Svaz Jáchymov, na ostatních místech Československa probíhal teprve průzkum. Celkem bylo exportováno do SSSR 98 500 tun tříděné uranové rudy a koncentrátu. V padesátých letech minulého století uranový průmysl zaměstnával 40 000 lidí, nutno dodat, že značnou část tvořili chovanci a vězni. Na přelomu padesátých a šedesátých let dochází k nasycení zásob pro vojenské účely a uran se začíná využívat především pro jadernou energetiku. Po roce 1989 dochází k útlumu těžby, zejména z důvodu nadprodukce uranu. Postupně se uzavírají uranové doly a rekultivují se prostory těžby i chemické úpravní rudy. Dnes je v provozu jediný důl v Dolní Rožínce na Českomoravské vrchovině. Značný problém v současnosti po těžbě představuje lokalita Stráže pod Ralskem, kde se uran těžil metodou chemickým loužením (In Situ Leach) a chemické úpravní rudy, především MAPE Mydlovary. Ve Stráži pod Ralskem se cena sanačních prací odhadují na 40 miliard korun a potrvají přibližně dalších 20 let. Sanace v MAPE Mydlovary se odhaduje v řádech desítek miliard korun a potrvá asi ještě deset let.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. V teoretické části jsou popsány zdroje a způsoby těžby uranu, pojmy radioaktivita, uraninit. Následně je zde popsán současný stav ekologické zátěže v MAPE Mydlovary na Českobudějovicku. V praktické části se zabývám problematikou dopadu těžby uranu na člověka a životní prostředí, dále jaký byl rozvoj v těžbě uranu v rozvojových státech a jaká je perspektiva těžby a srovnání

zásob uranu v České republice a ve světě. Součástí praktické části je vývoj ceny uranu na světových trzích.

Provedenou analýzou vyplývá, že největší dopad na člověka a životní prostředí má při těžbě uranu a následném zpracování v podobě exhalací, hluku a kontaminace půdy a vod. V minulosti docházelo navíc k nenávratným škodám na kulturních památkách, flóře a fauně. Zcela nedostatečná ochrana životního prostředí byla v poválečných letech a tato situace přetrvávala až do konce šedesátých let. V těchto letech bylo prioritou dosahovat co největší produkce s minimálním ohledem na okolní přírodu a zdraví obyvatelstva. Rozdíl v dopadu na člověka a životní prostředí je různý v závislosti na typu těžby. Další zátěž je při průzkumu, zakládání a budování nových dolů.

Zásoby uranu v České republice se odhadují na 150 000 tun, největším zdrojem uranové rudy je Stráž pod Ralskem (115 000 t U). Zásoby uranu ve světě se odhadují na 6 000 000 t U. Mezi největší zdroje uranu ve světovém měřítku patří Austrálie, důl Olympic Dam, Kazachstán, ložisko Tortkuduk Myunkum a Kanada, ložisko McArthur River. Zásoby uranu se v Austrálii odhadují na 1 700 000 t U. Značně nejistá je budoucnost těžby uranu v České republice. Jaderná energetika má u nás i v sousedních státech odpůrce, v posledních letech se čím dál více prosazují alternativní energetické zdroje v podobě sluneční, větrné a vodní energie. Provoz v Dolní Rožínce bude ukončen přibližně v roce 2017. V České republice je vytěženo každoročně průměrně 250 – 300 t U. To nepokrývá spotřebu jaderných elektráren. Průměrná světová roční produkce se pohybuje v rozmezí 50 000 – 60 000 t U. Významný podíl v těžbě uranu mají v posledních uplynulých letech rozvojové státy, především Niger, Namibie, Mongolsko, Botswana a Malawi. Tyto země vlastní velké procento světových zásob uranu. Rozvoj těžby komplikuje nedostatečná infrastruktura. V závěru práce je rozhovor s několika odborníky. Předpokládané využití práce v praxi je zdroj informací pro studenty Jihočeské univerzity a obyvatele obce Mydlovary a okolí.

**Klíčová slova:** uran, uranové doly, těžba uranu, MAPE Mydlovary, životní prostředí.

## **Abstract**

### **The history of uranium mining with particular emphasis the 21<sup>st</sup> century.**

Uranium is a chemical element with the brand U discovered in 1789 by German chemist Martin Heinrich Klaproth. Initially it was not particularly interesting for mankind, it was used mainly for colouring the glass. A major turning point came after the Second World War, when uranium began to be used for nuclear weapons and later for nuclear industry. At that time Czechoslovakia was the great world power in the production of uranium.

The aim of my bachelor's work is a description of the uranium research characteristics and development of uranium mining in the 20<sup>th</sup> and the 21<sup>st</sup> century in the Czech Republic and in the world. An intergovernmental contract between Czechoslovakia and the Soviet Union about an uranium supply was signed in 1945. Jáchymov was the key place for the Soviet Union, there was only a research carried out in other places of Czechoslovakia.

There were exported 98 500 tons of the separated uranium ore and the concentrate to the USSR. The uranium industry employed 40 000 people in the fifties of the last century and it should be mentioned that a considerable part consisted of inmates and prisoners. At the turn of the fifties and sixties, the supply for military purposes is filled up and the uranium begins to be used mainly for nuclear energy. The mining is reduced after 1989 mainly due to an overproduction of uranium. The uranium mines are gradually closed and the places of extraction and chemical finishing departments of the ore are recultivated. The only mine, which is still in operation, is in Dolní Rožínka in the Bohemian-moravian highlands.

A significant problem nowadays after the extraction seems to be the location of Stráž pod Ralskem, where the uranium is mined by the method of chemical infusion (In Situ Leach), and the chemical finishing department of the ore, mainly a MAPE Mydlovary. The price of remedial work estimated at 40 billion Czech crowns in Stráž pod Ralskem and will last approximately for the next 20 years. Redevelopment in the

MAPE Mydlovary is estimated in the tens of billions of Czech crowns and it will take about another ten years.

Bachelor's thesis is divided into two parts. In the theoretical part, there are described the sources and methods of uranium mining, the concepts of radioactivity, uranium. After that there is described the current state of environmental burdens in the MAPE Mydlovary in Českobudějovicko. In the practical part I deal with the issue of the impact of uranium mining on man and the environment, the development in uranium mining in developing countries and the perspective of the extraction and a comparison of the uranium reserves in the Czech Republic and in the world. A section of the practical part follows up the development of the price of uranium in world market.

The carried out analysis shows that the biggest impact on man and environment during uranium mining and the subsequent processing is in the form of emissions, noise and contamination of soil and water. Additionally it caused the irreversible damage to cultural monuments, flora and fauna in the past. Total inadequate protection of the environment was in the post-war years and this situation had persisted until the end of the sixties. There was a priority to achieve maximum production with minimal regard to the surrounding nature and the health of the population in those years. The difference in the impact on mankind and the environment is different depending on the type of mining. An additional burden is because of the exploration, founding and building new mines.

The uranium reserves in the Czech Republic are estimated at 150 000 t, the largest source of uranium ore is in Stráž pod Ralskem (115 000 t U). The World uranium reserves are estimated at 6 000 000 t U. Among the largest World uranium resources belong Australia, mine Olympic Dam, Kazakhstan, reservoir Tortkuduk Myunkum and Canada, reservoir the McArthur River. Uranium reserves in Australia are estimated at 1 700 000 t U. The future of uranium mining in the Czech Republic is highly uncertain. There is a huge number of opponents of the nuclear energy in our country and in neighbouring states, nowadays it is increasingly promoted alternative energy resources

in the form of solar, wind and hydro energy. Operation in the Dolní Rožínka will be completed approximately in the year 2017.

In the Czech Republic is mined an average of 250 – 300 t U each year. It does not cover the consumption of nuclear power plants. The world's average of an annual production is in the range 50 000 – 60 000 t U. A significant part in the uranium mining has had developing countries recently, particularly in Niger, Namibia, Mongolia, Botswana and Malawi. These countries own a large percentage of the world's supply of uranium. The development of the mining complicates the lack of infrastructure.

In the conclusion of the bachelor's work there are several conversations with the experts from this field. The bachelor's work is assumed to be used in practical life as a source of information for students of university of South Bohemia, and the inhabitants of the village of Mydlovary and the surrounding area.

**Keywords:** uranium, uranium mines, uranium mining, MAPE Mydlovary, environment.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2016

.....

Stanislav Fuka

## **Poděkování**

Děkuji prof. Dr.rer.nat. Friedu Zölzerovi, DSc. za odborné vedení a cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Poděkování patří též Mgr. Václavu Trantinovi z Hornického muzea Příbram za poskytnuté informace.



## Obsah

ÚVOD.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1.1 Základní pojmy.....	12
1.1.1 Radioaktivita.....	12
1.1.2 Uran.....	13
1.1.3 Uraninit.....	13
1.1.4 Polonium.....	14
1.1.5 Radium.....	14
1.1.6 Radon.....	14
1.2 Ložiska uranu v České republice a ve světě.....	15
1.2.1 Ložiska uranu v České republice.....	15
1.2.2 Ložiska uranu ve světě.....	16
1.2.3 Uranové doly .....	17
1.3 Historie těžby uranu.....	18
1.3.1 Historie těžby uranu v Československu.....	18
1.3.2 Historie těžby uranu ve světě.....	22
1.4 Těžební metody.....	23
1.4.1 Těžební metody pro ložiska žílného typu.....	23
1.4.2 Těžební metody pro ložiska zonárního typu.....	23
1.4.3 Těžební metody pro ložiska sedimentárního typu.....	23
1.5 Výroba uranu.....	24
1.6 MAPE Mydlovary.....	24
2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA A METODIKA VÝZKUMU.....	26
2.1 Výzkumná otázka.....	26
2.2 Metodika výzkumu.....	26
3 VÝSLEDKY .....	27
3.1 Dopad těžby uranu na člověka a životní prostředí.....	27
3.1.1 Ovlivnění kvality povrchových vod.....	29

3.1.2	Kontaminace podzemních vod.....	29
3.1.3	Prašnost.....	30
3.1.4	Emise radonu.....	30
3.1.5	Nápravná opatření.....	30
3.1.6	Právní podpora ochrany životního prostředí.....	31
3.2	Rozvoj těžby v rozvojových státech.....	32
3.3	Perspektiva těžby a porovnání zásob uranu v ČR a ve světě.....	35
3.3.1	Perspektiva těžby a zásoby uranu v České republice.....	35
3.3.2	Perspektiva těžby a zásoby uranu ve světě.....	37
4	DISKUZE .....	40
5	ZÁVĚR .....	42
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	44
7	PŘÍLOHY.....	49

## Úvod

Uran se v době po druhé světové válce stal velice ceněnou a žádanou surovinou. Jáchymovské doly, kde těžba uranu probíhala už v 19. století, se rozrostly v mohutný kolos. Zásadní vliv na této skutečnosti měla pro Československo z dnešního pohledu značně nevýhodná mezivládní dohoda o rozšíření těžby rud a koncentrátů a dodávce uranu Sovětskému Svazu uzavřená na konci roku 1945. Na přelomu čtyřicátých a padesátých let hrozilo nebezpečí, že studená válka přeroste v globální konflikt. USA a SSSR započali závody ve zbrojení. Dodnes mezi lidmi vyvolává téma uranu a uranový průmysl diskuze a dohady. Po roce 1989, kdy došlo k zpřístupnění utajovaných dokumentů se začalo otevřeně hovořit o ekonomicko-geologických faktech, environmentálních aspektech a poměrech v lágrech na Jáchymovsku a Příbramsku.

Dnes uran představuje zásadní zdroj, především pro výrobu elektrické energie. Pro počátek 21. století je charakteristický odklon od spalování fosilních paliv a postupný přechod k obnovitelným zdrojům. Na vzestupu v některých státech světa je jaderná energetika. V řadě zemí je ovšem jaderná energetika značně nepopulární a to zejména z obav možné havárie. Do dějin se jednou provždy zapsala jaderná havárie v elektrárně Three Mile Island v USA, v roce 1986 se stala největší jaderná havárie v dějinách, exploze reaktoru v elektrárně Černobyl v SSSR a havárie jaderné elektrárny Fukušima I v Japonsku.

Geologický průzkum, budování zázemí pro těžbu, samotná těžba uranové rudy, její zpracování a ukončení provozu po těžbě přináší nezanedbatelné zhoršení životního prostředí pro celé okolí. Důkazem může být lokalita Stráže pod Ralskem, kde probíhala hlubinná těžba metodou ISL. Další velká ekologická zátěž je bývalá úpravna uranové rudy MAPE v Mydlovarech.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Základní pojmy

### 1.1.1 Radioaktivita

Radioaktivita je proces, během něhož dochází k samovolné přeměně nebo rozpadu složení atomových jader. Touto přeměnou se uvolňuje energie ve formě záření. Radioaktivitu objevil v roce 1896 francouzský fyzik Antoine Henri Becquerel u uranu. Becquerel tak drží prvenství v objevení radioaktivity před manžely Curie. Prvek, který je radioaktivní je označován jako nuklid. Tyto prvky mívají vysoké protonové číslo. Radionuklidy produkují tři druhy radiového záření: záření alfa - je zvnějšku pro člověka v podstatě neškodné. Záření alfa stěží pronikne listem papíru. Záření beta je silnější, ale zastaví jej kov. Nejsilnější je gama záření, to jen máloco dokáže zatavit, pokud toto záření pronikne do lidského těla, nenávratně poškodí některé buňky a může vést ke smrti. Všechna záření mohou vést až ke smrti, záleží na intenzitě záření a délce času, kterému je organismu tomuto záření vystaven. Radioaktivní záření je přítomno všude kolem nás, v kterém komkoliv místě. Člověk sám nepatrné množství vyzařuje. V přírodě je velké množství prvků, které takové záření produkují, vedle uranu ještě radon nebo radium. Radioaktivní záření lze ale vyvolat i uměle, např. v lékařství nebo v energetice. Je třeba také podotknout, že stopové množství radia je obsaženo i v lidském těle, takže na určité množství záření jsme zvyklí. Pokud vezmeme v potaz koloběh uranu v přírodě, tak zvětráváním hornin se uran dostává do půdy a do vody, tím se dostává do rostlin a pak do organismů živočichů. Koncentrace v takém množství je velmi nízká a velmi přirozená.

Co ale není přirozené a zcela se vymyká normálu, je míra radioaktivity v souvislosti s těžbou uranu. Mezi nejvíce postižené patřili samozřejmě horníci. To byl také důvod, proč na práci v dolech v 50. letech byly „používání“ právě vězni a muklové. Do 60. let byla ochrana před zářením naprosto nedostatečná až nulová. Jednou z nejzásadnějších příčin úmrtí a poškození zdraví byl radon - plyn bez zápachu uvolňující se z radia přítomného v rudě, ale i v důlních vodách. Ten byl odvětráván až na základě povinného

plošného zavádění větráků v dolech. Kromě toho v hlubinných dolech byli horníci vystaveni také gama záření, které zapříčiňuje rakovinu. Dalším faktorem častých onemocnění horníků je polétavý radioaktivní prach, který má vliv na zdraví plic. Rakovina plic je u horníků uranových dolů běžně nazývána jáchymovskou nemocí. Zvýšená náklonnost k leukémii a tvorbě zhoubných nádorů se může projevit až po desítkách let. (1, 2)

### **1.1.2 Uran**

Uran je jedním ze základních chemických prvků se značkou U. Tento prvek je radioaktivní. Uran byl objeven už v roce 1789 německým chemikem Martinem Heinrichem Klaprothem. Není bez zajímavosti, že prvek uran byl pojmenován podle nově objevené planety Uran, ta byla objevená v roce 1781. Uran je kov patřící do skupiny aktinoidů, tedy prvků s nejvyšším obsahem protonů v jádru. Uran obsahuje 92 protonů. Uran je svým vzhledem stříbřitý, lesklý a relativně snadno zpracovatelný už za nízkých teplot. Při vyšších teplotách je vysoce radioaktivní. Uran má velkou hustotu a patří tak k nejtěžším kovům vůbec. V roce 1896 se zjistilo, že je uran radioaktivní. Z uranové rudy Marie Curie Sklodowska izolovala další prvky polonium a radium. Uranová ruda se tak nejprve používala pro potřeby využití radia, které se velmi rychle začalo používat pro lékařské účely. Pro účely jaderného průmyslu se uran začal používat až po druhé světové válce. Uran nevytváří souvislá ložiska, je rozptýlen v horninách. Nejdůležitější uranové rudy jsou uraninit, často označován také jako smolinec, dále coffinit, karnotit nebo torbernit. Je jich ale více. Velmi často se lze setkat s tím, že v uranové rudě jsou pohromadě s uranem ještě další prvky, a sice kobalt, nikl, stříbro nebo bismut. Tento výskyt je typický například v jáchymovské lokalitě. (2)

### **1.1.3 Uraninit**

Uraninit nebo uranit, česky také jako smolinec je označován černý, lesklý nerost, jehož lom je lasturnatý. Chemické složení tvoří směs oxidů uraničitého a uranového. Jeho světovou proslulost zapříčinil objev radia v něm obsažený.

Havíři z Jáchymova už koncem 16. století přiřadili smolinec k tzv. blejnům. Pojmem blejno byly horníky označovány některé sulfidy, např. sfalerit, jako blejno zinkové. Tento sulfid byl pro horníky stejně bezcenný jako blejno černé, které přinášelo smůlu, protože, když se v dole narazilo na černé blejno, bylo jasné, že stříbro se zde vyskytovat nebude. Odtud byl odvozen pozdější český název smolinec. Na popisu a poznání uraninitu má podíl německý chemik M. H. Klaproth, který koncem 18. století došel k názoru, že smolinec je „sloučenina polokovu se sírou“, a pro kterou navrhl název Uranit podle právě nově objevené planety Uran. Později doporučil změnit název na uranin a jeho práce se stala základem pro další zkoumání. (3, 4)

#### **1.1.4 Polonium**

Polonium jako samostatný prvek bylo poprvé získáno ze smolince, čili z uranové rudy, na území jáchymovských dolů. Jeho objev je přičítám fyzičce Marie Curie Sklodowske z roku 1898. Název polonia je odvozen od Polska, odkud Sklodowska pocházela. Pro jeho malou koncentraci v rudě (0,1mg na tunu) je vyráběno uměle - z ozařování bismutu. Ze zdravotního hlediska je polonium velmi nebezpečný prvek. Poloniem byl např. otráven bývalý agent KGB v roce 2006 Alexander Litviněnkó. Obsah polonia byl zjištěn i v cigaretách. (2)

#### **1.1.5 Radium**

Radium je jeden z nejsilnějších radioaktivních prvků. Nachází se v uranové rudě a vykazuje všechny tři druhy radiového záření. Bylo opět objeveno manželi Curie v roce 1898 společně s objevem polonia. Průmyslově se ročně ve světě vyrobí jen velmi malé množství, které pokryje jeho celosvětovou potřebu. Radium je hlavně využíváno v lékařství k likvidaci rakovinotvorného onemocnění. (1, 2, 5)

#### **1.1.6 Radon**

Radon je bezbarvý plyn, bez zápachu a je trvalou složkou životního prostředí. Objeven byl v roce 1900 Friedrichem Ernestem Dornem. Vzniká jako produkt rozpadu radia a uranu v horninovém podloží. Ve větším množství a při delší expozici způsobuje

především rakovinu plic, ve středověku nazývanou hornickou nemocí. Česká republika patří mezi země s nejvyšší koncentrací radonu na světě. Radonová voda proslavila jáchymovské lázně, kde se využívá voda z bývalého dolu Svornost. (5, 6)

## **1.2 Ložiska uranu**

### **1.2.1 Ložiska uranu v České republice**

Když se v roce 1945 začalo s těžbou uranu ve velkém rozsahu, mělo se za to, že zásoby kolem Jáchymova nebo v Horním Slavkově nevydrží na dlouho. Bylo třeba provést podrobný průzkum, kde by bylo vhodné dál těžit. Bylo definováno několik stanovišť na území celého Československa. Vznikly pracovní skupiny označené KP1 – KP10 jako Kutací práce, jejichž pracovníci vytipovávali možná místa výskytu, jako např. v Příbrami, Horažďovicích, Vrchlabí nebo ve Spišské Nové Vsi. V roce 1958 vznikl národní podnik Jáchymovské doly Geologický průzkum se sídlem v Hluboši u Příbrami. Hlavním úkolem tohoto podniku bylo vyhledávání nových ložisek s radioaktivními surovinami. Pokud byla takováto lokalita nalezena, bylo třeba ještě spočítat, kolik je tam potřebného materiálu obsaženo a připravit místo k těžbě. Ne všechna ložiska byla vytěžena a proto i jejich potenciální obsah můžeme jen odhadovat. Mezi nejmenší ložiska s obsahem jen několik tun uranu (proto ani nebyly předávány k vytěžení) se nacházejí např. Strhaře u Tišnova, Líšťany u Plzně. Mezi středně velká ložiska patří Jáchymov, Horní Slavkov, Zadní Chodov, Okrouhlá-Radouň u Jindřichova Hradce. Velká ložiska bychom našli kolem Příbrami, tato ložiska vykazovala velký obsah nejrůznějších minerálů - Bytíz, tady byla nalezena nejbohatší uranová žíla, Háje, Kamenná, Brod, dále na západní Moravě - Rožní, Olší, nebo v severních Čechách - Hamr na Jezeře, Stráž pod Ralskem, Osečná - Kotel nebo Hvězdov, to je jen krátký výčet. V porovnání se světovými ložisky uranu mají naše ložiska jen několik tisíc tun uranu. Např. ložiskům v severních Čechách, která mají obsahovat největší podíl uranu ze všech ložisek, se uvádí objem přes 22 000 tun. Ložiska ve Spojených státech nebo v Kanadě mají podle odhadů obsahovat mezi 500 tisíc až skoro milion tun. I tak drží Česká republika první místa v těžbě uranu i v současnosti na území Evropy. (1)

Odhady obsahu uranu ve vytipovaných oblastech byly dlouhodobě podceňovány. Např. v okolí Jáchymova se odhalovalo, že by se tam mohlo nacházet asi 1000 tun uranu, nakonec se vytěžilo 7000 tun uranu. Značné množství vytěženého uranu bylo použito na výrobu atomových pum pro Sovětský svaz.

V roce 2008 bylo evidováno v České republice sedm ložisek uranu „s bilančními prozkoumanými zásobami 1 545 t“. Tato ložiska se nacházejí u obcí: Hamr na Jezeře, Osečná-Kotel, Stráž, Břevniště, Hvězdov, Brzkov-Věžnice a Jasenice-Pucov. Nachází se v nich několik tun uranové rudy. Důl Rožná je součástí ložiska u Brzkova a obsahuje nejméně rudy ze všech výše uvedených, ale patří k posledním fungujícím uranovým dolům v Evropě. Geograficky jsou tato ložiska na Liberecku, Jihlavsku. (7)

Světové zásoby uranu se nacházejí v pěti typech ložisek: Metamorfované fosilní rozsypy, v kterých se nachází asi 55% světových zásob uranu, infiltrační, hydrotermální, metasomatické pegmatity a rozsypy, které se vyskytují převážně na plázech. Na našem území mají faktický význam ložiska metamorfovaná, čili žilná, dále ložiska infiltrační, čili zonární a ložiska v sedimentech, čili rozsypy. Ložiska 1. typu - metamorfované fosilní rozsypy - tyto žíly mají většinou strmý sklon a můžou dosahovat až několik kilometrů. Mocnost je kolísavá od několika centimetrů až po několik metrů, hlavním minerálem je smolinec. Hlavní ložiska tohoto typu se nacházejí v Jáchymově, Horním Slavkově a Příbrami. Zonární ložiska dosahují taktéž několik kilometrů a mocnost může být i několik desítek metrů, jsou obohaceny grafitem a pyritem. Hlavní lokality se nacházejí v okolí Rožné, Olší, Zadního Chodova a Okrouhlé Radouně. Mezi nejvíce proměnlivé typy ložisek patří rozsypy v sedimentárních horninách. Proměnlivá je mocnost, i obsah dalších rud. Lokalitou tohoto typu na našem území je křídová pánev v oblasti Hamru nad Jizerou. (8, 9)

### **1.2.2 Ložiska uranu ve světě**

Tabulky v těžbě uranu vede celosvětově Kazachstán. Drží téměř 30% celkově vytěženého uranu na celém světě. Další v pořadí je Kanada a Austrálie, které svoji těžbou obsáhnou 20% a 15% těžby na dalších místech procenta těžby rychle klesají.



Mezi další významné lokality lze uvést Namibii, Niger, Rusko, Malawi, Uzbekistán a v neposlední řadě USA. České republice se svým půl procentem celosvětové těžby patří 14. místo. Za jeden rok se na celém světě vytěží průměrně 60 000 t U. (10)

### **1.2.3 Uranové doly**

Uranové hornictví u nás začíná rokem 1945. Těsně po osvobození, v druhé polovině roku 1945 se jáchymovské doly potýkaly s bojem o vlastníka. V dole byl nedostatek pracovních sil, kromě německých zajatců zde pracovali ženy i mladiství. Byl nedostatek nářadí pro práci. Dne 23. listopadu 1945 byla podepsána oficiální dohoda mezi Československem a Sovětským svazem “o průzkumu, dobývání a dodávkách radioaktivních surovin, komplexní zajišťování rychlého rozvoje průzkumu a těžby uranových rud, včetně pomocných činností (stavební, strojírenské, projekční, výzkumně-vývojové).“ Situace se začala rychle řešit, lidé se zkušenostmi v dolech byly přiváženi z Příbramska, byla nasazena armáda a až do roku 1949 v dolech pracovali němečtí vězni. Navíc se začalo pracovat na obnově báňského školství. Tradice školství navazuje na Horní školy v Jáchymově z roku 1716 nebo v Bánskej Štíavnici z roku 1762 nebo v Praze 1763. Vysoká škola báňská vznikla v Příbrami 1945. Brzy poté se škola přestěhovala do Ostravy. Po roce 1989 se Vysoká škola báňská opět otevřela pro mezinárodní spolupráci. V Příbrami zůstala hornická škola s učebním oborem na 2 roky. Tato škola byla v roce 1951 přeorganizována - vznikl obor čtyřletý zakončený maturitou a škola přejmenována jako Průmyslová škola hornická přesídlila do budovy původní Vysoké školy báňské. Další průmyslové školy vznikly v Duchcově, Moravské Ostravě, Kladně nebo Břeclavi. Kvůli útlumu těžby v posledních dvaceti letech však došlo v těchto školách i k útlumu vyučovaných oborů. (11, 12, 13)

Těžba je možná třemi způsoby - povrchově, hlubinně a prostřednictvím hydrometalurgickým úpravám horniny. Mezi nejsilnější nebo nejvíce vytížené období patřily první desetiletí po druhé světové válce. Válkou byla celá československá ekonomika a hospodářství značně narušené a byla snaha co nejrychleji je obnovit. Na základě dekretů prezidenta republiky se začaly první podniky znárodnovat a podléhaly zcela jiné organizaci práce. Dekretem ze dne 24. října 1945 byly znárodněny doly a

některé průmyslové podniky. Od února 1948 byly znárodněny veškeré podniky zaměřené na těžbu (nezmiňuji pouze doly uranové, ale i uhelné apod.). V 50. letech v souvislosti s velmi úzkou spoluprací se Sovětským Svazem byl kladen důraz nejen na zpracování zde vytěžených surovin, ale i na vývoz nerostných surovin z Československa. To souviselo s dalšími geologickými výzkumy daných ložisek. V 70. a 80. letech byla těžba surovin v maximální míře provozu a možností, aniž by se stále bral ohled na stav životního prostředí (opět nezmiňuji jen těžbu uranu nebo uhlí, ale třeba vápence nebo grafitu). Po roce 1990, kdy se nejen hranice, ale i myšlení otevřelo světu, si stále více uvědomujeme nutnost životní prostředí chránit a co nejvíce šetřit před vlivy průmyslové výroby. Dalším faktorem útlumu hornictví u nás byly změny v politickém zřízení a ekonomických možnostech. Veškeré náklady na provoz podniků už nehradil pouze stát. Už nebylo nutné veškeré suroviny vyvážet jen na východ, ale důležitá byla i rentabilita těžby. Takovou situaci však v mnoha podnicích nebylo možné udržet dlouho a mnoho podniků svoji činnost omezilo nebo úplně skončilo. Tyto skutečnosti vyústily ve vydání usnesení vlády ČSFR ze dne 21. června 1990 o útlumu hornictví. (1, 12, 13)

### **1.3 Historie těžby uranu**

#### **1.3.1 Historie těžby uranu v Československu**

Historie těžby uranu začíná v momentě, kdy Marie Curie Sklodowska objevila v uranové rudě radium a polonium, tedy v roce 1898. Uran byl stále více vyžadován jak k vědeckým, tak k léčebným účelům. Předtím se uran používal k výrobě barev na sklo. Objevem nových prvků vznikla nová továrna na výrobu barev a ta se stala výhradním dodavatelem radia. V Československu po 1. světové válce existovalo několik závodů, které vyráběly kyseliny. Byly sdružené pod názvem Lučební závody Kolín, vznikly v roce 1871 výnosem c. k. ministerstva vnitra (s pracovištěm v Pečkách, Českých Budějovicích, Kolíně). V roce 1927 byly na základě rozhodnutí ministerstva zdravotnictví závody v Kolíně pověřeny výrobou radioaktivních preparátů, vznikla nová společnost Radiumchema, ve které měla podíl ministerstva a Lučební závody Kolín. V

roce 1960 byla např. v Kolíně uvedena do provozu výroba granulovaného polystyrenu, dodnes je firma činná, vyrábí převážně stavební chemii - silikon, kaučuky, tmely. (1, 14)

Radiumchema uvedla na trh mnoho radioaktivních výrobků s krátkodobou aktivitou - radonem syčené vody určené ke koupelím a pitným kúrám, radiové soli, vodu na vlasy nebo radiové vaginální čípky. Reklama byla mocná už tenkrát. Oblíbeným suvenýrem z Jáchymovských lázní byly tzv. „Kapesní lázně“ - nádobka uvnitř s radioaktivní solí - síranem radnatým, do které se dala nalévat čistá voda a zase vylévat voda obohacená radonem. Víme, že tento aparát v roce 1932 stál asi 100 dolarů. Radiumchema měla obchodní zastoupení nejen na území celé Evropy, ale i v Americe. (14)

Po 1. světové válce 1918 převzaly těžbu Státní uranové doly a radiové doly Jáchymov. Těžilo se v dolech Rovnost a Bratrství později byl obnoven důl Svornost. V roce 1923 bylo objeveno ložisko v okolí Mariánských Lázní. Do roku 1939 bylo objeveno dalších 22 nalezišť na našem území. Po roce 1945 těžbu uranu v podstatě zabral Sovětský svaz na výrobu atomové bomby. Rudá armáda všechny fungující doly převzala do vlastní správy. Od ledna 1946 byl zřízen národní podnik Jáchymovské doly. Na práci v dolech byli posíláni váleční zajatci ze Sovětského svazu, kteří byli postupně nahrazeni českými vězni. Od roku 1949 vznikaly v okolí Jáchymova tábory nucených prací, celá oblast byla znepřístupněna a platil zde podobný režim jako v pohraničí. Už v roce 1957 dosahovala délka vytěžených chodeb 125 km. V roce 1955 zde bylo drženo 9200 mukulů. (15, 16)

### **Vývoj těžby uranových rud po roce 1945 můžeme rozdělit do pěti období.**

1. období - od roku 1945 do počátku padesátých let byly obnoveny staré doly na Jáchymovsku a započat intenzivní průzkum v historických rudních revírech. Výsledkem bylo nalezení žilných ložisek a zahájení těžební činnosti v Horním Slavkově (1948) a Příbrami (1949).
2. období – od počátku padesátých let do roku 1965 se provádělo vyhledávání nových ložisek na celém území ČSR, později ČSSR. Nalezla se nová ložiska

Zadní Chodov (1952), Dolní Rožínka (1954), Rožná (1954) a Olší (1956). Koncem tohoto období bylo započato těžení ve Vítkově II (1960) a Okrouhlé Radouň (1962). V severočeské křídové oblasti bylo objeveno hydrogenní ložisko nedaleko Hamru na Jezeře (1962) a ve Stráži pod Ralskem (1968). V roce 1962 byla ukončena těžba v Horním Slavkově a v roce 1964 v Jáchymově.

3. období – většina produkce uranu v letech 1965 – 1975 je z Příbramska. Průzkumné a těžební práce na ložiskách žilného typu postupně klesají.
4. období – v letech 1975 – 1988 dochází ke snižování produkce uranu na Příbramsku. Zásadní objem rudy je zajišťován především z lokalit Stráž pod Ralskem a Hamr na jezeře. Ve světě dochází poprvé k nadprodukcí uranu a cena 109 až 120 USD/kg v 70. letech padá na 19 – 26 USD/kg. Na konci osmdesátých let dochází k zásadnímu útlumu uranového hornictví v ČSSR.
5. období po roce 1989 – v souvislosti s politickými a ekonomickými změnami a poklesem odbytu uranu bylo v roce 1994 zastaveno vyhledávání nových uranových ložisek a postupně docházelo k uzavírání ložisek Olší (1989), Vítkov II (1990), Okrouhlá Radouň (1990), Břevniště (1990), Příbram (1991), Dyleň (1991), Zadní Chodov (1992), Hamr na Jezeře (1995) a Stráž pod Ralskem (1996). (9)

Nejznámějším místem těžby uranu na našem území je Jáchymovsko. Jáchymovské doly mají tradici od 16. století, ovšem spjatou s těžbou stříbra. Jáchymov zažil svůj největší rozkvět počátkem 16. století, kdy známý rod Šliků začal s těžbou stříbra, kterou velmi zbohatl. Stříbro v Jáchymově dalo vzniknout tolarům - Joachimsthaler, a není bez zajímavosti, že americký dolar se českým tolařem nechal inspirovat. Zásoby stříbra se postupně zužovaly, v 17. století se zásoby velmi citelně oslabily a, tím se i celé město ocitlo v úpadku. Počátkem 19. století se stříbro těžilo ve velmi malé míře spolu s arzenem, kobaltem nebo vizutem. Uran, v kterém později Sklodowska objevila v Jáchymově radium, byl na obtíž a občas se přenechával továrnám, sklárnám a

porcelánkám. Ty z něho vyráběly barvy na dražší sklo. Převrat nastal v druhé polovině 19. století. V Jáchymově vznikla továrna na výrobu uranových barev a to znamenalo jakýsi monopol Jáchymova na těžbu uranu. Koncem 19. století se uran začal využívat i v jiných odvětvích, např. při výrobě fotografií. V roce 1905 je ustavena komise, která měla rozhodnout o využití radioaktivních pramenů. Mělo se zjistit, má-li i voda s obsahem radioaktivity nějaké využití, či je pitná. Za zmínku stojí, že veškeré zkoumání radia, uranu a vod probíhalo ve Vídni za nutného schválení vlády. Postupně se jáchymovský odpad smolinec začal dostávat ve světě vědy do popředí. V roce 1906 vznikla továrna na výrobu radia a usneslo se, že se bude zpracovávat výhradně v Jáchymově a byl zastaven veškerý odliv prvků do Rakouska za účelem zkoumání, včetně manželům Curie. Rychle se rozšířila informace o léčebných účincích radia. Poptávka po smolinci prudce vzrostla. Důležitými osobnostmi, které se zabývali výzkumem radia a jeho léčebnými účinky jsou Meyer a Schweidler. Radium se uměle vyrábělo v Rakousku. Od roku 1907 tuto funkci plně převzal Jáchymov. (1, 4)

Abychom se mohli naplno věnovat těžbě uranu, je třeba se přesunout do poloviny 20. století. Je třeba předeslat, že jáchymovský uran by nebyl bez jáchymovských vězňů. Podmínky v táborech nucených prací nebyly jednoduché a mnoho muktů při práci nebo na následky těžké a nebezpečné práce zemřelo. To ale právě bylo cílem. Do táborů byly posílány osoby, které se těžce provinili proti státnímu zřízení. Tábory byly zřízeny na základě zákona 247/48 Sb. o táborech nucené práce, který byl schválen 25. října 1948. Byly otevírány v místech, kde chyběla pracovní síla, nešlo tedy jen o doly, ale i o hutě, železářny, státní statky, atd. Jáchymovské doly byly obsazeny Rudou armádou už v roce 1945 a to bez ohledu na to, že se rozkládají na západ od demarkační linie. Doly byly pro Sovětský svaz tak významné, že porušil veškeré spojenecké úmluvy, aby uran získal. Jak víme, uran byl pak na dlouhou dobu vyvážen do Sovětského Svazu na výrobu atomových zbraní. Smlouvou si Sovětský Svaz určil výlučné právo dodávání uranu. Už v roce 1945 na dvacet let. Tím, že hospodářství bylo plánované a navíc bylo Československo v područí Sovětského Svazu, nebylo možné smlouvat o ceně uranu. Těžba uranu byla nakonec pro Československo (mezi lety 1945-1989) v hodnotě několika miliard korun ztrátová. Započítány nejsou nevratné škody na životním

prostředí a další miliardy na rekultivaci dolů a jejich okolí. Jáchymovské peklo se nazývá naučná stezka kolem Jáchymova, která má připomínat hrůzy a místa jáchymovskému uranu. Na Příbramsku se nachází od roku 2005 veřejnosti přístupný památník Vojna, který je součástí příbramského hornického muzea. (16, 17, 18)

### **1.3.2. Historie těžby uranu ve světě**

V roce 1871 byla objevena uranová ruda v Coloradu (USA). Mezi roky 1871-1895 bylo vytěženo přibližně 50 tun kvalitní uranové rudy. Další státy, kde došlo k objevení uranu byly Francie, Německo, Kanada, Velká Británie, Švédsko a Belgické Kongo. V roce 1931 byl objeven uran v Kanadě u Velkého medvědího jezera. Před druhou světovou válkou byly objeveny ložiska v Portugalsku, Austrálii a Uzbekistánu. Intenzivní výzkum uranu a průzkum nových ložisek byl započat až po druhé světové válce. Intenzivně se začíná těžit uran nejen v Československu a na německé straně Krušných hor, ale těžba byla zahájena v Kanadě, Austrálii. (19, 20)

#### **Celková produkce uranu do roku 2013**

Kanada	474 095 t
USA	371 832 t
Kazachstán	222 058 t
Německo	219 653 t
Austrálie	189 605 t
JAR	158 977 t
Rusko	155 862 t
Ukrajina	128 964 t
Niger	127 892 t
Uzbekistán	125 191 t
Namibie	116 660 t
Česká republika	111 621 t

## **1.4 Těžební metody**

### **1.4.1 Těžební metody pro ložiska žílného typu**

Základní metodou je výstupkové dobývání. Ve všech možnostech dobývání tohoto druhu jsou vedeny patrové chodby o délce až 70 m a okrajovými komíny, z nichž jen jeden je proražen až nahoru. Pro strmě uložená ložiska o mocnosti až 4 m se používá výstupkové dobývání s rozpínkovou výztuží. Dobývání bloku je tak vzestupné v horizontálních vrstvách. Všechny přítomné horniny musí být pevné. Aby se zabránilo jakýmkoliv ztrátám při těžbě, používá se výstupkové dobývání s betonovými podlahami. Používá se tam, kde je obsah uranu v hornině vysoký. Podlahy se vystříkají betonem, jedině tak se zabrání jeho ztrátám v zakládce. (8)

### **1.4.2 Těžební metody pro ložiska zonárního typu**

Je možno opět výstupkovým dobýváním. To je možné aplikovat do mocnosti 4 m horniny. Ve většině případů se používá cizí zakládka (horninový materiál, jímž se vyplňují vytěžená místa), která je dopravována komínem proraženým až nahoru. V případě, že se jedná o ložisko o mocné rozloze, ložisko strmé nebo ložisko ve snadno se zavalující hornině, použije se metoda dobývání plástovým závalem, označená také jako sestupné lávkování na zával. Doluje se shora dolů. Přístup je jedním komínem vyraženým do středu bloku. (8)

### **1.4.3 Těžební metody pro ložiska sedimentárního typu**

Metoda je označena komora-pilíř s hydrotuhnoucí základkou. V jednotlivých patrech jsou soustavy těžních, větracích a pomocných komínů. Z ekonomických důvodů byla těžba takovýmto způsobem zastavena, tento způsob je velmi ztrátový.

Těžba uranu je pro každý typ ložiska rozdílná. Existuje ale několik společných znaků pro dobývání a to je efektivní těžba s minimálním dopadem na životní prostředí. „Společným znakem dobývání všech uranových rud je snaha o přísnou selektivitu těžby

s nízkým znečištěním a minimálními ztrátami a o úplné vydobytí všech odžilků podle výsledků prováděných radiometrických měření.“ (8)

## **1.5 Výroba uranu**

Po těžbě je důležité další zpracování uranových rud. V těch je obsaženo jen malé množství čistého uranu. Uranové rudy obsahující jen několik procent uranu bývají označovány za bohaté. Naše rudy jsou poměrně chudé, tzn. že z tuny rudy je možné získat asi 1 kg uranu. Na takový velký objem nebylo praktické využívat železnici a tak se ruda začala upravovat přímo v okolí dolu. První taková úpravna vznikla v Jáchymově. V prvních letech se ručně kladívkem kousky smolince vytloukaly. Zbylé větší kousky se znovu drtily v drtičkách. Později se ruda třídila pomocí radiometrické úpravy. Její fungování je založené na využití radioaktivity uranu obsaženého v rudě. Ruda je přesouvána pásem a během toho je kontrolována radiometrem. Ten vysílá signály gama záření. Pokud se spustí impulz, je hornina s obsahem záření vyřazena. Tento proces je však efektivně využitelný u rud, které obsahují větší procento uranu a paprsky záření jsou silné. V případě, že hornina je na výskyt uranu chudší, nastupuje další možnost třídění a sice hydrometalurgická úprava rudy. Tento způsob spočívá v loužení koncentráту uranové rudy kyselinou dusičnou. Pomocí kyseliny sírové se vysráží se olovo, radium, vanad a další příměsí, které se odfiltrují. Taková úpravna byla poprvé založena v Nejdku a fungovala od padesátých let do roku 1963, v roce 1962 byla vybudována MAPE v Mydlovarech v jižních Čechách další úpravna nebo v roce 1968 v Dolní Rožínce. Největší hydrometalurgická úpravna vznikla ve Stráži pod Ralskem v roce 1979. (1)

## **1.6 MAPE Mydlovary**

MAPE je zkratka pro magnesium perchlorát. Chloristan hořečnatý slouží k úpravě uranových rud. V blízkosti Mydlovar nikdy neexistovala žádná těžba uranu. Ruda byla dovážena nákladními vlaky z nejrůznějších míst Československa, kde se těžila. Místo bylo vybráno z několika důvodů: v místě probíhala těžba lignitu, druhu nepříliš kvalitního hnědého uhlí, tento prostor měl být primárně využit pro ukládání odpadů,



v blízkosti se nachází elektrárna, místo je v blízkosti k těžebním oblastem na příbramsku a západních Čech, v plánu bylo myšleno na zvyšování zaměstnanosti v regionu, a nejhorším důvodem z dnešního pohledu byla blízkost řeky Vltavy, počítalo se s vypouštěním odpadů do řeky a ředění odpadů s vodou tak, jak to tehdejší předpisy umožňovaly. V roce 1959 byla zahájena samotná investice a přípravné fáze, v roce 1960 se začalo s výstavbou areálu. Samotný provoz byl započat 1. října 1962 a ukončen 1. listopadu 1991. Původně byl areál koncipován na maximální výkonnost zpracování 300 000 tun materiálu ročně. Postupně se však neustále rozšiřoval až na produktivnost přes 600 000 tun ročně, přičemž na tyto přestavby bylo proinvestováno více než 260 milionů Kčs. Mezi hlavní součásti areálu patřily: sklad rudy, drtírna, mlýnice. Do skladu rudy byla ruda přivážena nákladními vagony. Napřed vagony prošly procesem vážení a poté najely na most, ze kterého byla ruda vysypána do volného prostoru odkud byla odhrnována buldozerem. Odtud byla ruda na pásu dopravována do drtírny. V zimním období bylo nemožné zmrzlou rudu takto vysypávat, byl zřízen rozmrazovací tunel. V průběhu dalších let byla násypka rozšiřována. V drtárně, která představovala samostatnou stavbu, byl měřen obsah uranu v rudě a elektromagnetem se zachycovaly ocelové předměty v rudě obsažené. Drtírna byla schopná zpracovat v závislosti na vlhkosti až 200 tun rudy za hodinu za nepřetržitého provozu. V prostoru mlýnice bylo v provozu 11 mlecích jednotek, přičemž byly rozděleny na 4 typy podle míry mletí. (1, 9)

## **2 VÝZKUMNÁ OTÁZKA A METODIKA VÝZKUMU**

### **2.1 Výzkumná otázka**

Pro vypracování této práce na téma Historie těžby uranu se zaměřením na 21. století, byly stanoveny tyto výzkumné otázky:

Výzkumná otázka č. 1: jaký je dopad těžby uranu na člověka a životní prostředí.

Výzkumná otázka č. 2: jaký byl rozvoj v těžbě uranu v rozvojových státech.

### **2.2 Metodika výzkumu**

Teoretická část bakalářské práce se zabývá historií těžby uranu. Je zde popsáno, co je to uran, vývoj a způsoby těžby, ložiska uranu, výroba uranu. V další části je uvedena problematika MAPE Mydlovary.

V praktické části bakalářské práce se věnuji samotnému výzkumu. Metodika této práce spočívala ve shromažďování, porovnávání a studiu dat, využívání poznatků z odborné literatury a z věrohodných internetových zdrojů pojednávající o dané problematice k vytvoření analýzy. Všechny tyto zdroje jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů. Ke zpracování praktické části byly důležité také informace a zkušenosti od oslovených odborníků. K dané problematice jsem požádal historiky, ředitele hornických muzeí v Příbrami a Sokolově, kteří se zabývají hornictvím a dějinami hornictví. Dále odborníky ze státního podniku Diamo, Správy uranových ložisek v Příbrami, ministerstva průmyslu a životního prostředí. Rozhovor poskytl historik Mgr. Václav Trantina z Památníku Vojna v Lešetících, které patří pod Hornické muzeum Příbram a Ing. Michael Rund, ředitel Muzea Sokolov. Přepis rozhovorů je uveden v příloze. Ostatní oslovení odborníci z důvodu neznalosti problematiky anebo časových důvodů odmítli rozhovor.

Na základě vyhodnocení všech informací jsem v první výzkumné otázce popsal dopady na člověka a životní prostředí způsobené těžbou uranu. V druhé výzkumné

otázce jsem popsal perspektivu těžby uranu v České republice a ve světě a porovnání zásob v České republice a ve světě.

## **3 VÝSLEDKY**

### **3.1 Dopad těžby uranu na člověka a životní prostředí**

Určitou snahu o rekultivaci prostředí po těžbě můžeme sledovat už v období raného středověku. Ovšem dopady po těžbě jsou patrné ještě po pětistech letech, např. můžeme narazit na odvodňovací štoly nebo propadliny z 16. století. Těžba a to nejen uranu ovlivňuje mnoho faktorů kolem nás. Je to ovzduší, hluk, klima, půda, fauna a flóra, zvětrávání hornin, krajina a kulturní památky, voda, a v neposlední řadě to všechno má vliv na člověka samotného. Člověka těžba ohrožuje ze všech faktorů asi z 20%. Nejvýznamněji exhalace, hluk, stres nebo kontaminace vod. Naopak pozitivním faktorem v těžbě pro člověka je vytváření nových pracovních pozic a tím zlepšování situace v oblasti sociální a ekonomické. Dalším významným faktorem, který je podstatně narušován těžbou je ovzduší. Především velká prašnost je velkým problémem na mnoha místech naší republiky a opět se nejedná jen o těžbu rud. Prach se šíří při vlastní těžbě, přepravě, úpravě rud, především z odkališť. Do ovzduší se dále uvolňuje radon. Hluk doprovází každý typ těžby. V závislosti na typu těžby (povrchová, hlubinná, blízko zástavby) je pak úroveň zatížení odlišná. Zatížení hlukem je produkováno také při zakládání nového dolu a budování přidružených provozů. Podzemní a povrchové vody jsou faktory, jejichž čistota nejvíce ovlivňuje okolní prostředí. Ochrana vod v průběhu těžby je jeden z nejnáročnějších procesů. V procesu těžby se zabere velké množství orné a lesní půdy. Kromě záboru dochází k jejímu poškození prostřednictvím nejrůznějších chemických roztoků, odkališť, kontaminaci. Rekultivační procesy ale nejsou schopny opět půdu vrátit pro lesnické nebo zemědělské účely. Proto je využita později jinak a změní se ráz okolního prostředí. S tím souvisí také zásah do hornin. Po dolování zůstávají pod zemí prostory, některé nedostatečně zajištěné a hrozící propady. Další věcí, která souvisí s půdou, je řešení majetkových

vztahů. Kromě zabránění půdy bylo v minulosti zničeno několik kulturních památek, včetně likvidace celých obcí. Takto zcela zlikvidovány byly obce na Jáchymovsku, např. Eliáš, Vršek, Zálesí, nebo na Sokolovsku osada Köplhof. Tyto faktory, jako je voda a půda mají určité možnosti jak alespoň částečně obnovit jejich původní podobu. Co je ovšem po poškození zcela nenávratné, je fauna a flóra v okolních ekosystémech. Typickým dopadem je redukce počtu některých druhů na dotčeném území. Pokud se vytěžené prostory uměle zalesní a splní se další podmínky, je návrat dříve vypuzených druhů možný, pokud ovšem tyto přežili původní narušení vlastního ekosystému. (9, 21)

K výraznému rozvoji těžby uranu v Československu došlo po roce 1945, po podpisu smlouvy mezi tehdejšími Československem a Sovětským Svazem o geologickém průzkumu, těžbě a dodávce uranové rudy, resp. koncentrátu do tehdejšího Sovětského svazu. Produkce uranu od roku 1945 postupně rostla, největší těžby dosahovala v letech 1955 – 1990, kdy se pohybovala mezi dvěma až třemi tisíci čistého uranu v koncentrátu za rok. Celkem se vytěžilo přes 100 000 tun uranu, což řadí Českou republiku na páté místo ve světě. V roce 1989 bylo přijato vládní usnesení omezující těžbu a zpracování uranové rudy. Útlum těžby v pozdějších letech způsobil také problémy s odbytem uranu. Postupně docházelo k uzavírání dolů, produkce postupně klesala a dnes se těží jen v Dolní Rožínce. (1)

Důl dolní Rožínka se pravděpodobně uzavře v roce 2017 a nedojde-li k otevření nových lokalit, bude uran nadále vyráběn jen v procesu čištění důlních a odkalištních vod. Uran se v tehdejšími Československu a v České republice těžil s výjimkou lokality ve Stráži pod Ralskem výhradně podzemním dobýváním. Uranová ruda se čistila od hlušiny radiometricky a po rozemletí se zpracovávala chemickým loužením. Po ukončení podzemní těžby a geologickém průzkumu se nacházelo na území České Republiky 350 skládek odvalů, což představuje přibližně 52 milionů m<sup>3</sup> hlušiny. V moravské těžební oblasti docházelo ke zpracování hlušiny na kamenivo při výstavbě odkališť chemické úpravy. V České republice bylo vybudováno celkem 16 odkališť. Do těchto nádrží se ukládala rozemletá uranová ruda, radioaktivní odpady, produkty z chemického čištění důlních vod obsahující uran, zemina a stavební suť z hornické činnosti. Na dole ve

Straži pod Ralskem se uran dobýval tzv. uzavřeným cyklem. Do soustavy vrtů se vhněla 2 – 5% kyselina sírová, roztok uranu a dalších vyloužených látek se odčerpával na povrch, kde se na iontoměničích separoval uran. Odpadní roztok se obohatil o kyselinu sírovou a znovu se použil. Tento způsob těžby se používal od poloviny 60. let. Celkem bylo přes 7700 těžebních a průzkumných vrtů vtlačeno do podzemí více jak čtyři miliony tun kyseliny sírové a jiných chemikálií. Těžba i zpracování uranové rudy tak výrazně ovlivňuje všechny složky životního prostředí. (1, 9)

### **3.1.1 Ovlivnění kvality povrchových vod**

Kvalitu vody povrchových toků ovlivňuje vypouštění důlních vod. Tento problém se týká i dolů, kde těžba byla v minulosti již ukončena, ale vodu je potřebné z nevyužívaných dolů stále odčerpávat. Voda z těchto lokalit obsahuje především uran, radium a další kontaminanty. K čištění dochází v dekontaminačních stanicích, elektrodialýzou, sedimentací a filtrací kalů a sorpcí polutantů na silně bazickém anexu. U  $^{226}\text{Ra}$  se obsah snižuje spolusrážením na síran barnatý po přidání chloridu barnatého. Vyčištěné důlní vody, které nepřesahují limitní obsah kontaminantů daným předpisem se mohou vypouštět do povrchových vod. Například v Dolní Rožince jsou v provozu dvě dekontaminační stanice. (1, 9)

### **3.1.2 Kontaminace podzemních vod**

K zásadnímu znečištění podzemních vod dochází průsakem z odvalů a z odkališť, které byly stavěny s nedostatečně účinným opatřením k omezení průsaků do podzemí. Voda z průsaků se sleduje, kontaminovaná voda se zachycuje nádrží a čistí se společně s důlní vodou. Situace na odkalištích se řadu let neměnila, na místech, kde byla vyšší koncentrace uranu nebo radia, byly uskutečněny opatření a v posledních letech se situace zlepšuje. Kvalita podzemních vod v okolí Rožné se monitoruje prostřednictvím šesti studní, které jsou v blízkosti ložisek Rožná a Olší. Výsledky monitoringu z posledních let ukazují, že těžební i úpravárenská činnost nemá na kvalitu podzemních vod negativní vliv. Zásadní problém představuje znečištění podzemních vod radioaktivními látkami chemikáliemi v podzemí při těžbě chemickým loužením.

V lokalitě Stráž pod Ralskem byla kontaminována podzemní voda v objemu přibližně 186 milionů m<sup>3</sup> na ploše 24 km<sup>2</sup>. (1, 9)

### **3.1.3 Prašnost**

Další nebezpečný zdroj kontaminace představuje rozptýlený prach v ovzduší. Významným zdrojem jsou suché pláže odkališť. K výraznému zvýšení koncentrace prachových částic dochází při rychlosti větru od 11 m/s. Pravidelně se sleduje množství uranu a radia v prachu. Řešením je překrývat suché pláže souvislou vrstvou hlušiny případně jiným inertním materiálem. V oblastech odkališť představuje prašný spad asi trojnásobný průměr oproti průměru, avšak i tak činí pouze jednu šestinu limitu. (1, 9)

### **3.1.4 Emise radonu**

Únik radonu z dolů, dekontaminačních stanic, chemických úpraven, odvalů, sedimentačních nádrží a odkališť ovlivňuje ovzduší emisemi radonu. I zde dochází k pravidelnému monitorování situace. V rámci celé České republiky nedošlo nikdy k překročení limitní hodnoty i v nejzatíženější lokalitě ve Stráži pod Ralskem v období těžby dosahovala hodnota ekvivalentní dávky jen 4 – 7 % limitní hodnoty. Radiační zátěž obyvatelstva se sleduje u kritických skupin obyvatelstva v místech těžby nebo úpravy rudy. (1, 9)

### **3.1.5 Nápravná opatření**

Technická opatření, výzkumné, likvidační a rekultivační činnosti přispívají k eliminaci dopadů těžby a zpracování uranové rudy. Provádí se na uranových dolech, odkalištích, odvalech a místech chemické těžby. V povrchových areálech se demontují technická zařízení, bourají nepotřebné budovy. Kontaminovaný materiál se shromažďuje v odkalištích, podle druhu ložiska se dolované území vyplňuje drcenou horninou, pískem nebo popílkem a cementovým pojivem. Doly se ve většině případů zatopí, důlní voda se čistí dekontaminačních stanicích. Značně složitá situace je u chemických úpraven.

Poslední stadiem je biologická rekultivace. Hlušina z odvalů se používá k sanaci odkališť, odvaly se postupně začleňují do krajiny. Nakonec se odval zatravní a zalesní. V oblasti Stráže pod Ralskem bude probíhat sanace horninového prostředí ještě asi dvě desítky let v několika etapách. (1, 9)

### **3.1.6 Právní podpora ochrany životního prostředí**

Dopad na životní prostředí při těžbě je značný. Je naším úkolem, aby vliv těžby na něj nebyl pro budoucí generace fatální a aby se pokud možno neohrozily funkce ekosystémů. U nás na začátku nového tisíciletí bylo hornictví téměř zcela utlumeno a vynakládají se vysoké finanční prostředky na obnovu následků zdevastované přírody. Koncem 80. let byla Světovou komisí pro životní prostředí a rozvoj vyslovena myšlenka na udržitelný rozvoj životního prostředí. To právě mimojiné zahrnuje udržení stavu přírody v co nejvíc nezměněné podobě, aby se co nejvíce z ní zachovalo budoucím generacím. Tato zpráva zvaná Brundtland report byla vydána knižně pod názvem Naše společná budoucnost. Mezi mezníky, které vedly nad zamyšlením nad těmito tématy byla např. havárie v Černobyli. Ovšem myšlenky na podporu ochrany životního prostředí vznikly už v roce 1972, kdy se například naplno rozvedly diskuze rozdílu mezi rozvojovými a rozvinutými zeměmi. Je třeba pochopit, že nerostné suroviny a jejich těžba není nekonečná. Kromě toho ohrožuje ekosystémy včetně lidstva. V 80. letech od tří významných světových organizací (Mezinárodní svaz na ochranu přírody, Program OSN na ochranu životního prostředí a Světového fondu na ochranu přírody) vznikl dokument, který poprvé připomíná význam ochrany životního prostředí. V roce 1987 vznikla již zmiňovaná zpráva o trvale udržitelném rozvoji. Trvale udržitelný rozvoj, jeho hlavním úkolem je zachovat rozvoj lidské společnosti a jejího pokroku ve všech aspektech a při tom zachovat životní prostředí v nezměněné podobě. Mezi základní zásady patří čerpání zdrojů s takovou rychlostí, aby se stačily obnovovat, dále ty zdroje, které nejsou obnovitelné čerpat tak, aby bylo možné v budoucnu přejít na jejich náhradu, míra znečišťování životního prostředí musí být snadno navratitelná, část finančních prostředků by měla být vynakládána právě na obnovu životního prostředí a snaha o snížení plýtvání. V roce 1992 v Rio de Janeiru byla schválena Deklarace o

životním prostředí a rozvoji, která obsahuje 27 faktorů pro trvale udržitelný rozvoj, a která se stala významným dokumentem pro ochranu životního prostředí. Další důležitá konference se konala v roce 2002 v africkém Johannesburgu, kde se udržitelný rozvoj zajistí na třech základních pilířích: sociálním, ekonomickém a environmentálním. Mimo jiné je důležité, aby vznikla rovnováha mezi zeměmi a jejich společenskými skupinami. V dohodě EU je stanoveno, že právě EU má vliv na udržení životního prostředí, prostřednictvím společné měny, politikou a aktivitami. U nás byl zákon o trvale udržitelném rozvoji schválen v roce 1992, č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Zákon vychází z principu trvale udržitelného rozvoje a upravuje zásady ochrany životního prostředí a povinnosti při ochraně životního prostředí. Dále je v něm zmiňováno, že nedodržení zákona je sankcionováno a v neposlední řadě každá osoba za využívání přírodních zdrojů platí poplatky a daně, případně může být od těchto plateb a základě zvláštních předpisů oprostěna. Rovnováhu udržitelného rozvoje je třeba hledat ve všech aspektech lidské činnosti, např. v oblasti regionální politiky, cestovního ruchu nebo územního plánování. Veškerý proces těžby je posuzován na základě zákona individuálně v závislosti na dopady okolního prostředí. (1, 9, 22, 23)

### **3.2 Rozvoj těžby uranu v rozvojových státech**

V posledních letech projevila řada rozvojových zemí zájem o těžbu uranu a jadernou energii. Souvisí to mimo jiné i s faktem, že země, která má jadernou energetiku, zlepšuje si i prestiž. Státy s vlastním jaderným programem se považují za bohatší a vyspělejší. Pro některé rozvíjející se státy ale není jaderný program novinkou. Například v Demokratické republice Kongo byl postaven jaderný reaktor už v padesátých letech minulého století, jednalo se o první reaktor na území Afriky. Budoucnost Afriky a dalších rozvojových zemí je závislá na politické stabilitě, vzdělanosti, bezpečnosti a právě také na energetickém zajištění. Někteří experti ovšem varují před unáhleným rozvojem jaderného programu, zvláště korupce, nezabezpečeného provozu s rizikem následných radiačních událostí, předražené výstavby, nedostatku odborníků a nedůsledného nakládání s jaderným odpadem. Další nebezpečí představují extremistické nebo teroristické organizace, které by mohly



zneužit jaderný materiál. V minulosti byl zaznamenán útok na francouzský uranový důl v Nigeru. Rozvojové státy mají omezené možnosti rozvoje těžby i následného zpracování uranu, proto se obracejí na velmoce jako je Francie, USA a v posledních několika letech na Rusko a Čínu. Afrika se na počátku 21. století podílí 20 % světové produkce uranu. Celkem na africkém kontinentu leží 34 významných zdrojů, nejvíce jich je v JAR, Malawi, Namibii a Nigeru. (24, 25)

### **Namibie**

Největší povrchový důl v zemi je Langer Heinrich, osmý největší na světě. Roční produkce se pohybuje kolem 1950 tun uranu. V roce 2013 byly započaty práce na novém dole Husab. Většinovým vlastníkem je čínská korporace China Guangdong Nuclear Power Corporation (CGNPC), která lokalitu vlastní od roku 2002. Plánovaná produkce uranu je 5 770 tun uranu ročně a těžít by se mělo minimálně 20 let. Ložiska se obsahují na 382 800 t U, roční produkce se pohybuje v rozmezí 3 000 – 4 000 t U. (10, 24, 26)

### **Niger**

Významný producent uranu v Africe je Niger. Niger byl francouzskou kolonií, úředním jazykem je francouzština a vazby na Francii jsou stále silné. Také proto je považován za francouzskou uranovou kolonii. První geologické průzkumy byly zahájeny již v roce 1956. První uranový důl byl otevřen v roce 1970 poblíž města Arlit. Největší důl je Somair s roční těžbou 2331 tun uranu, což představuje 5 % světové produkce. V posledních letech lze spatřit snahy nigerské vlády o rozbití francouzského monopolu a orientovat se na obchod s Čínou. V roce 2005 byl založen nigersko-čínský podnik Societe des mines d'Azelik. Vlastníky jsou: nigerská vláda (33% akcií), Sino Uranium a investiční skupina ZXJOY Invest (celkem 62% akcií, z toho 37,2% patří společnosti China Nuclear International Uranium Corp.). 6% patří Korea Resource Corporation. Předpokládá se těžba o objemu 700 tun za rok. Dalším ložiskem je Imouraren, který je považován ovšem za chudé ložisko (0,8 kg uranu na 1000 kg rudy), nízkou kvalitou ale vyvažuje kvantita, množství zásob je natolik velké, že má v

uranovém sektoru Nigeru zcela výsadní postavení. Roční produkce uranu činí 4 000 t U. Celkové zásoby se odhadují na 404 900 t U. (10, 27, 28)

### **Mongolsko**

Aktivní těžba uranu v Mongolsku probíhala v letech 1988 – 1995. V roce 2011 uzavřelo Mongolsko s Ruskem mezivládní dohodu o zřízení společného těžebního podniku „Dornod uran“. Předpokládané zásoby představují 141 500 t U. (10, 29)

### **Kazachstán**

V severovýchodní části Kazachstánu po druhé světové válce vznikl zkušební jaderný polygon a v srpnu 1949 byla otestována první sovětská jaderná zbraň. V této době se ovšem nevědělo, že Kazachstán má jedny z největších zásob uranu. Zdroje o celkovém množství uranu v podzemí na území Kazachstánu se rozcházejí. Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE) uvádí, že cca 19 % všech známých světových zásob se nachází na území Kazachstánu. Kazachstán tedy vlastní přibližně 802 000 tun uranu. Převažuje hydrochemický způsob těžby. V posledních letech 21. století vytěžil Kazachstán ze všech zemí nejvíce uranu na světě. Roční produkce uranu se pohybuje v rozmezí 20 000 – 23 000 t U. (10, 24, 30)

### **Tádžikistán**

V bývalém Sovětském svazu se těžila uranová ruda v Kazachstánu, Tádžikistánu a Uzbekistánu. Zpracovávala se v závodě na zpracování kovů vzácných zemin Vostokredmet, v západní části Ferganské kotliny, v níž se potkávají hranice Kyrgyzstánu, Tádžikistánu a Uzbekistánu. Těžba uranu byla v Tádžikistánu ukončena v roce 1992. V roce 2013 proběhly rozhovory mezi společností Arevou a představiteli tádžické vlády o průzkumu uranových ložisek. (24, 31)

### **Indie**

Indie aktivně rozvíjí domácí jaderný program, v současné době má 21 jaderných elektráren a dalších šest ve výstavbě, ale domácí zásoby ani zdaleka nestačí pokrývat

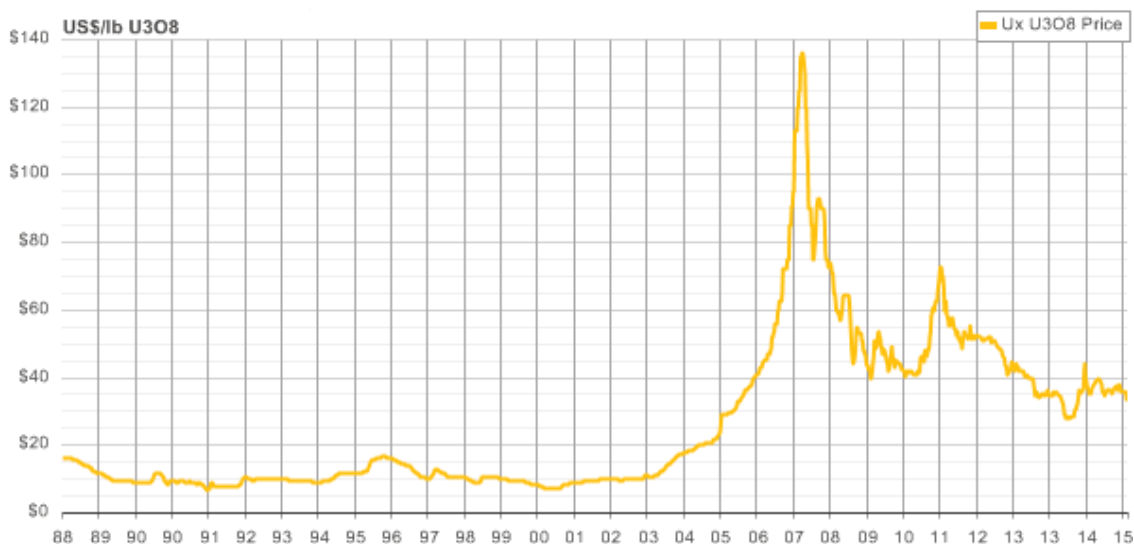
spotřebu jaderných elektráren. V současné době probíhá těžba ve státě Džárkhand na východě země, zásoby jsou odhadovány na 150 tisíc tun. V roce 2011 Indičtí geologové objevili velké zásoby uranu ve státě Ándhrapradéš, kapacita ložiska se odhaduje na 49 000 tun. V roce 2013 podepsala kanadská společnost Cameco smlouvu na dodávku uranu s Indií o dodání 7,1 milionů liber uranového koncentrátu (asi 3 220 tun) mezi roky 2015 – 2020. Roční produkce uranu je 400 t U. (10, 32, 33)

### **3.3 Perspektiva těžby a porovnání zásob uranu v ČR a ve světě**

#### **3.3.1 Perspektiva těžby a zásoby uranu v České republice**

Česká republika není bohatá na nerostné suroviny s výjimkou hnědého uhlí a uranu. Je jediným místem, kde se v Evropské unii těží uran. Velmi malé množství uranu se těží ještě v Rumunsku. Na území České republiky bylo objeveno celkem 164 ložisek a rudních výskytů uranových rud, přičemž těženo bylo z 66 nalezišť. Největší ložiska uranu v České republice se nacházejí v Příbrami, Rožné a okolí Stráže pod Ralskem, zde se ložiska odhadují na více jak 10 000 t U. Další významné lokality jsou: Jáchymov, Horní Slavkov, Hamr, Okrouhlá – Radouň, rozmezí 1 000 – 10 000 t U. Ze žilných nalezišť bylo vytěženo 77 169 tun uranu (72,1%) a z uranonosných pískovců 29 911 tun (27,9%). Konečná produkce ve formě chemického koncentrátu a tříděných uranových rud v letech 1946 – 2000 představuje 107 080 tun U. Uranový důl Dolní Rožánka, ostatní jsou v útlumu, leží v okrese Žďár nad Sázavou a spravuje ho státní podnik DIAMO. Na hlubinném dole Dolní Rožánka mělo dojít počínaje rokem 2006 k útlumu, ale razantní nárůst tržní ceny uranu donutil vládu přehodnotit původní návrh o útlumu těžby. Státní podnik DIAMO těží v posledních letech 200 - 250 tun uranu ročně. V minulosti se cena uranu na světovém trhu stabilně pohybovala v rozmezí 10 – 25 dolarů za libru, s výjimkou druhé poloviny sedmdesátých let dvacátého století, kdy se cena dostala i nad 40 dolarů za libru. Na začátku 21. století cena uranu začala stoupat společně s cenami ropy, platiny, stříbra, zlata, černého uhlí a dalších komodit. V roce 2007 se uran dostal na historické maximum, jedna libra uranu stála 136,22 dolaru, to je v přepočtu přibližně 4 000,- Kč za kilogram. Po té opět cena uranu výrazně klesala a

v listopadu 2014 stála jedna libra 40 dolarů a 50 centů. Náklady na vytěžení jednoho kilogramu uranu se pohybují kolem 1 450,- Kč. (34)



Obrázek 1: Grafické znázornění vývoje ceny uranu

Zdroj: <https://www.uxc.com/p/prices/UxCPrices.aspx> (44)

Nejperspektivnější lokalita se v současné době jeví Stráž pod Ralskem. Podle některých prognóz se na našem území nachází takové množství uranu, které bylo vytěženo mezi lety 1945-1991, to znamená kolem 100 000 tun. Uran, který se použije jako palivo v jaderné elektrárně, je možné využít k dalším účelům. V jednom z temelínských reaktorů se jednou ročně vymění čtvrtina paliva, to je asi 23 tun obohaceného uranu, to je asi až 138 tun uranového koncentrátu. To znamená ročně vytěžit asi 255 tun uranového koncentrátu a podobné množství pro elektrárnu Dukovany. Znamená to, ročně vytěžit 510 tun uranu. V roce 2000 se v dole v Dolní Rožínce vytěžilo asi 320 tun. V roce 2014 jen necelých 200 tun. Předpokládá se, že zásoby uranu k zásobování obou jaderných elektráren by tak vystačily na 180 let. Otázkou zůstává, jestli jsme schopni, na rozdíl od let minulých, zacházet se zdroji uranu hospodárně a třeba je i účelně finančně zúročit na trhu. Palivo pro jadernou elektrárnu Temelín se využívá oxid uranický s průměrně 4,25 % obohaceného uranu 235.

V reaktoru se průměrně nachází 92 tun paliva. V roce 2006 jaderná elektrárna Temelín vyrobila 12 TWh proudu. To představuje přibližně 14 % výroby elektrické energie v České republice. Jaderné elektrárny Temelín a Dukovany spotřebují průměrně 700 tun uranu ročně. Do roku 2010 zásoboval Temelín americko-japonský koncern Westinghouse, v současné době část spotřeby pokrývají české zdroje, zbytek se dováží od firmy TVEL z Ruska, se kterou má Česká republika smlouvu do roku 2020. Po vypuknutí krize na Ukrajině se český stát nechce spoléhat jen na jediný zdroj. V letošním roce ČEZ zpracovává podklady pro vypsání nového výběrového řízení a zvýšit tím bezpečnost dodávek. Kontrakt tak nebude automaticky prodloužen společností TVEL. Palivo od firmy Westinghouse lze použít jen v novějších temelínských blocích typu VVER 1000. (1, 35, 36)

### **3.3.2 Perspektiva těžby a zásoby uranu ve světě**

Světové zásoby uranu se odhadují na 6 000 000 t U. Na prvním místě je považována Austrálie s 1 706 100 t U, to je 29 % celkového objemu. Druhé místo zaujímá Kazachstán s 12 % celkového objemu a na třetím místě je Rusko, kde se zásoby uranu představují 9 % ze světového objemu. Dvě třetiny vytěženého uranu pocházejí z Kazachstánu, Kanady a Austrálie. (10)

#### **Rusko**

Největší důl v současném Rusku je Priagunsky, kde těžba probíhá v podzemí. Roční těžba činí 2000 tun uranu a představuje 4 % světové produkce. Ruská těžební společnost Chiagda zahajuje těžbu uranu v ložiscích Istočnoje a Verščinoje postupně v letech 2016 a 2017. Ložiska se nacházejí v Burjatské oblasti, která leží v jižní části Sibíře poblíž východního pobřeží jezera Bajkal. Ložisko Istočnoje má známé zásoby uranu 2055 tun, ložisko Verščinoje obsahuje 4577 tun známých zásob uranu, přičemž potenciál regionu Vitimskij se odhaduje na více než 300 000 tun uranu. Vlastníkem společnosti Chiagda je Atomredmetzoloto. Zdroje se rozcházejí v zásobách uranu

v Rusku 300 000 – 500 000 t U. Celková produkce uranu se stabilně posledních deset let pohybuje kolem 3 000 t U. (10, 37)

### **Kanada**

První těžební pokusy se datují do třicátých let minulého století, cílený průzkum ložisek byl započat v roce 1942. Na konci padesátých let bylo v provozu již 23 uranových dolů. V současnosti třetí největší zásoby uranu na světě 439 000 t U. Přední zdroje se nachází v McArthur River a Port Radium na břehu Velkého medvědího jezera. Produkce uranu dosahuje téměř 10 000 t U ročně. (10, 19)

### **USA**

Největší zdroje uranu se nacházejí ve státech New Hampshire, Connecticut, North Carolina, Wyoming, Colorado, Nové Mexiko. Celkem se na území USA ročně vytěží přibližně 2 000 t U. V roce 2014 byly Spojené státy na osmém místě na světě v produkci uranu. Celkové zdroje uranu přesahují 200 000 t U. (10, 20)

### **Austrálie**

V současné době je těžba uranu povolena ve třech australských státech – Západní Austrálii, Severním teritoriu (důl Ranger mine) a Jižní Austrálii (doly Olympic Dam, Beverley a Honeymoon). Nový jižní Wales se nedávno připojil ke Queenslandu, když povolil průzkum uranových zásob, ne ale jejich těžbu. Stát Victoria v současnosti zakazuje jak průzkum uranových ložisek, tak těžbu. V roce 2013 Australská vládní organizace Environment Protection Authority (EPA) udělila dolu Four Mile licenci pro těžbu a zpracování uranové rudy. Projekt Four Mile je společným podnikem společností Alliance Resources a Quasar Resources a bude probíhat technologií in-situ. Celkové množství uranu v Austrálii se odhaduje na 1 706 100 t U. V posledních letech těžba uranu klesá, v roce 2014 bylo vytěženo 5 000 t U, v provozu jsou čtyři doly. Téměř všechny uran se exportuje do zahraničí (USA, Japonsko, Jižní Korea a země EU). (10, 38, 39)

## **Grónsko**

Grónsko je autonomní součástí Dánského království. Platí zde politika nulové tolerance ve vztahu k těžbě uranu a dalších radioaktivních prvků. V roce 2010 grónská vláda novelizovala legislativu a povolila společně zpracovávat studie těžebních projektů. Dánská vláda reagovala na postoje Grónska prohlášením, že postoj Grónska může zlepšit těžební průmysl, zároveň těžba uranu a následný export může mít dalekosáhlé zahraničně-politické, obranné a bezpečnostní důsledky. Provedené studie odhadují množství 261 000 tun  $U_3O_8$ . (40)

## **Čína**

ČLR společně s Japonskem a Jižní Koreou v roce 2015 měla 66 jaderných reaktorů a ve výstavbě dalších 32. To činí z východní Asie těžiště jaderného světa. Přesto, že je Čína v posledních letech na devátém místě v produkci uranu, v průměru 1 500 t U ročně, je odkázána na dovoz uranu ze zahraničí. V roce 2013 obdržela Čína první dodávku uranu od kanadské společnosti Cameco. Zásadním zdrojem pro energetiku je nadále uhlí v menší míře vodní elektrárny. Zásoby na území Číny se odhadují na 200 000 t U. (10, 41, 42)

## **Slovensko**

Uranové ložisko Kurišková v košickém okrese patří podle průzkumu kanadské společnosti Tournigan Energy mezi největší na světě. Zásoby se odhadují údajně až na několik milionů tun rudy při obsahu 0,2 až 0,4 % uranu. Těžba uranu neprobíhá a ani se v budoucnosti neplánuje. Další naleziště uranové rudy se nachází v Kremnici a v okrese Spišská Nová Ves. Dodavatelem jaderného paliva pro slovenské jaderné elektrárny je v současnosti Rusko. (43)

## 4 DISKUZE

V diskuzi jsou hodnoceny výsledky získané ze sběru dat z dostupných pramenů a porovnávány s informacemi uvedenými v teoretické části.

**Výzkumná otázka č. 1:** *Jaký je dopad těžby uranu na člověka a životní prostředí.*

Z hlediska negativních dopadů těžby uranu na životní prostředí je na třetím místě hned za těžbou hnědého a černého uhlí. Na území České republiky je celkem přes 200 lokalit, kde byla příroda dotčena průzkumem anebo těžbou uranu. Plocha těchto ekologických zátěží přesahuje 0,5 mil. ha, z toho významně postiženo je více jak jedna polovina této plochy. Kromě těchto faktů lze těžbě a úpravě uranu ještě přičíst narušení reliéfu krajiny, znečištěné atmosféry a hydrosféry. Ochrana životního prostředí se v průběhu let měnila. Zcela nedostatečná byla v poválečných letech a výrazně lepší nebyla ani v padesátých a šedesátých letech. Největší ekologický problém je narušení hydrodynamického režimu podzemních vod, důkazem může být narušení léčivých pramenů na Jáchymovsku. V roce 1956 došlo k průvalu na uranovém dole Eva, který natolik snížil vydatnost vody, že muselo dojít k vyhledávání nových pramenů. Důlní vody obsahují radionuklidy, které se musejí čistit, než se vypustí do povrchových vod. Poměrně častým jevem v okolí těžby uranu je vysychání původních zdrojů vody. V minulosti se tak stalo v okolí Horního Slavkova. Složitý ekologický problém představují odvaly obsahující radioaktivní horniny. Například nedaleko ložiska Olší vznikla halda o objemu 2 mil. tun vytěžené horniny obsahující přibližně 120 tun uranu a jiných radionuklidů a těžkých kovů. V Jihočeském kraji z odkaliště MAPE Mydlovary v letech 1962 – 1971 byla odváděna voda z technologických procesů bez jakékoliv úpravy do Vltavy. Největší ekologická havárie za provozu MAPE se stala v roce 1965, kdy z odkaliště uniklo protrženou hrází přibližně 1 500 m<sup>3</sup> zvodnělého radioaktivního rmutu. Podobné havárie postihly okolí Dolní Rožínky v letech 1975, 1978, 1980. K největší kontaminaci podzemních vod došlo v okolí stráže pod Ralskem metodou hydrochemické těžby uranu. Vyluhovací pole mělo rozlohu 5 km<sup>2</sup>, vyvrtáno bylo přes 8 000 vrtů do hloubek 180 – 200 m. Rozpouštědlem uranu byl roztok kyseliny sírové a dalších chemikálií. Od započetí těžby do roku 1990 se použilo přes 3 734 704 tun



kyseliny sírové, více jak 200 000 tun kyseliny dusičné a přes 25 000 tun kyseliny fluorovodíkové. Další mnohdy podceňovaný problém u těžby uranu je znečišťování ovzduší. Negativní vliv na kvalitu vzduchu má hlavně radioaktivní prach a radon. Nadměrnou prašností je postížena celá lokalita a okolí těžby. S radonem se setkávali především horníci v důlních chodbách. V současnosti se vynakládají velké finanční prostředky na sanace a rekultivace všech bývalých průmyslových objektů. Hlušínové haldy se využívají jako kamenivo při stavbě dálnic, šachty dolů se zatápí důlní vodou. Technologická zařízení v závislosti na míře kontaminace se ukládají do odkališť anebo do šrotu. Odkaliště se rekultivují inertním materiálem, aby nedocházelo k průniku srážkových vod ke kontaminovaným materiálům a zároveň ke snížení úniku vystupujícího radonu.

**Výzkumná otázka č. 2:** *Jaký byl rozvoj v těžbě uranu v rozvojových státech.*

Porovnáme-li statistiku celkové produkce uranu, je jasně patrné, že v posledních letech 20. století a prvních letech 21. století rozvojové státy zvyšují meziročně objem vytěženého uranu. Mezi hlavní důvody patří velká a dosud nedotčená ložiska uranu, levná pracovní síla a benevolence ministerstev a úřadů rozvojových zemí. Mezi státy u kterých můžeme pozorovat jasný rozvoj v těžbě uranové rudy patří Namibie, Niger, Kazachstán, Uzbekistán, Tádžikistán, Indie a v nepolehčí řadě Malawi. Z důvodu nedostatku informací o probíhající těžbě a rozcházejících se datech o mocnostech ložisek nelze přesně určit, jakým směrem se bude ubírat vývoj v těžbě uranu.

## 5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce porovnává české a světové zdroje uranu. Možnosti a dostupnost těžby, environmentální aspekty, vývoj ceny uranu a perspektivy další těžby. Před zahájením šetření byly stanoveny dvě výzkumné otázky.

**Výzkumná otázka č. 1:** *Jaký je dopad těžby uranu na člověka a životní prostředí.*

Československo bylo v těžbě uranu v minulosti průkopníkem. Rozvoj po druhé světové válce souvisel s vývojem mezinárodních vztahů a vnitřní situací v Československu. Za posledních padesát let se vytěžilo v bývalé ČSSR a České republice vytěžilo přes 100 000 t U. Přesto, že se jedná o vyčerpitelné zdroje, zásoby v podzemí se odhadují na 150 000 t U. Požadavek utlumit těžbu byl definován v roce 1988, ovšem k zásadnímu omezení uranové rudy došlo až v devadesátých letech. V současnosti je v provozu poslední uranový důl v Dolní Rožínce a ten se v příštích letech uzavře, především z důvodu nerentability těžby. O environmentálních aspekt se začalo otevřeně hovořit taktéž až v devadesátých letech. Samotná těžba uranu přináší zátěž pro okolí v podobě zvýšené hladiny hluku, prašnosti, emise radonu, kontaminace podzemních i povrchových vod. Negativní je také vliv na půdu, krajinu, flóru a faunu. Další dopad na člověka a životní prostředí má přeprava vytěžené uranové rudy, následné zpracování a především odkaliště chemických úpraven. Je tomu již více jak 20 let co byl ukončen provoz chemické úpravní v Mydlovarech a Stráži pod Ralskem, které byly největší v České republice a sanace zdaleka nebyly dokončeny. Cena za rekultivace bývalých úpraven a přilehlých lokalit se pohybují v řádech desítek miliard Kč.

**Výzkumná otázka č. 2:** *Jaký byl rozvoj v těžbě uranu v rozvojových státech.*

V souvislosti s politickými změnami po druhé světové válce, začala řada zemí s intenzivním geologickým průzkumem a později s těžbou uranu. Uran se stal výhodným artiklem nejen k výrobě zbraní, ale po uvolnění vztahů mezi západem a východem také jako zdroj energie. Mezi státy, které začaly jako první s průmyslovou těžbou patří mimo ČSSR, USA, Francie, Německo, Kanada, Anglie, Švédsko a řada

dalších. Přitom zásoby uranu v Evropě jsou zanedbatelné. Více jak 90 % zásob uranu se nachází na území deseti států. Z rozvojových zemí, kde byla zahájena těžba, patřilo Belgické Kongo (dnešní Demokratická republika Kongo), později se průmyslově začal těžit uran v bývalých republikách Sovětského Svazu (Uzbekistán, Kazachstán). Dnes mezi přední výrobce a vývozce uranu z rozvojových států patří Niger, Namibie, Mongolsko, Tanzanie, Botswana, Malawi a Indie. Menší množství uranu se těží také v Tadžikistánu a Pakistánu. Budoucnost těžby uranu je závislá na ceně uranu na světových trzích, kterou také částečně ovlivňuje aktuální cena ropy. Značný vliv zde má i negativní postoj některých zemí k jádru po haváriích na jaderných zařízeních.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) LEPKA, František. *Český uran 1945-2002: neznámé hospodářské a politické souvislosti*. Vyd. 1. Liberec: Knihy 555, 2003. Fakta a fámy. 60-93 s. ISBN 80-86660-05-2.
- (2) HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. 1. vyd. Brno: Konvoj, 1998. 241-267 s. ISBN 80-85615-56-8.
- (3) HLOUŠEK, J. *Uraninit (smolinec, Pechblende)*. [online]. 2010 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.jachymov-joachimsthal.cz/kniha/atomove-stoleti/1.pdf>
- (4) LORENCOVÁ, Ivana (ed.). *Jáchymovský smolinec a kovové radium*. Praha: Národní technické muzeum, 2011. Rozpravy Národního technického muzea v Praze. 5-15s. ISBN 978-80-7037-201-2.
- (5) KOLEKTIV AUTORŮ, *Radonový program ČR*. [online]. 2010 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.radonovyprogram.cz/radon/radon-vcera-a-dnes.html>.
- (6) KOLEKTIV AUTORŮ, *Lázně Jáchymov*. [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.laznejachymov.cz/cim-lecime/>.
- (7) KOLEKTIV AUTORŮ, *Evidovaná ložiska nerostů České republiky*. [online]. Institut geologického inženýrství, 2009 [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska\\_cr.html#URAN](http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_cr.html#URAN)
- (8) GRYGÁREK, Jiří. *Hlubinné dobývání rudných, nerudných a uranových ložisek*. 2. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0042-X.
- (9) KOLEKTIV AUTORŮ, *Rudné a uranové hornictví České republiky*. Ostrava: Anagram, 2003. 281-284, 445-462 s. ISBN 80-86331-67-9.
- (10) WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *World Uranium Mining Production*. [online]. 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>

- (11) SEIDLEROVÁ, Irena a Jan SEIDLER. *Jáchymovská uranová ruda a výzkum radioaktivity na přelomu 19. a 20. století*. Praha: Společnost pro dějiny věd a techniky, 2007. Práce z dějin techniky a přírodních věd. ISBN 978-80-7037-170-1.
- (12) JANATA, Milan a Zdeněk ZACHAŘ. *Javornický uran: historie průzkumu a těžby uranu v Rychlebských horách 1957-1968*. Dvůr Králové nad Labem: Fortprint, 2007. 3-7 s. 10-19 s. ISBN 978-80-86011-35-6.
- (13) KŘÍBEK, Bohdan a Antonín HÁJEK (eds.). *Uranové ložisko Rožná: model pozdně variských a povariských mineralizací*. Praha: Česká geologická služba, 2005. ISBN 80-7075-629-2.
- (14) LUČEBNÍ ZÁVODY KOLÍN. *Historie firmy*. [online]. 2010 [cit. 2016-07-02]. Dostupné z: <http://www.lucebni.cz/data/File/Ostatni%20clanky%20-%20web/Historie%20firmy%20Lucebni%20zavody%20a.s.%20Kolin.pdf>
- (15) BÁRTÍK, František. *Tábory nucené práce se zaměřením na tábory zřízené při uranových dolech v letech 1949-1951*. Praha: Úřad dokumentace a vyšetřování zločinů komunismu PČR, 2009. Sešity (Úřad dokumentace a vyšetřování zločinů komunismu PČR). 6-15 s. ISBN 978-80-86621-31-9.
- (16) BÁRTÍK, František. *Tábor Vojna: ve světle vzpomínek bývalých vězňů*. Praha: Vyšehrad, 2008. Moderní dějiny (Vyšehrad). 25 s. ISBN 978-80-7021-938-6.
- (17) ŠEDIVÝ, František. *Uran für die Sowjetunion*. Leipzig: Evangelische Verlagsanstalt, 2015. 23-32 s. ISBN 978-3-374-04033-9.
- (18) SIVOŠ, Jerguš. *Vězeňství TNP Jáchymovsko – tábory a uranová ruda*. [online]. 2016 [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: [http://totalita.cz/vez/vez\\_tnp\\_jachymov.php](http://totalita.cz/vez/vez_tnp_jachymov.php)
- (19) WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. *Brief History of Uranium Mining in Canada*. [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/appendices/uranium-in-canada-appendix-1-brief-history-of-uran.aspx>

- (20) BRUGGE, Doug. *The History of Uranium Mining and the Navajo People*. . [online]. 2002 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3222290/>
- (21) DIBELKA, Marek. *Jáchymov – Eliáš*. [online]. 2007 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.zanikleobce.cz/index.php?obec=3927>
- (22) UN DOCUMENTS. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. [online]. Zpráva Světové komise pro životní prostředí a rozvoj. [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- (23) MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Základní pojetí konceptu udržitelného rozvoje*. [online]. Pracovní skupina pro udržitelný rozvoj. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: <http://www.mmr.cz/cs/Microsites/PSUR/Uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/Zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelneho-rozvoje>
- (24) OECD. *Uranium 2014: Resources, Production and Demand*. [online]. OECD 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/nuclear-energy/uranium-2014\\_uranium-2014-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/nuclear-energy/uranium-2014_uranium-2014-en#page1)
- (25) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Rozvoj jaderné energetiky v Africe*. [online]. 2015 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2015/11/rozvoj-jaderne-energetiky-v-africe/>
- (26) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Nový uranový důl v Namibii*. [online]. 2013 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/04/novy-uranovy-dul-v-namibii/>
- (27) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Čína zahájila těžbu uranu v Nigeru*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/01/cina-zahajila-tezbu-uranu-v-nigeru/>
- (28) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Areva je ochotna poskytnout Číňanům přístup k nigerskému uranovému ložisku Imouraren*. [online]. 2010 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2010/11/areva-je-ochotna-poskytnou-cinanum-pristup-k-nigerskemu-uranovemu-lozisku-imouraren/>

- (29) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Rusko začíná těžit uran v Mongolsku*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/01/rusko-zacina-tezit-uran-v-mongolsku/>
- (30) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Kazachstán stále zvyšuje objem těžby uranu, v roce 2015 plánuje vytěžit 25,6 tisíc tun*. [online]. 2013 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/04/kazachstan-stale-zvysuje-objem-tezby-uranu-v-roce-2015-planuje-vytezit-256-tisic-tun/>
- (31) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *V Tádžikistánu může dojít k obnovení těžby uranu*. [online]. 2014 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2014/07/v-tadzikistanu-muze-dojit-k-obnoveni-tezby-uranu/>
- (32) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *V Indii bylo nalezeno obrovské ložisko uranové rudy*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/07/v-indii-bylo-nalezeno-obrovske-lozisko-uranove-rudy/>
- (33) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Indie obdržela první dodávku uranu z Kanady*. [online]. 2015 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2015/12/indie-obdrzela-prvni-dodavku-uranu-z-kanady/>
- (34) INDEX MUNDI. [online]. 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=uranium&months=360>
- (35) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Česko možná znovu začne těžit uran*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/04/cesko-mozna-znovu-zacne-tezit-uran/>
- (36) BROŽ, Jan. *Jaderné elektrárny nakupují palivo. Chtějí zásoby, kdyby přišel konflikt*[online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: [http://ekonomika.idnes.cz/jaderne-elektrarny-nakupuji-palivo-chteji-zasoby-kdyby-prisel-konflikt-1oa-/ekonomika.aspx?c=A160317\\_201316\\_ekonomika\\_rts](http://ekonomika.idnes.cz/jaderne-elektrarny-nakupuji-palivo-chteji-zasoby-kdyby-prisel-konflikt-1oa-/ekonomika.aspx?c=A160317_201316_ekonomika_rts)

- (37) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Těžba v ruském dole Istocnoje začne v roce 2016*. [online]. 2014 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2014/08/tezba-v-ruskem-dole-istocnoje-zacne-v-roce-2016/>
- (38) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Pouhé čtyři roky od zákazu těžby staví Austrálie další uranový důl*. [online]. 2012 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2012/10/pouhe-ctyri-roky-od-zruseni-zakazu-tezby-stavi-australie-dalsi-uranovy-dul/>
- (39) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *EPA udělila povolení australskému uranovému dolu Four Mile*. [online]. 2013 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/08/epa-udelila-povoleni-australskemu-uranovemu-dolu-four-mile/>
- (40) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Grónsko upouští od zákazu těžby uranu*. [online]. 2013 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/10/gronsko-upousti-od-zakazu-tezby-uranu/>
- (41) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Kanadský uran do Číny a tlakové testy Fangjiashan I*. [online]. 2013 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2013/10/kratke-zpravy-kanadsky-uran-do-ciny-a-tlakove-testy-fangjiashan-1/>
- (42) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Východní Asie - co mají jaderné země společného?* [online]. 2015 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2015/09/vychodni-asie-co-maji-jaderne-zeme-spolecneho/>
- (43) ATOMOVÁ ENERGIE – ZPRAVODAJSTVÍ. *Slovensko má velké zásoby uranu, těžbu ale odmítlo*. [online]. 2011 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://atominfo.cz/2011/01/slovensko-ma-velke-zasoby-uranu-tezbu-ale-odmitlo/>
- (44) UXC. *Nuclear Fuel Price Indicators*. [online]. 2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <https://www.uxc.com/p/prices/UxCPrices.aspx>



## 7 PŘÍLOHY

### Rozhovor s odborníky

**Ing. Michael Rund** - ředitel Muzea Sokolov

Jaký dopad měla nebo ještě má těžba uranu v ČR na člověka a životní prostředí?

*Určitě měla a má. Viz uranové haldy v Jáchymově a kontaminace např. v okolí Ralska.*

Jak to vypadá podle Vašich informací v jiných zemích?

*Nemám informace.*

Je těžba uranu v budoucnosti v České Republice perspektivní?

*Záleží na ceně na světových trzích. V současnosti asi ne.*

Změní se v budoucnosti podmínky těžby uranu v naší zemi?

*Nechápu otázku. Ale asi záleží na ceně uranu na sv. trzích, popř. na potřebě vlastního zdroje pro ČR.*

Jaký je Váš dojem o vývoji veřejného vnímání jaderné energie a těžby uranu v ČR?

*Nesleduji žádný vývoj.*

**Mgr. Václav Trantina** - historik, vedoucí pobočky Památníku Vojna Lešetice, Hornické muzeum Příbram

Jaký dopad měla těžba uranu v historii na člověka a životní prostředí?

*Zřejmě nejzávažnějším zásahem do životního prostředí byl způsob těžby této komodity v křídové tabuli severních Čech (ložisko Hamr a Stráž), když byl do podzemí vtačován roztok kyseliny sírové. Tento způsob získávání uranové rudy probíhal od přelomu 60. a 70. let 20. století do ukončení těžby na tomto ložisku, tedy do roku 1991. V té době nebyla otázka životního prostředí prioritou. S touto ekologickou zátěží se*

*potýkáme dodnes a ještě několik let budeme. Koncentrace  $H_2SO_4$  je v podzemí postupně snižována.*

*Při klasické těžbě hornickým způsobem docházelo ke stejným rizikům jako při těžbě ostatních surovin, po této činnosti nám zůstaly v krajině odvaly, které se postupně rekultivují.*

Je těžba uranu v budoucnosti v České republice perspektivní?

*V současné době je rozhodnuto o ukončení těžby uranové rudy na poslední lokalitě na našem území. Nedovolím si předjímat, zda v nějakém horizontu dojde k přehodnocení tohoto pohledu. Je to ve vleku globálních politicko- ekologicko- ekonomických trendů i mediálně probíraných katastrof. Můj osobní názor je, že se v nějaké formě k těžby uranové rudy vrátíme.*

Stručně popište současný stav v bývalé chemické úpravně uranové rudy MAPE v Mydlovarech.

*S činnosti MAPE nejsem osobně seznámen.*

Změní se v budoucnosti negativní vliv způsobený těžbou uranu na člověka a životní prostředí?

*Už k tomu dochází, dokončí se rekultivace, v některých případech je pomocníkem sama příroda, postupem bude zlikvidována zátěž způsobená chemickou těžbou.*