

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Alice Křížová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAVY KRAJINY



RADIACE NA PŘÍBRAMSKU KOLEM HLUŠIN
Z URANOVÝCH DOLŮ, KONTAMINACE A
ZPRACOVÁNÍ HLUŠIN V SOUČASNÉ DOBĚ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Alice Křížová

2014

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením Mgr. Marka Vacha, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Příbrami 1. února 2014

.....
Alice Křížová

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Markovi Vachovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce, dále za poskytování cenných informací pro zpracování práce, dále firmě DIAMO s. p. za poskytnutí interních materiálů, bez kterých by tato práce nemohla být provedena a v neposlední řadě své rodině za podporu a pochopení.

V Příbrami 1. února 2014

.....
Alice Křížová

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá hlušinami na Příbramsku, které vznikly po odtěžení uranu v této oblasti. Veškeré informace budou věnovány zejména hlušinám šachty 9 a šachty 11 a jaký dopad mají hlušiny na zdraví obyvatel a zaměstnanců, kteří je budou likvidovat. V první části je popsána historie těžby uranu na těchto šachtách, radiace a kontaminace v okolí hlušin dle dostupných měření. Dále se práce podrobněji věnuje aktuálnímu zpracování hlušin. Pojednává stručně o historii vzniku zpracování, procesu zpracování, využití a dopadu na životní prostředí.

Klíčová slova

Uranové doly Příbram, těžba, radiace, kontaminace, rizika, emise, uran, přírodní radionuklidy, radon.

ABSTRACT

This thesis deals with the Příbram tailings arising after the excavation of uranium in this area. All information will be devoted mainly to shafts 9 and 11 and what impact will they have on the health of the tailings and employees who will dispose. The first section describes the history of uranium mining on these shafts, radiation and contamination in the vicinity of tailings based on available measurements. Further work in more detail in the actual processing of tailings. It discusses briefly the history of the treatment, processing, utilization and impact on the environment.

Keywords

Příbram uranium mines, mining, radiation, contamination, risks, emissions, uranium, natural radionuclides, radon.

OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Cíle práce	8
3	Literární rešerše.....	9
3.1	Historie těžby uranu na Příbramsku	9
3.2	Charakteristika přírodních radionuklidů	10
3.2.1	Uran.....	10
3.2.2	Radium 226	11
3.2.3	Radon 222	12
3.3	Charakteristika zkoumaného území	13
4	Uranová šachta č. 9 a její hlušiny	15
4.1	Historie šachty č. 9	15
4.2	Charakteristika.....	16
4.3	Likvidace	17
4.4	Rekultivace	18
5	Uranová šachta č. 11 a její hlušiny.....	19
5.1	Historie šachty č. 11	19
5.2	Charakteristika.....	19
5.3	Technické řešení odtěžení odvalu	20
5.4	Rekultivace	20
6	Zpracování a výroba kameniva z hlušin č. 9 a č. 11	21
6.1	Historie a současnost	21
6.2	Zpracování hlušin	23
6.3	Hodnocení radiačního rizika.....	24
6.3.1	Hodnocení rizika pro lidské zdraví	27
6.4	Metoda hodnocení	29
6.5	Odhad radiační zátěže pracovníků zaměstnaných při těžbě odvalu šachty č. 9 a šachty č. 11.	33
6.5.1	Příkon dávkového ekvivalentu vnějšího záření gama.....	33
6.5.2	Úvazek efektivní dávky z vnitřní kontaminace.....	34
7	Diskuze.....	43
8	Závěr	45
	Seznam použité literatury:.....	46
	Internetové zdroje:	47

1 ÚVOD

Téma bakalářské práce bylo vybráno záměrně, neboť těžba a samotné zpracování nerostných surovin patří k činnostem, které jsou významným faktorem, neboť ovlivňují a mění nejen životní prostředí, ale i přírodní zdroje a taktéž člověka samotného. Již v době bronzové lidé vyhledávali, sbírali a zpracovávali nerostné suroviny, které později začali těžit a zpracovávat pro svoji potřebu, přičemž těžba nerostných surovin v současné době pokračuje a bude pokračovat nadále. Vzhledem k dnešním technologiím pokroku dochází při těžbě nerostů k velkému odpadu, který je společně s požadovanou surovinou vytěžen a tento odpad je skladován v haldách, které se nachází v okolí měst, kde dochází k samotné těžbě. Po několik desítek let dochází k velkému problému, jak s těmito haldami naložit, jak je zlikvidovat.

Práce se věnuje likvidaci konkrétních hald, kam byl vyvážen odpad z šachty č. 9 a šachty č. 11 na Příbramsku, kde docházelo k těžbě uranu. Je pravděpodobné, že na těchto haldách se budou nacházet zbytky uranové rudy, neboť těžba zde již započala hned po druhé světové válce a technologie na jeho zpracování nebyla na takové úrovni, jak ji známe dnes.

Město Příbram a hlavně jeho okolí bylo v minulých letech velice poznamenáno hornickou činností, která měla pro město a okolí i negativní dopad v oblasti životního prostředí, který vznikal při těžbě těžkých kovů a hlavně při těžbě uranu.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zaměření na zpracování hlušin – hald, které vznikly při těžbě uranu na příbramských šachtách č. 9 a č. 11 a jak tyto hlušiny ovlivňují zdraví obyvatel a zaměstnanců při jejich zpracování. V práci jsme seznámeni s historií vzniku jednotlivých šachet, procesu zpracování, využití a dopadu na životní prostředí včetně zdraví obyvatel a zaměstnanců.

Tato bakalářská práce se zabývá hlušinami na Příbramsku, které vznikly po odtěžení uranu v této oblasti. Veškeré informace budou věnovány zejména hlušinám šachty 9 a šachty 11. V první části je popsána historie těžby uranu na těchto šachtách, radiace a kontaminace v okolí hlušin dle dostupných měření. Dále se práce podrobněji věnuje aktuálnímu zpracování hlušin. Pojednává stručně o historii vzniku zpracování, procesu zpracování, využití a dopadu na životní prostředí a na zdraví všech osob.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Historie těžby uranu na Příbramsku

Historie příbramského uranového ložiska je známá do roku 1947, kdy byl vyslán průzkumný oddíl do prostoru Příbrami z Jáchymova a byla zde potvrzena existence výskytu uranového ložiska. První tři průzkumné jámy zde byly vyhloubeny v roce 1948 a byly nazvány Vojna 1, 2 a 3, jejichž správu zabezpečovaly tehdejší Rudné a tuhové doly Příbram (Nováčková a Šimůnek).

Dne 1. 5. 1949 byl v Příbrami ustanoven Báňský inspektorát č. VII, podřízený centrálnímu ředitelství v Jáchymově, který převzal od RTD Příbram vyhloubené průzkumné jámy, a který zajišťoval další výstavbu jam a důlních provozů až do konce roku 1956. V daném období 1949-56 byla těžební organizace v Příbrami již členěna do 6ti závodů. Dne 1. dubna 1956 byl Báňský inspektorát č. VII zrušen a jeho funkci převzaly „Jáchymovské doly Příbram se sídlem v Příbrami“ (JDP), které zahrnovaly závody Bytíz, Sever a Střed (Lepka, 2003).

V roce 1965 (1. 4. 1965) byly uvedené 3 celky sloučeny do jednoho podniku Jáchymovské doly – Příbram se sídlem v Konětopech (první obec za Příbrami) a organizačně rozčleněny na doly a provozy. K rozsáhlé těžbě došlo po vyčerpání ložisek v okolí Jáchymova. K největší těžbě došlo v šedesátých letech. Vlastní ložisko tzv. m uranové žíly se táhlo od obce Třebsko až po Mníšek pod Brdy. Severovýchodní část ložiska byla málo bohatá a těžba byla brzy zastavena (Bambas, 1990).

Dne 1. ledna 1966 došlo ke změně názvu na Uranové doly n. p. Příbram, přičemž byl zachován uvedený organizační celek. Jak docházelo k vytěžení uranového ložiska, docházelo k postupnému rušení a slučování jednotlivých šachet. K datu 1. července 1984 byly v provozu jen dva doly až do roku 1991, kdy byl dne 30. září 1991 vytěžen poslední vůz (Veselý, 2001).

Po tomto datu pokračovaly v podzemí nadále ražby dvou překopu pro ověření geologické situace v místě plánované výstavby podzemního zásobníku plynu na 21. patře j. č. 16, vlastní výlomové práce uvnitř prostoru PZP (výlom 620 000 m³) byly zahájeny na jaře roku 1992 a ukončeny na podzim roku 1996. V roce 1997

probíhala v podzemí výstavba uzavíracích tlakových uzávěrů na přístupových překopech, veškeré práce byly ukončeny koncem března 1998 (Michálek a kol., 2004).

Za celé období exploatace příbramského ložiska, t.j. za období 1947-1991 (44 let), bylo z podzemí vytěženo celkem 48.800 kg uranu, 6.200 kg olova, 2.400 kg zinku a 28.900 kg stříbra. K tomu účelu bylo opracováno 19,6 mil. m² žilné plochy, vytěženo 6 mil. m³ aktivních základek a vyraženo 2 188 km horizontálních důlních děl zasahujících do hloubky až 1,5 km. Přímo z povrchu bylo na ložisku vyhloubeno 27 těžních a větracích jam, jejichž celková hloubka činí cca 17,4 km, kromě nich bylo dále vyhloubeno cca 5,6 km slepých jam a surfů, přičemž hloubka většiny šachet se pohybovala v průměru 500 až 600 m (Grmela, 2012).

3.2 Charakteristika přírodních radionuklidů

3.2.1 Uran

V roce 1789 byl uran objeven Klaprothem z Johanngeorgenstatu ve smolince a byl pojmenován po planetě Uran, která se nachází jako sedmá planeta v pořadí naší sluneční soustavy, která byla objevena v roce 1781. Ale později se však ukázalo, že Klaproh objevil pouze kysličník UO₂ a uran jako kov byl později objeven Péligotem roku 1841, přičemž radioaktivní vlastnosti uranu byly objeveny v roce 1896 Becquerelem (Smetana, 2006).

Izotopy

Izotopy uranu jsou radioaktivní všechny. Uran v přírodním stavu o relativní atomové hmotnosti 238,029 tvoří směs 3 izotopů: U²³⁸ (zastoupení 99,276%), U²³⁵ (zastoupení 0,7196%), U²³⁴ (zastoupení 0,0057%). Jadernými reakcemi byly připraveny další umělé izotopy uranu. Praktické využití uranu do barev téměř zcela vymizelo. Pro barevné účely se používá nyní ve velmi omezené míře. V současné době je hlavně využíván v jaderné energetice. Ochuzený uran o izotop 235 se z části využívá k výrobě stínících materiálů významných zdrojů záření. Byl zaznamenán pokles pro výrobu jaderných zbraní a nově se používá jako ochuzený uran do speciální protitankové munice (Kafka a kol., 2003).

Chemická charakteristika

Uran patří do šesté vedlejší skupiny periodického systému a vystupuje jako prvek troj-, čtyř-, pěti- a šestimocný. V nižších oxidačních stupních má zásadité vlastnosti, v oxidačním stupni VI se ale chová jako prvek amfoterní. Šestimocný uran poskytuje s hydroxidy uranany a s kyselinami tvoří uranylové soli odvozené od kationtu UO_2^+ (Smetana, 2006).

Rizikové faktory

Z lékařského hlediska je uran pro zdraví člověka velmi nebezpečný. Jeho nejzávažnější chemická toxicita způsobuje zhoršení funkce ledvin při dlouhodobé expozici s vysokou úrovní koncentrace uranu (Diehl, 1995).

Uran je z lékařského pohledu pro zdraví člověka velmi nebezpečný jak svou radioaktivitou, tak svou chemickou toxicitou. Je nutné rozlišit, zda se z lékařského hlediska jedná o chronickou expozici nebo o akutní expozici. Při dlouhodobé expozici nízkou úrovní koncentrace uranu nebyla prokázána dlouhodobá chemická toxicita. Pokud uran vnikne do organismu, dojde k zasažení metabolismu glycidů a dojde k poškození ledvin. Poté dojde k poškození jater a dalších životně důležitých orgánů. Aby došlo k tomuto vážnému onemocnění, musí být člověk vystaven velmi vysoké formě uranu. (Diehl, 1995).

3.2.2 Radium 226

Nedlouho po objevu polonia zjistili manželé Curieovi (1898) v uranových zbytcích přítomnost dalšího, dosud neznámého silně radioaktivního prvku, kterému dali název radium. Na rozdíl od uranu je nebezpečný pouze radioaktivitou. Účinky, které by souvisely s jeho chemickou povahou alkalického kovu, nepřicházejí prakticky v úvahu, protože se běžně nevyskytuje ve významných koncentracích (z hmotnostního hlediska). Je to význačný zářič alfa, člen uranové rozpadové řady.

3.2.3 Radon 222

Radon byl poprvé izolován a studován Ruthefordem a Soddym v roce 1902. Radon je nejtěžším prvkem 8. hlavní skupiny periodického systému - vzácných plynů. Radon tvoří difluorid a některé fluorokomplexy, avšak důkaz jejich existence vychází pouze z radiochemické stopovací metody. Je nejvýznamnější ze tří prvků, který se v přírodě vyskytuje jako izotop radonu a z hlediska potenciálního ozáření zaměstnanců i jedinců z řad obyvatelstva je v podmínkách ČR dominantní.

Je to nejtěžší plyn ze skupiny inertních plynů, přirozeně radioaktivní. Jeho dozimetrický význam není ani tak založen na jeho vlastní radioaktivitě, jako na tom, že je začátkem krátké rozpadové řady, tzv. krátkodobých rozpadových produktů Rn. Tyto prvky mají poměrně krátké poločasy rozpadu - od několika sekund po desítky minut. Vzhledem k tomu, že jde o prvky s charakterem převážně kovovým, což znamená pevných látek, tak po jejich vzniku se vážou na aerosolové částice obsažené ve vzduchu. Během vdechování vzduchu jsou zachycovány v plicích a to v závislosti na velikosti aerosolových částic převážně v dolních cestách dýchacích. Vzhledem k jejich krátkým poločasům pak veškerou svou zářivou energii odevzdávají v místě depozice. Samotný prvek radon je vydechnut zpět a míní se, že jeho příspěvek k ozáření plicní tkáně je nejvýše 1 - 3 %. Z hlediska rizika ozáření obyvatelstva je ale podstatně větší riziko zjišťováno v uzavřených prostorech, zejména v bytové zástěbě. V některých oblastech je riziko pronikání Rn z podloží do budov značné (Pařízek, 2011).

Za hlavní toxikologickou vlastnost v případě dlouhodobé expozice relativně malým dávkám je považována možnost vzniku nádorových onemocnění (karcinogenita). Z tohoto důvodu se kvantifikace rizika prováděla pouze pro karcinogenní dopady. V moderních přístupech se do kalkulace rizika zavádí i rizika dalších změn, a to včetně genetických.

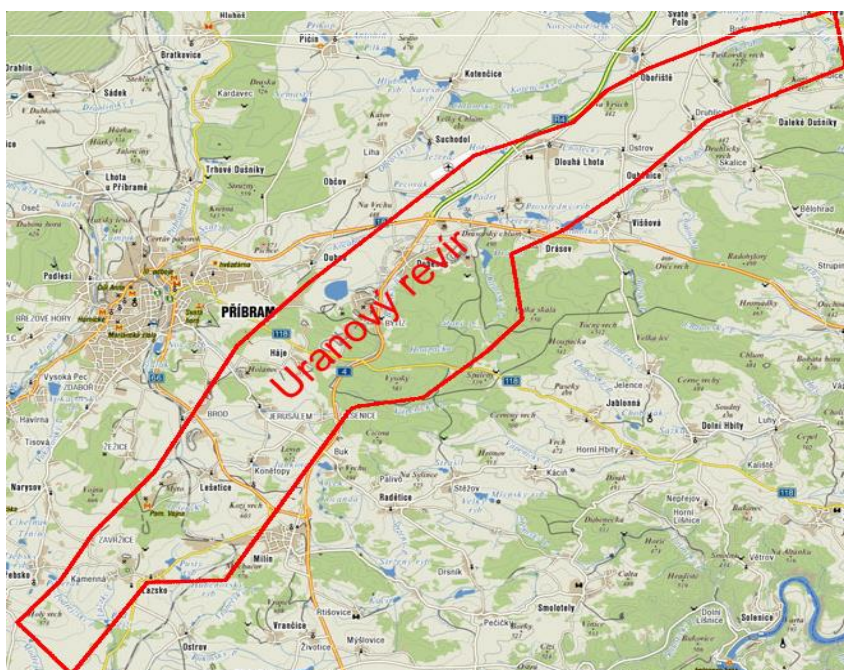
Mechanismy, jejichž prostřednictvím ionizující záření ovlivňuje vznik a rozvoj nádorového onemocnění, nejsou do dnešního dne detailně známy. Za prvotní poruchu se považuje modifikace genetické informace buňky spojená s její maligní transformací. V dalším se atypie přenáší na dceřiné generace buněk a uplatňují se patofyziologické faktory promoční i inhibiční. Poznatky o působení ionizujícího záření na vznik rakovinového onemocnění se získávají z rozsáhlých

epidemiologických studií, ale i na úrovni biofyzikálních studií. Podle posledních provedených výzkumů se na zhoubných onemocněních vznikajících po celotělovém ozáření podílejí hlavně leukémie, plíce, tlusté střevo a žaludek. Asi poloviční jsou koeficienty rizika pro močový měchýř, mléčnou žlázu, játra, jícen a štítnou žlázu. O něco nižší je hodnota pro kůži a kostní povrchy. Při posuzování nádorů, u nichž se předpokládá možná indukce vlivem ionizujícího záření, je třeba pamatovat na to, že doba latence od doby ozáření do vzniku nádorů je dlouhá. Poměrně kratší je u leukémie, kde vrchol incidence je mezi 5 - 15 lety, u rakoviny plic uranových horníků je vrchol výskytu mezi 15 - 25 rokem od počátku expozice. Předpokládá se, že některé nádory se mohou projevit i 40 let po expozici.

3.3 Charakteristika zkoumaného území

Hlušínové haldy č. 9 a č. 11 se nachází v okrese Příbram. Město Příbram leží 60 km jižně od Prahy ve Středočeském kraji, které patří ke známým historickým královským horním městům, neboť historie města je spjata s hornickou činností. Hlavní význam Příbramského rudního revíru spočíval v obsahu uranové rudy, která patřila k nejrozsáhlejšímu ložisku ve světě. Rudné pole Příbram se členilo do 9ti úseků, které bylo dlouhé cca 25 km a široké 1-2 km. (Kubínová, 2007).

Obrázek č. 1 – Uranový revír na Příbramsku (www.diamo.cz)



Těžba probíhala v letech 1950 až 1991. Bylo zde 41 jam (z toho 14 slepých), 42 průzkumných šachtic, 4 štoly a 2188,3 km horizontálních důlních děl. Dobývací prostor zaujímal celkovou plochu 57,6 km². Hloubka dobývání byla cca 1400 m pod povrchem (ložisko ověřeno až do hloubky 1750 m). Vytěženo bylo celkem 48 432,2 t uranu. (<http://www.diamo.cz/lokality-sul/pribram-uran>).

4 URANOVÁ ŠACHTA Č. 9 A JEJÍ HLUŠINY

Hlušínové odvaly po vytěžení uranu v příbramském regionu jsou majetkem státu, který zastupuje státní podnik DIAMO s. p. a jsou vlastně odpadem po hlubinné těžbě U – rudnin. Obsahují nejenom vlastní zájmovou surovinu – proterozoické břidlice a granitoidy vhodné k výrobě tříděného kameniva ke stavebním účelům, ale také celou řadu nežádoucích příměsí, které vážným způsobem tyto hlušiny znečišťují. Jedná se o znečištění především dvojího druhu:

1. Znečištění, které vzniklo v průběhu hlubinného dobývání (dřevo, guma, kovy). Jedná se cca o 1% z celkového množství.

2. Zbytky U-rudnin, které kontaminují hlušínový materiál nad míru danou hygienickými předpisy pro tříděná kameniva určená pro použití ve stavebnictví (okolo 0,005% celkového množství).

Dále je zde zvýšený podíl rozložených - zvětralých hornin a původních jílových materiálů. Všechny tyto znečišťující látky je nutno v procesu výroby tříděného kameniva vytrít na míru danou stavebními a hygienickými předpisy (www.diamo.cz).

4.1 Historie šachty č. 9

Hloubení jámy č. 9 bylo započato v roce 1950. Jáma byla vyhloubena až na 11. patro, přičemž dosáhla hloubky 557,2 m (včetně jámové tůně). Ohlubeň jámy byla na úrovni 545,9 m n. m. Po ukončení těžby byla jáma na základě projektu likvidace zasypána, ke kterému došlo v roce 1991 a v současnosti je opatřena ohradníkem.

Odval jámy č. 9 sloužil k ukládání hlušiny, příp. nebilanční rudniny při těžbě z jámy č. 9. Je tudíž v bezprostřední blízkosti tohoto areálu. Počátek budování odvalu je okolo roku 1951. Z areálu vede až na temeno odvalu přístupová komunikace a to od zdola po severním úbočí a v konci po západním úbočí. Odval je realizován na Sázkovém potoce, který je pod odvalem převeden do potrubí z betonu. Toto betonové potrubí je již z velké části nefunkční a v současné době se připravuje přeložka vodoteče mimo odval (interní záznamy firmy DIAMO s. p.).

V areálu jámy č. 9 byla v rozmezí let 1967 – 1973 realizována dekontaminační stanice celkovou s kapacitou do 40 l/s. Tato dekontaminační stanice byla využívána pro dekontaminaci důlních vod a průsakových vod z odvalu (cca 1 l/s). K 1. 12. 1994 bylo ukončeno čerpání a čištění důlních vod. Od roku 1995 byly čištěny pouze průsakové vody z odvalu.

Funkce dekontaminační stanice jámy č. 9 pominula k 16. 12. 1998 tím, že průsakové vody odvalu byly přečerpávány do komína na žíle J1, a později vybudováním a zprovozněním vrtu pro zapouštění průsakových vod do podzemí. Průsakové vody odvalu jsou tak součástí důlních vod příbramského ložiska a jsou čištěny na nově vybudované dekontaminační stanici u bývalého areálu jámy č. 19 (www.diamo.cz).

4.2 Charakteristika

V hlušinovém materiálu odvalu převládají algonkické břidlice z více jak 90%. Zbytek je tvořen kambrickými slepenci a drobami a minerály žilných výplní. Ve výplni žil na ložisku bylo nalezeno skoro 90 minerálů, z nich převládá kalcit, dále křemen, uranit, urano-antraxolit, galenit, sfalerit a další.

Obecně je přijat předpoklad, že odvaly po těžbě uranu na Příbramsku obsahují cca 0,005 % zbytkového obsahu uranové mineralizace. V daném případě je předpokládán obsah o něco vyšší, okolo 0,006 %. Při výše uvedených parametrech představuje odval jámy č. 9 nahromadění přibližně 250 t uranu. Uvedený obsah je 6 - 10 krát větší než je udávaný pozadřový obsah uranu v horninách středočeského plutonu.

Přesné množství nelze na základě současného stavu informací zjistit. Vzhledem k moderní technologii radiometrického třídění používané na technologickém komplexu jámy č. 9 může se pohybovat spíše na spodní hranici tohoto odhadu.

Vlastní odval má tvar tabulovitý s převahou algonkických břidlic, přibližně do 50 cm. Hlušinový materiál byl na odval dopravován lanovkou. Na korunu odvaly vede svahem přístupová komunikace. Odval má průměrnou výšku okolo 50 m, přičemž jihovýchodní část koruny je vyšší.

Koruna haldy byla naposledy upravována v roce 1992, a na části haldy byla provedena pokusně biologická rekultivace, kdy zde bylo umístěno necelých 3000 t kalů z městské čistírny v Praze na Trojském ostrově a z městské ČDV Příbram (www.diamo.cz).

Odval je umístěn na pozemku o ploše 91 247 m². Je zde umístěno 2 195 086 m³ hlušínového materiálu, tj. cca 4 000 000 t.

4.3 Likvidace

Vlastní záměr spočívá ve dvou zásadních problematikách:

- vlastní odtěžba odvalu
- oprava haldoviny do areálu Ecoinvestu Příbram, s.r.o.

Jedná se o 2 195 086 m³ uložené haldoviny, tj. cca 4 000 000 t uložené na ploše 91 247 m².

Předpokládá se odtěžení 90 % uloženého materiálu - 3 600 tis. t haldoviny k odtěžbě.

Při předpokládané těžbě 150 tis. t ročně se jedná o životnost zdroje tříděného kameniva 24 let.

Odval bývalé šachty č. 9 má cca 2,2 mil. m³ hlušiny, tj. cca 4 mil. tun. Spol. Ecoinvest Příbram, s.r.o. předpokládá denní těžbu 1 500 tun po 100 dní v roce. Ročně tedy odtěžit 150 000 tun. Tato výše těžby byla stanovena společností jako nejnižší možná (při výrobě cca 300 000 tun je to 50 % v zajištění těžby), zbytek se předpokládá z dalších zdrojů. Před zahájením těžby odvalu bude muset být splněna celá řada podmínek uvedených v dokumentaci pro posuzování vlivu předmětné činnosti na životní prostředí. Vlastní práce na odvalu budou vedeny podle POPD (plán otvírky, přípravy a dobývání) schváleného státní báňskou správou. Na odval bude vybudována nájezdová rampa. Vlastní postup odtěžování bude generelně shora dolů po etážích o výšce cca 5 m. Kolem každé etáže bude kolem hrany odvalu ponecháván ochranný val, který bude chránit okolí před hlukem a prachem. Celá etáž bude mít úklon k nájezdové rampě. Na etáži budou pracovat bagr a nakladač, odvoz materiálu bude realizován nákladními auty. Denně bude odtěženo a přepraveno 1 500 tun materiálu v 10ti hodinových pracovních směnách za den. Časové rozpětí je stanoveno na březen až listopad daného roku. Cyklovat bude 7 nákladních aut, za

směnu bude celkem 125 cyklů (jedno auto se otočí zhruba 18 x za 10 hod.). V případě návěsů budou cyklovat 4 návěsy a za směnu vykonají 68 cyklů (www.ecoinvest.cz).

4.4 Rekultivace

V této souvislosti nutno konstatovat, že posuzovaný záměr se týká odtěžení odvalu a že vlastní technickou a biologickou rekultivaci po odtěžbě bude provádět DIAMO s. p. Předmětem záměru tedy není rekultivace odvalu. Odval zůstává po celou dobu realizací záměru majetkem DIAMO s. p., o. z. SUL a oznamovatel surovinu od majitele surovinu nakupuje. S přihlédnutím k naznačeným termínům těžby nelze dnes přesně stanovit následná rekultivační opatření. Přesto lze v obecných rysech předpokládat, jaký způsob bude zvolen. Podle záměru bude odtěžen celý odval. Jak vyplývá z charakteru odvalového materiálu a širší situace, lze předpokládat, že bude zvolen způsob lesotechnické rekultivace, kdy bude plocha po odtěženém odvalu osázena stromy. Tomu bude předcházet závěrečné porovnání plochy odtěženého odvalu se zachováním odtokových poměrů včetně zachování vybudovaných vodohospodářských děl, případně obnovení původního přirozeného toku Sázkového potoka. Při takto navržené technické rekultivaci bude provedeno proměření nového terénu z hlediska dávkového příkonu gama (před navezením biologicky oživitelné vrstvy). Případné anomálie, signalizující vyšší výskyt uranových minerálů v povrchové vrstvě, budou odtěženy a využity s. p. DIAMO buď pro zásyp propadového pásma u Bytízu, nebo v odkališti I.

Pro realizaci biologické rekultivace bude nutno realizovat pokrytí buď souvislé, nebo hnízdovité biologicky oživitelného materiálu. Vzhledem na skutečnost, že odtěžba odvalu je navržena v ploše od shora dolů - problém rekultivace nastane po relativně dlouhém časovém období, mezi 27 – 28 lety. Je tedy nadčasové navrhovat způsob provádění rekultivace odvalu po odtěžbě v dalekém časovém horizontu. Rekultivace v daném časovém období musí logicky ctít legislativní předpisy v té době platné. Vlastní záměr má návaznost na existující výrobu tříděného kameniva v areálu ECOINVESTU PŘÍBRAM, s.r.o. (interní zdroje firmy DIAMO s. p.).

5 URANOVÁ ŠACHTA Č. 11 A JEJÍ HLUŠINY

5.1 Historie šachty č. 11

Areál jámy č. 11 se nachází na katastru Bytíz a její odval je převážně na katastru Dubenec, v dobývacím prostoru Brod. Severně a západně od odvalu jsou zemědělsky využívané pozemky. Západně se nachází dekontaminační stanice a odkaliště. Východně je silnice č. I/4, a dále areál bývalé výdušné jámy č. 17.

V blízkosti odvalu (jižně) se nachází Věžnice Příbram, firma Mrázek v.o.s., areál jámy 11, propadové pásmo na Bt4 . Hloubení jámy č. 11 bylo zahájeno v roce 1950. Jáma byla vyhloubena až na 11. patro a to včetně jámové tůně. Ohlubeň jámy byla na úrovni 545,9 m n. m. Po ukončení těžby byla jáma po roce 1991 na základě projektu likvidace zasypána a v současnosti je opatřena ohradníkem.

Hlavním bodem je odtěžba odvalu jámy č. 11. Kapacita odtěžení odvalu jámy č. 11 se předpokládá do 250 000 t ročně, při průměrné roční odtěži 200 000 t. Předmětem odtěžení má být severní a severozápadní část odvalu č. 11. Množství uložené haldoviny na předmětném odvalu činí podle bilancí 2 849 159 m³, tj. cca 5 270 944 t. Při dosahování požadované průměrné těžby je životnost min. 26,4 let.

Záměr je posuzován z hlediska 20 let probíhající těžby - při dosahování průměrného ročního výkonu 200 t bude odtěženo 4.000.000 t haldoviny (interní záznamy firmy DIAMO s. p.).

5.2 Charakteristika

Reálnou variantou je volba dopravních prostředků pro odvoz odtěžené haldoviny z odvalu č. 11 na výrobu tříděného kameniva v areálu ECOINVESTU PŘÍBRAM, s.r.o. Je možno použít běžná těžká nákladní auta nebo vícetónážní návěsové soupravy. Hodnocení vlivu na životní prostředí je v oznámení zaměřeno na běžná nákladní auta. Použití vícetónážních návěsových souprav je jak z hlediska emisí hluku, tak emisí plynných škodlivin příznivější.

5.3 Technické řešení odtěžení odvalu

Na odval č. 11 bude vybudována nájezdová rampa s využitím stávajícího severozápadního valu u haldy. Val bude částečně odtěžován a částečně směrem k č. 11 dosypán tak, aby sklony upravené rampy byly sjízdné pro nákladní vozy. Vlastní rampa bude tvarována do U - vzniklé mantinely budou tvořit nejen bezpečnostní svodidla pro vozidla, ale zároveň budou stínit dopravu proti hluku a prachu.

Vlastní postup odtěžování č. 11 „sever“ bude generelně shora dolů po etážích o výšce cca 5 m - výška etáže je dána použitými technickými prostředky. Na každé etáži bude kolem hrany haldy ponecháván ochranný val, který bude chránit okolí před hlukem a prachem. Celá etáž bude mít úklon k nájezdové rampě. Na etáži budou pracovat bagr a nakladač, odvoz materiálu bude realizován nákladními auty. Etáž bude těžena řezy vedenými S-J směrem s generelním postupem od Z k V. Předpokládáme současnou práci maximálně na dvou řezech. Tímto opatřením bude dosaženo minimálního otevření porubní fronty (práce budou soustředěny do malého prostoru) a tím budou eliminovány některé negativní vlivy těžby – především opět prašnost a hluk. Doprava na koruně odvalu k řezu i od něj bude vedena pojezdovými koridory (nejbližšími cestami k řezům), které budou dle potřeby zkrápěny vodou proti prachu (www.ecoinvest.cz).

5.4 Rekultivace

Projekt na rekultivaci ještě není dokončen. Firmou DIAMO s. p. je teprve připravován.

6 ZPRACOVÁNÍ A VÝROBA KAMENIVA Z HLUŠIN Č. 9 A Č. 11

6.1 Historie a současnost

Myšlenka zpracovat hlušínové odvaly po hlubinné těžbě uranu vznikla již na sklonku 60.tých let a již tehdy byly tímto návrhem sledovány dvě hlavní linie:

1. Získá se stavební kámen pro tehdy prudce se rozvíjející infrastrukturu města a přilehlého okolí a není nutno přitom otvírat nové primární ložisko suroviny – lom.
2. Postupným zpracováním odvalů budou tyto likvidovány a tím budou odstraňovány ekologické zátěže - odvaly jsou výrazným zdrojem prachu a radonu a loužení materiálu v haldách nekontrolovaným způsobem kontaminuje spodní vody.

První drticí a separační linku vybudovaly Uranové doly n. p. v prostoru tehdejší úpravny 1. Máje - Bytíz a bylo při ní využito zkušeností a byly použity technologie při separaci u – rudnin v úpravárenském procesu při zpracování uranu. Linka byla několikrát doplněna a modernizována a sloužila po celou dobu existence UD. Následně tuto výrobu převzala nástupnická organizace DIAMO s. p., odštěpný závod Správa uranových ložisek Příbram a provozovala ji až do roku 1996, kdy došlo k privatizaci a vznikla společnost ECOINVEST PŘÍBRAM, s.r.o. Odhaduje se, že k roku 2010 bylo na lince zpracováno celkem 29 mil. t materiálu a nejúspěšnější obdobím byl závěr 80.tých let kdy roční zpracování dosahovalo přes milion tun.

Původní linka, po více jak 40ti letech činnosti byla již v nevyhovujícím technickém stavu a proto byla v roce 2011 zlikvidována a na jejím místě byla postavena linka nová za finanční spoluúčasti evropských strukturálních fondů. Nová linka je v současnosti ve fázi provozních zkoušek a měla by mít vyšší výkon než původní a hlavně při její výstavbě byla věnována velká pozornost separaci aktivních podílů. Tato linka by měla umět zcela bez problémů zpracovávat i ty nejznečištěnější odvaly v příbramském regionu.

V roce 2011 se podařilo navázat spolupráci s organizací DIAMO s. p., o. z. GEAM Dolní Rožínka, která je v současnosti jediným hlubinným těžářem U-rudnin v EU. GEAMU byl předán vyseparovaný aktivní materiál k dalšímu zpracování,

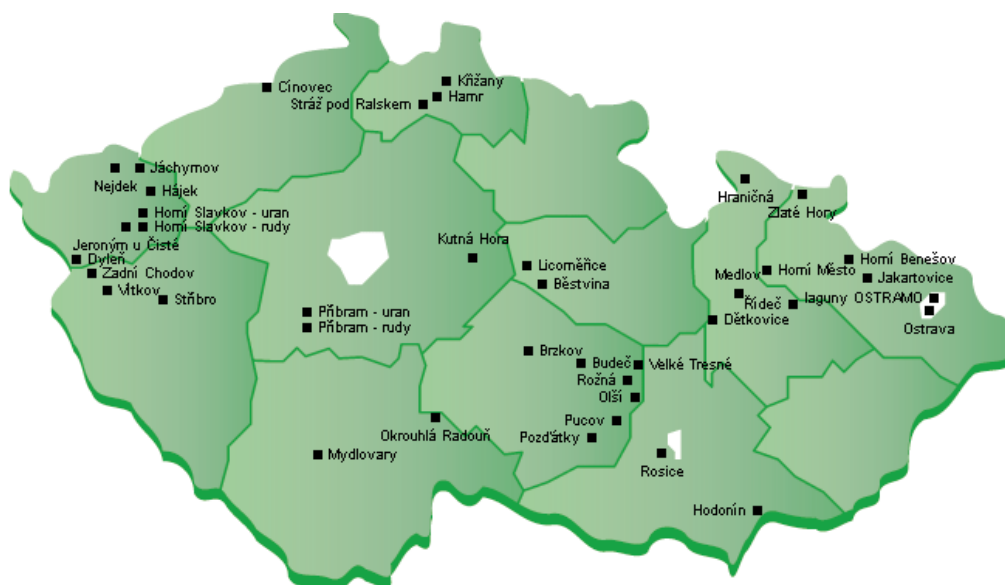
dosud byl likvidován. Jinými slovy dosavadní odpad se stal surovinou, o kterou je značný zájem.

Vzhledem k tomu, že dosud ECOINVESTEM PŘÍBRAM, s.r.o. zpracovávané zásoby odvalů č. 21 a č. 19 jsou před vyčerpáním a je zde kameniva pouze na cca 2 roky, bylo požádáno Ministerstvo životního prostředí o udělení EIA (posouzení vlivu na životní prostředí) pro odvaly č. 9 Háje a č. 11 Bytíz. EIA pro č. 9 Háje byla ECOINVESTU PŘÍBRAM, s.r.o. udělena a proces schvalování pro č. 11 je před dokončením. Otevřením uvedených zásob by byla zajištěna výroba drceného kameniva v příbramském regionu na cca 40-50 let. Tento časový údaj je ovšem nutno brát v kontextu s výší stavební činnosti v této oblasti, která je v současné době na historicky nejnižší úrovni (www.ecoinvest.cz).

DIAMO s. p., který zastupuje stát ve správě pozůstatků po uranové činnosti je si vědomo, že úplná likvidace všech odvalů (ekologických břemen) po těžbě uranu zpracováním na drcená kameniva je časově značně náročné. Proto má zpracovaný plán na omezení negativních vlivů těchto břemen formou rekultivací především těch odvalů, které jsou v blízkosti obydlených území. Tento plán ovšem vyžaduje značné finanční prostředky, takže je v současné době zřejmě nereálný (www.diamo.cz).

DIAMO s. p. je největší firmou v ČR, která spravuje více než 6.000 lokalit dílčích environmentálních zátěží po celé ČR. Na mapě č. 1 jsou vyznačeny pouze nejvýznamnější lokality.

Mapa č. 1 – nejvýznamnější lokality DIAMO, s. p. (www.diamo.cz/lokality)



6.2 Zpracování hlušín

Hlušínové odvaly po těžbě uranu v příbramském regionu jsou v majetku státu zastoupeného státním podnikem DIAMO a jsou vlastně odpadem po hlubinné těžbě U-rudnin. Obsahují nejenom vlastní zájmovou surovinu – proterozoické břidlice a granitoidy vhodné pro výrobu tříděného kameniva ke stavebním účelům, ale také celou řadu nežádoucích příměsí, které vážným způsobem tyto hlušiny znečišťují. Jedná se o znečištění především dvojího druhu, jak již bylo popsáno v předešlé kapitole č. 4.

V principu se jedná o klasickou lomařskou technologii, kde drcení vstupního materiálu (vsázky) probíhá ve třech stupních a jednotlivé frakce kameniva jsou následně získávány na vibračních sítích. (www.diamo.cz).

Haldovina je navážena nákladními auty na vstupní zásobník a z něj jde přes vibrační podavač do vlastního procesu. Podavač zajišťuje, že tok materiálu bude mít maximálně 150 tun za hodinu. Na toto množství je stavěna celá kapacita drticí linky a všech strojů v ní.

Následuje první stupeň separace, kde se ručně vytřídí cizorodé látky (dřevo, železo, guma) a nejsilnější zářiče (kusy U-rudy). Materiál je pásem dopraven na hrubotřídíč, kde je provedeno základní roztřídění na frakce 0-32 mm a 32-90 mm. Nadsítné, tedy kusy nad 90 mm jsou odvedeny na čelistový drtič, rozdraceny pod 90mm a vráceny zpět do toku materiálu. Oba proudy materiálu (0-32 a 32-90) postupují do nejdůležitější části linky – separace U-rudnin. Zde je instalována světově unikátní technologie. Toky jsou snímány sondami a pokud tyto sondy zaregistrují zářič, vydají pokyn sfukovacímu zařízení, které proudem vzduchu smete zářič z dopravního pásu. Následně postupuje materiál na vlastní drcení na kuželových drtičích a na třídění. Na vibračních sítích potom probíhá nejenom vlastní roztřídění dle kusovitosti na jednotlivé frakce, ale je zde vyrobené kamenivo ještě opláchnuto technologickou vodou. Tím se z drčeného kamene smyje aktivní prach a jílové části původní vsázky. Ze vzniklých kalů je na šnekových separátorech oddělena nejjemnější frakce kameniva 0-4 mm a zbytek kalů je potrubím dopraven na kalové pole ve správě DIAMA s. p. a zde uložen.

Třetí a poslední stupeň separace U-rudninu je již pouze kontrolní. Je na stejném principu jako hlavní separace – sondy v kombinaci se sfukovači a je umístěn

na výstupních pásech z linky a pouze zajišťuje, že výsledný produkt – drcené kamenivo je zcela bez zářičů. V technologickém procesu jsou dále instalovány nad dopravními pásy magnety, které zachycují menší kusy magnetických kovů a chrání technologii před poškozením.

Z výše uvedeného je zřejmé, že technologie zpracování odvalů po uranové činnosti potřebuje vodu na očištění výstupního kameniva od jílových podílů a především od prachových částic uranové rudy. Tím je toto zpracování vázáno nejen na zdroj vody, ale i na odkaliště do kterého jsou odváděné kaly z výroby. Z uvedeného vyplývá, že se jedná o práci sezonní, mokrá technologie neumožňuje zpracování suroviny pod bodem mrazu a zároveň je prakticky vyloučen přesun výroby blíže k budoucím zásobám kamene.

Popsaná technologie umožňuje dokonalé zpracování i značně znečištěných a kontaminovaných odvalů, což je důležité zejména při zpracovávání odvalů z 50.tých let, kdy technologie oddělování uranové rudy od hlušiny nebyly tak dokonalé jako v letech pozdějších (interní záznamy firmy DIAMO s. p.).

6.3 Hodnocení radiačního rizika

Obecně jsou v radiační ochraně řešeny otázky

- ozáření radiačních pracovníků tj. pracovníků zaměstnávaných při činnostech, které vedou nebo mohou vést k ozáření
- ozáření ostatních osob (obyvatelstva)

V organizacích provozujících hornickou činnost, která může vést k ozáření pracovníků, obyvatel nebo životního prostředí se předpokládá ozáření současně zevní (gama záření) a vnitřní (vdechnutím produktů přeměny radonu a směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran – radiové rozpadové řady). Případně je možná ještě expoziční cesta ingesční – požíváním kontaminovaných potravin nebo vody.

Celkové ozáření osob je hodnoceno pomocí veličiny – efektivní dávka E (mSv). Předběžná analýza významu jednotlivých expozičních cest pro jednotlivě hodnocené skupiny obyvatel, které mohou být ovlivněny těžbou odvalu šachty č. 9, vede k následujícím závěrům:

Nejbližší sídelní útvary jsou:

- Háje – nová výstavba cca 1 km východně;
- město Příbram, městská část Sázky cca 1,5 km severozápadně;
- Brod cca 1,2 km jihozápadně;
- Jeruzalém cca 500 m jihovýchodně;

Z hlediska vzdálenosti sídelních útvarů a celkovému uspořádání lokality lze hodnotit významnost jednotlivých expozičních cest:

- *zevní záření gama* bude mít význam hlavně pro hodnocení expozice pracovníků provádějících práce v prostoru odvalu. Vzhledem ke vzdálenosti od odvalu nepřipadá v úvahu významné ovlivnění expoziční situace pro obyvatele v obcích. Inhalace radonu - zvýšení odhadované emise radonu z odvalu může být nejvýše o 1,5% což je nevýznamné, skryté v mezích běžné fluktuace emise způsobené kolísáním meteorologických faktorů (změny tlaku a teploty, srážky, vítr). Emise radonu způsobené dopravou jsou bezvýznamné. Expozice Rn bude hodnocena pouze u pracovníků provádějících těžbu. S přihlédnutím k převládajícím směrům větrů lze jako kritickou skupinu obyvatel pro tuto inhalační expoziční cestu identifikovat obyvatele obce Jeruzalém. Zde není situován žádný měřící bod sítě DIAMO s. p. Nejbližší měřící bod je bod 13 – 1 na okraji areálu šachty č. 13. Výsledky z tohoto bodu se neodlišují od dalších bodů pro hodnocení imisní situace v oblasti. Z hlediska morfologie terénu je zajímavá i městská část Příbram – Sázky. Zde ale očekáváme v důsledku realizace záměru zlepšení ventilace v údolí potoka K Sázkám a tím spíše zlepšení současného stavu. Vzhledem ke vzdálenosti od odvalu, s přihlédnutím k nevýznamnému odhadovanému zvýšení emise radonu v důsledku těžby a s přihlédnutím k dosavadním výsledkům monitoringu s monitory ALGADE v širokém okolí je možno vliv odvalu na expoziční situaci obyvatelstva v důsledku inhalace radonu považovat za nevýznamný resp. spíše pozitivní. Tato expoziční cesta pro obyvatelstvo nebude hodnocena.

- *inhalace tuhých znečišťujících látek v ovzduší s obsahem směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran – radiové řady* – může být potenciálně významná pro pracovníky provádějící těžbu stejně jako u jiných pracovníků provádějících zemní práce. Pro obyvatelstvo v okolí platí podobně jako pro Rn – kritická skupina obyvatel obce Jeruzalém, s tím, že nepovažujeme za

možné zanedbat vliv odtěžby odvalu na tuto expoziční cestu a bude hodnocen její příspěvek. Další sledovaná skupina – obyvatelé městské části Příbram – Sázký.

- *ingesce* – v důsledku realizace záměru nebudou vypouštěny žádné vody. Předpokládaná potřeba vody na skrápění v suchém období - 30 suchých dnů v roce, 7 m³ denně, nedokáže ovlivnit vodní bilanci potoka k Sázkám. Pitná voda bude dodávána na pracoviště balená. Vliv této expoziční cesty na zdravotní rizika pro obyvatelstvo nebude hodnoceno. Expozice pracovníků nebude ovlivněna vůbec. Hodnoceny budou tedy vlivy na 2 skupiny osob:

1. expozice pracovníků při těžbě

Předpokládané možné ozáření - inhalace Rn²²² a prachu s U inhalace Rn²²² a prachu s obsahem dlouhodobých radionuklidů U- Ra řady emitujících záření alfa bude dále hodnocena, protože při pracích na odvale se mohou objevovat zvýšené koncentrace prachu s obsahem dlouhodobých radionuklidů U- Ra řady emitujících záření alfa:

Zevním ozáření gama - průměrné hodnoty za odval jsou nízké, byl ale zjištěn lokální výskyt zvýšených hodnot dávkových příkonů, může to být při některých provozních poměrech významné. Za kritickou skupinu jsou považováni pracovníci provádějící vlastní těžební práce – zaměstnanci Ecoinvest Příbram, s.r.o., případně kooperující pracovníci. Pracovníci Ecoinvest Příbram, s.r.o. jsou pod pravidelnou dozimetrickou kontrolou, jsou vybaveni příslušnými ochrannými prostředky a jsou náležitě poučeni o chování při obdobných pracích. Předpokládaný fond pracovní doby 1000 hod ročně. Těžba bude prováděna jako sezónní - březen až listopad - v pracovních dnech v jedné směně. Těžba se předpokládá po 100 dnů v roce v prodloužených směnách - 10 hodin.

2. expozice obyvatelstva v okolí

Předpokládané možné ozáření - inhalace Rn²²² ze vzduchu, nebude hodnocena. Při těžbě může dojít max. ke zvýšení stávající odhadované emise radonu z odvalu nejvýše o 1,5%. Emise radonu způsobené dopravou jsou bezvýznamné. Vzhledem ke vzdálenosti od nejbližších sídelních útvarů je případný vliv této malé změny na expoziční situaci obyvatelstva nevýznamný. Na základě analýzy výsledků z monitorovacích stanic ALGADE lze oprávněně předpokládat, že objemové aktivity radonu v okolí odvalu šachty č. 9 se významně neodlišují od běžných hodnot v oblasti.

Zevní záření gama - vzhledem ke vzdálenosti nejbližších sídelních útvarů a nízké úrovni kontaminace nebude hodnoceno. Vzhledem k úrovni kontaminace a volbě přepravní trasy mimo zastavěné území obcí nevznikne ani riziko pro obyvatelstvo.

Ingesce - zdroje pitné vody nejsou ovlivněny. Riziko pro obyvatelstvo není se záměrem spojeno. Modelově budou jako další kontrolovaná skupina hodnoceni dospělí obyvatelé obce Jeruzalém. Závěry z tohoto hodnocení vztaženy na dospělé obyvatele obce Háje. Předpokládané ozáření pouze inhalační expoziční cestou – inhalací tuhých znečišťujících látek v ovzduší s obsahem směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran - radiové řady. (interní materiály firmy Ecoinvest Příbram, s.r.o.).

6.3.1 Hodnocení rizika pro lidské zdraví

Přístup k hodnocení rizika pro lidské zdraví ze zavádění polutantu do životního prostředí závisí vždy na použitých vstupech a hodnotící bázi. Lze také uvažovat, jaké je přijatelné celoživotní riziko (při 70leté expozici), spojené s působením škodlivého faktoru zaváděného lidskou činností do životního prostředí. V mezinárodních pramenech se uvádí jako obecně použitelné kritérium přijatelnosti 1 úmrtí na milion obyvatel za rok. Je to teoretická, z hlediska praxe zanedbatelná hodnota, neboť např. v ČR na zhoubné novotvary každoročně umírá z jednoho milionu cca 2700 lidí. Velké dávky jednorázového ozáření vyvolávají akutní poruchy zdraví. Potenciálním rizikem dlouhodobých nízkých dávek je především vznik zhoubných novotvarů (mj. i zhoubného bujení bílých krvinek, leukémií). Druhý typ možného účinku malých dávek ionizujícího záření je vliv na dědičnou hmotu. Jsou-li takto postiženy zárodečné buňky, projevují se důsledky v dalších generacích, tedy u potomstva.

Chronické karcinogenní působení malých dávek ionizujícího záření má účinek stochastický, tj. s růstem expozice roste pravděpodobnost onemocnění resp. úmrtí na zhoubný novotvar. Tento účinek je většinou hodnocen s použitím hypotézy bezprahových účinků s tím, že jeho růst je ve vztahu k rostoucí celkově přijaté dávce lineární. Podobný vztah dávky a účinku je předpokládán pro účinky genetické, které rovněž patří do kategorie účinků stochastických. Předpokládá se tedy, že i minimální

dávky mají určitý (ovšem zase minimální) účinek. Není zde proto stanovován práh účinku jako u látek toxických. Základním kritériem řízené ochrany je v tomto případě společenská přijatelnost rizika. Doporučení Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu ICRP a další mezinárodní dokumenty blíže vymezují, za jakých podmínek je možno ozáření obyvatel a v jiných souvislostech také pracovníků pokládat za přijatelné.

Na základě uvedených teoretických předpokladů o bezprahovém a lineárně rostoucím účinku jsou založeny mezinárodně užívané metody kvantitativního hodnocení rizika (Risk Assessment). Doposud se vesměs používá výpočetní postup založený na prostém součinu odhadnuté "efektivní dávky" a "koeficientu pravděpodobnosti" pro typického dospělého člověka. Např. jako "přibližný koeficient pravděpodobnosti úmrtí na rakovinu" byla pro souhrn všech typů rakoviny mezinárodní komisí ICRP (International Commission on Radiological Protection, 1991) udána hodnota $0,05 \text{ Sv}^{-1}$. Koeficient byl označen jako přibližný vzhledem k nejistotám v podkladových odhadech radiačního rizika a ke skutečnosti, že byl založen na idealizované populaci dostávající uniformní dávku na celé tělo.

Podstatným metodickým pokrokem je metoda uveřejněná americkou agenturou US EPA (United States Environmental Protection Agency) v září 1999, v publikaci Cancer Risk Coefficients for Environmental Exposure to Radionuclides (Federal Guidance Report No. 13). Tato metoda je vypracována pro hodnocení rizika z nízkých dávek záření (pod 0,2 Gy resp. pod 0,1 mGy/min) a doporučena pro zpracování odhadu rizik.

Aby pro nedokonalost a nepřesnosti používaných metod nedocházelo k nepřiměřeně příznivým závěrům, metodiky US EPA důsledně uplatňují princip předběžné opatrnosti (konzervativní přístup). Vycházejí záměrně z nejhorších možných variant (výsledky studií s nejzávažnějšími udávanými dopady, účinky na nejcitlivější vrstvy obyvatelstva, odvozování ukazatelů z horních hranic karcinogenního potenciálu aj.). Výsledné odhady, charakterizované vždy pro nejméně příznivou situaci, jsou proto závažnější než budoucí realita. Tento předpoklad je v předkládaném hodnocení splněn.

Ve výpočtech rizika z prováděných radiačních činností je hodnota rizika počítána s použitím údajů podle doporučení ICRP č. 60/1990, tj. použita hodnota koeficientu rizika $5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$. Pro srovnání jsou paralelně provedeny i výpočty

s použitím hodnoty 10^{-2} Sv^{-1} podle staršího doporučení č. 26/1977 kde byl tento postup prvně na mezinárodní úrovni doporučen. Hodnoty obou koeficientů se odlišují svým zaměřením. Starší údaj se vztahuje pouze na zhoubné - smrtelné (fatální) případy pozdních účinků záření, tj. pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění. Novější hodnota koeficientu pak reflektuje pravděpodobnost jakéhokoliv poškození zdraví, do které je zahrnuta i ekvivalentní újma z nádorů vyléčených a z následků genetických. Tento koeficient je pochopitelně opět vždy vyšší než koeficient pro pouze fatální nádory.

Hodnota přijatelného rizika 10^{-5} až 10^{-6} byla považována za přijatelnou pro každého obyvatele v Doporučení ICRP č. 26/77. V Doporučení ICRP č. 60 z roku 1990 byl tento faktor rozšířen i o další zdravotní újmy než pouze rakoviny a pro pracovníky (a všechny druhy újmy) byl stanoven na $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$, pro celou populaci $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ (zhoubné nádory, nezhoubné nádory a vážné dědičné změny). Hodnota rizikového faktoru pro zhoubné nádory byla stanovena na $5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$.

Pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění pro jednotlivce, jež je udávána hodnotou $1 \cdot 10^{-4}$ je považována v Metodickém pokynu MŽP k hodnocení rizik (1996), který vychází z materiálů US EPA z let 1983-87 a dále z dokumentů EU pro hodnocení rizik - Směrnice EEC No. 793/93 a Principy hodnocení rizik pro člověka a životní prostředí EEC No. 1488/94 - za „ještě zdravotně bezpečnou“. Hodnota rizika vyšší než $1 \cdot 10^{-4}$ je považovaná už za nepřijatelnou.

V současnosti existuje ve světě zásada, že pro populaci se za „ještě zdravotně bezpečnou“ označuje pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění 10^{-4} a pro jednotlivce 10^{-6} .

6.4 Metoda hodnocení

Postupy hodnocení doporučené Státního úřadu pro jadernou bezpečnost jsou uvedeny jednak v:

- Doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost vydané v řadě Radiační ochrana: Postupy při výpočtu ozáření kritické skupiny osob v souvislosti s uvolňováním přírodních radionuklidů do životního prostředí a při posuzování zásahů v oblastech s ukončenou hornickou činností.

- Doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost vydané v řadě Radiační ochrana: Požadavky radiační ochrany pro organizace provozující hornickou činnost, která může vést k ozáření pracovníků, obyvatel nebo životního prostředí.

Obecný postup

Celkové ozáření pracovníků se hodnotí pomocí efektivní dávky E (mSv) pro výše uvedené expoziční cesty:

$$E = E_{\text{ext}} + E_{\text{int,Rn}} + E_{\text{int, dl.alfa}}$$

E_{ext} = dávkový ekvivalent z ozáření vnějším zářením gama, důsledek zbytkové kontaminace v uloženém odvalovém materiálu;

$E_{\text{int,Rn}}$ = efektivní dávka z inhalace radonu;

$E_{\text{int, dl.alfa}}$ = efektivní dávka z inhalace prachu s obsahem radionuklidů

Následně provedeme výpočty ozáření pro obě výše uvedené skupiny, a to pro pracovníky i obyvatelstvo. K odhadu parametrů radiační ochrany budou použity následující výpočtové postupy:

- Postupy hodnocení dle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost jsou koncipovány pro ocenění ozáření obyvatelstva a životního prostředí.
- Pro hodnocení pracovního prostředí jsou v DIAMU s. p. používány převážně výsledky osobního monitorování. Náhradní postup je používán pro ocenění ozáření pracovníků v případě, kdy údaje dané osobními dozimetry nejsou dostupné a to je i možno vztáhnout i na případ tohoto předběžného ocenění radiační zátěže, provádí se náhradní výpočet složek efektivní dávky.

Postupy hodnocení podle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost

Tyto postupy mají větší uplatnění při hodnocení běžného užívání životního prostředí. V následujícím stručně uvádím obecné postupy hodnocení dle doporučení přílohy č. 5 z roku 2003 od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

1) Příkon dávkového ekvivalentu vnějšího záření gama

Obecně se výpočet provádí následujícím postupem

$$E_{\text{gamma}} = 0,7 \cdot K \cdot (H_x - H_{xp}) \cdot 2000 + 0,7 \cdot K \cdot (H_x - H_{xp}) \cdot 6760$$

Sčítá se přes všechna místa pobytu osob, kde se zdržují osoby významnou část roku tj. venku (2000h) i uvnitř budov (6760 h).

E_{gamma} = efektivní dávka ze zevního ozáření (μSv)

0,7 = konvenční faktor pro přepočítání příkonu fotonového dávkového ekvivalentu na efektivní dávku

K = bezrozměrný stínící faktor

(K=1 venku, K=0,3 lehké budovy, K=0,1 masivní budovy)

H_x = příkon fotonového dávkového ekvivalentu – roční průměr ($\mu\text{Sv/h}$)

H_{xp} = příkon fotonového dávkového ekvivalentu odpovídající přírodnímu pozadí (doporučený průměr ČR – 0,14 $\mu\text{Sv/h}$.)

2) Úvazek efektivní dávky z vnitřní kontaminace

a) Úvazek efektivní dávky inhalací Rn a produktů jeho přeměny

Obecně se výpočet provádí následujícím postupem

$$E_{Rn} = k \cdot (a_{EOAR} - a_{EOAR,0}) \cdot 2000 + k \cdot (a_{EOAR} - a_{EOAR,0}) \cdot 6760$$

E_{Rn} = efektivní dávka od radonu a jeho produktů přeměny

a_{EOAR} = ekvivalentní objemová aktivita Rn

$a_{EOAR,0}$ = ekvivalentní objemová aktivita pozadí, uzančně průměr ČR 5 $\text{Bq}\cdot\text{m}^3$

k = je obecný koeficient přepočtu objemové aktivity radonu na efektivní dávku pro obyvatelstvo ($k = 6 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Doby pobytu použity stejné jako v předchozím bodě

b) Úvazek efektivní dávky inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů uran - radiové řady emitujících záření alfa

Obecně je tento postup hodnocení formulován takto:

$$E_{\text{inh, dl.alfa}} = K \cdot h_{\text{inh,R}} (a_{\text{dl,alfa}} - a_{\text{dl,alfa},0}) \cdot 2000 \cdot V_{\text{inh}} + K \cdot h_{\text{inh,R}} (a_{\text{dl,alfa}} - a_{\text{dl,alfa},0}) \cdot 6760 \cdot V_{\text{inh}}$$

V_{inh}

$E_{\text{inh, dl.alfa}}$ = úvazek efektivní dávky z inhalace směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa (Sv)

$h_{inh,r}$ = konverzní faktor pro přepočítání příjmu inhalací na efektivní dávku (Sv/Bq)

$a_{dl,alfa}$ = objemová aktivita směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa v ovzduší (Bq.m⁻³)

$a_{dl,alfa,0}$ = objemová aktivita směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa v ovzduší, požadovaná hodnota (Bq.m⁻³)

V_{inh} = množství vdechnutého vzduchu za hodinu, doporučená hodnota 0,84 m³/h pro dospělého jedince

K = bezrozměrný faktor zohledňující snížení venkovní koncentrace prachu a aerosolů v důsledku infiltrace do budov (doporučené hodnoty venku = 1, v budovách = 0,5)

Doby pobytu použity stejné jako v předchozím bodě.

c) *Úvazek efektivní dávky E_{ing} z ingesce vody a potravin*

V hodnoceném případě nepřichází v úvahu použití následujících postupu. Je uveden pro úplnost výkladu postupu hodnocení. Záměr neovlivní potravinový řetězec. Úvazek efektivní dávky E_{ing} z ingesce vody a potravin kontaminovaných přírodními radionuklidy, kterou obdrží referenční osoba se určí obecně ze vztahu

$$E_{ing} = \Sigma (p \cdot U \cdot \Sigma (C_r - C_r^p) \cdot h_{ing,r})$$

(Sčítá se přes všechny posuzované radionuklidy a přes tzv. potravinový koš konkrétní posuzované skupiny osob).

E_{ing} = úvazek efektivní dávky (Sv)

P = podíl příjmu vody nebo potravin z lokálního zdroje na ročním příjmu (místně specifická hodnota, doporučené hodnoty: voda $p= 1$; potraviny $p = 0,25$)

U = roční příjem vody (l) nebo potraviny (kg)

C_r = objemová aktivita radionuklidu r ve vodě (Bq/l) nebo hmotnostní aktivita radionuklidu r v jednotlivém druhu potraviny (Bq/kg)

C_r^p = požadovaná objemová aktivita radionuklidu r ve vodě (Bq/l) nebo požadovaná hmotnostní aktivita radionuklidu r v jednotlivém druhu potraviny (Bq/kg)

$h_{\text{ing,r}}$ = konverzní faktor pro přepočítání příjmu radionuklidu požitím na úvazek efektivní dávky pro referenční osobu (Sv /Bq)

V lokalitách kde nejsou známa data podrobněji a lépe popisující danou situaci je používán postup odpovídající vyhlášce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č.307/2002 Sb., § 74 odst.3) – předpokládá se ingesce pouze požitím vody. Použita byla modifikace uvedená v doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost z roku 2003, příloha č. V, odstavec c), bod 1 (ingesce vody):

- podíl z lokálního zdroje na celkovém příjmu $p = 1$; spotřeba $U = 440$ l/ rok
- konverzní faktor pro příjem U^{238} ingescí $= 4,5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
- konverzní faktor pro příjem Ra^{226} ingescí $= 2,8 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq
- koeficient pro přepočítání U_{nat} z mg/l na Bq/l $= 25,1$ Bq/l ($= 1$ mg/l)

Tímto postupem lze odvodit, že u dospělého jedince:

- koncentraci U ve vodě $= 1$ mg/l – odpovídá úvazek ef. dávky $E_{\text{ing}} = 497$ μ Sv/rok
- objemové aktivitě Ra^{226} ve vodě $= 1$ Bq/l – odpovídá úvazek ef. dávky $E_{\text{ing}} = 123,2$ μ Sv/rok.

6.5 Odhad radiační zátěže pracovníků zaměstnaných při těžbě odvalu šachty č. 9 a šachty č. 11.

Pro hodnocení ozáření pracovníků je jedním ze základních údajů pro výpočet doba expozice. Zde v souladu s předchozími údaji použijeme standardně doby uvedené již dříve. Předpokládaný rozsah potřebné pracovní doby – 1000 hodin za rok (100 směn po 10 hodinách). Běžně se podle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost počítá 2000 h/rok. V každém výpočtovém kroku bude prováděna korekce na přírodní pozadí, buď s použitím známých hodnot, nebo průměrných doporučovaných Státním úřadem pro jadernou bezpečnost.

6.5.1 Příkon dávkového ekvivalentu vnějšího záření gama

Souhrnné výsledky měření dávkového příkonu záření gama na odvalech šachty č. 9 a šachty č. 11.

průměrná hodnota $0,36 \pm 0,17 \mu\text{Gy/h}$

maximální hodnota $1,31 \mu\text{Gy/h}$

Nejfrekventovanější hodnoty dávkového příkonu na plochách kde bude prováděna těžba (konzervativní odhad) nepřekročí (průměr + směrodatná odchylka) $0,53 \mu\text{Gy/h}$. V této hodnotě jsou zahrnuty i vyšší hodnoty naměřené na některých plochách:

$$E_{\text{gama}} = 0,7 \cdot K \cdot (H_x - H_{\text{xp}}) \cdot 1000$$

Ve vzorci není uvažován druhý člen z rovnice, ten se objevuje ve výpočtu při užívání životního prostředí (bydlení). Zde hodnotíme možnou pracovní expozici a to pouze z pracovní činnosti. Proto je prováděna korekce na přírodní pozadí. Pozadí lokality – hodnota $0,14 \mu\text{Gy/h}$ uváděná v doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Koeficient $K = 1$ – neuvažujeme práci v objektech, pracovat se bude výhradně venku. Určité opodstatnění by mohlo mít použití koeficientu $K = 0,3$ pro osoby pracující v kabinách zemních strojů (lehké stínění). Z hlediska zachování nezbytného konzervatismu odhadu bude použita hodnota $K = 1$.

Pro pracovníka, který bude pracovat celých 1000 h v prostoru odvalu je pak příspěvek k efekt. dávce $E_{\text{gama}} = 0,154 \pm 0,119 \text{ mSv}$.

Hranice konzervativního odhadu (s použitím hodnoty $0,53 \mu\text{Gy/h}$) je

$$E_{\text{gama}} = 0,273 \text{ mSv / rok.}$$

Náhradní postup DIAMO s. p., po korekci na přírodní pozadí, vede k poněkud vyšším hodnotám, protože ve vzorci je použita jiná hodnota konvenčního faktoru pro přepočet příkonu fotonového dávkového ekvivalentu na efektivní dávku (1,0).

Výsledky tímto postupem při 1000 h na pracovišti:

průměr..... $E_{\text{gama}} = 0,22 \text{ mSv/ rok}$

konzervativní odhad..... $E_{\text{gama}} = 0,39 \text{ mSv/ rok}$

6.5.2 Úvazek efektivní dávky z vnitřní kontaminace

a) Úvazek efektivní dávky inhalací Rn a produktů jeho přeměny

Jak bylo ukázáno emise v radonu související se záměrem je nevýznamná.

Krátké shrnutí:

Odhad celkové emise radonu z odvalu v současném stavu:

Plošný zdroj – 0,122 MBq/s. Uvolňování radonu z těženeho materiálu ji zvýší nejvýš na 0,124 MBq/s tj. o cca 1,5 %. To je hluboko v mezích kolísání faktorů ovlivňujících exhalaci Rn z odvalu (klimatické faktory).

Liniové zdroje představují nejvýš 275 Bq/s – proti plošnému zdroji bezvýznamné.

Zjištěné zvýšení emise radonu z odvalu prakticky neovlivní současnou emisi z odvalu, natož pak v celé oblasti.

Pro srovnání:

Pro běžné půdy v okolí lze odhadnout konzervativně emisi z půdy na $0,03 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (půdy hlinité) až $0,7 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (půdy hlinitopísčité). To jsou hodnoty buď na úrovni emise běžných nekontaminovaných půd nebo nejvýše na úrovni emise doporučované na mezinárodní úrovni jako směrná hodnota pro emisi sanovaných ploch po těžbě resp. úpravě uranových rud ($0,7 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Na $10\,000 \text{ m}^2$ plochy půdy v okolí lze pak odhadnout emisi radonu v rozsahu $3 \cdot 10^2 - 7 \cdot 10^3 \text{ Bq/s}$ (odtěžovaná plocha nejvýše 2 ha).

Celková emise radonu srovnatelná s odvalem je potom záležitostí pouhých 18 až 413 ha půdy v okolí.

V každém případě lze těmito fakty potvrdit konstatování, že realizace záměru představuje nevýznamný zdroj emise radonu do okolí, který v podstatě neovlivní celkovou emisi radonu v oblasti (bilanci emisí) a tedy ani imisní situaci v regionu.

Plocha odvalu tvoří terénní vyvýšeninu, jsou zde dobré rozptylové podmínky. Je zde reálný předpoklad, že průměrné hodnoty EOAR se nebudou odlišovat od hodnot okolí tj. přírodního pozadí. Tato situace je měřením potvrzena na řadě lokalit DIAMO s. p.

Potom považujeme situaci pro pracovníky zaměstnané při těžbě za poměrně jednoduchou. Práce budou prováděny na venkovním ovzduší. Příspěvek k celkové efektivní dávce od inhalace Rn uvolněného při realizaci záměru:

$$E_{Rn} = 0 \text{ mSv}$$

Tento přístup potvrzují i údaje o měření KLE na otevřených pracovištích z monitoringu DIAMO s. p., o. z. SUL, kde se nacházejí většinou hodnoty na úrovni

meze citlivosti metody $< 0,16 \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$. Pokud budeme předpokládat, že tato situace bude i na odvale při realizaci záměru pak při hodnocení postupem DIAMO s. p. je efektivní dávka E_{LE} daná příjmem latentní energie při práci v délce 1000 h/rok: $E_{LE} = 0,19 \text{ mSv/rok}$.

Vzhledem ke zkušenostem i z jiných lokalit považujeme tento údaj za reálnou hodnotu odhadu možné efektivní dávky od radonu resp. produktů jeho přeměny.

b) Úvazek efektivní dávky inhalací směsi dlouhodobých radionuklidů uran – radiové řady emitujících záření alfa

Opět je možno použít několik modelů expozice pro odhad ozáření touto expoziční cestou. Z monitoringu DIAMO s. p., o. z. SUL vyplývá, že na povrchových pracovištích se hodnoty objemové aktivity směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa pohybují nejčastěji na hranici citlivosti metody – podle druhu použité aparatury a zvolených podmínek odběru vzorků $0,05$ až $0,2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Příslušná maximální hodnota efektivní dávky E_S daná příjmem směsi dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady je podle postupu DIAMO s. p.:

při 1000 h na pracovišti za rok $E_S = 0,55 \text{ mSv/rok}$ ($0,05 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

resp. $E_S = 2,22 \text{ mSv/rok}$ ($0,2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) za rok

Protože není provedena korekce na pozadí je opět spíše ve významu horní hranice odhadu. Ozáření spojené s činností na odvalu tj. spojené s pracovní činností by mohlo být spíše nižší.

Jiná možnost ocenění možného ozáření vychází z reálného odhadu prašnosti na pracovišti. Na nově začínajících pracovištích jsou k dispozici spíše údaje o prašnosti než o aktivitě směsi dlouhodobých radionuklidů uran-radiové řady emitujících záření alfa v ovzduší. Z řady výsledků monitorování prašnosti při prováděných zemních pracích v rámci DIAMO s. p. lze odhadnout jako realistickou hodnotu celkové prašnosti v kabinách mechanismů $1,0 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Z výsledků monitoringu TÚU na odkališti ve Stráži pod Ralskem jsou ještě známy hodnoty respirabilní frakce prachu při podobných činnostech do $0,3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Při alternativním odhadu by se postupovalo následujícím způsobem:

Podle doporučení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost vdechne dospělý člověk 0,84 m³ vzduchu za 1 hod. Při průměrné prašnosti na pracovišti 1,0 mg.m⁻³ je kumulovaná dávka prachu za rok:

1000 h na pracovišti za rok..... 0,840 g

2000 h na pracovišti za rok..... 1,680 g

Příjem směsi radionuklidů uran-radiové rozpadové řady spojený s inhalací prachu na pracovišti lze odhadnout následujícím způsobem.

Obecně je přijat předpoklad, že odvaly po těžbě uranu na Příbramsku obsahují cca 0,005% zbytkového obsahu uranové mineralizace.

Poznámka: Tento údaj byl v podstatě potvrzen při měření provedeném v rámci diplomové práce – R. Košťál „Radiometrické charakteristiky, homogenita a distribuce radioaktivních komponent v odvalovém materiálu šachty č. 16 v Příbrami Hájích“ (Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2005). Byly nalezeny obsahy nejčastěji 30 – 50 ppm eU.

Jiný postup podložený měřeními na lokalitě vychází z průměrné hodnoty dávkového příkonu na odvale šachty č. 9 - 0,36 μGy/h, resp. konzervativně odhadnuté horní hranice (průměr + směrodatná odchylka) 0,53 μGy/h. Na základě těchto údajů lze odhadnout průměrný obsah Ra²²⁶ resp. přírodního uranu v materiálech, s nimiž bude při těžbě manipulováno a které budou zdrojem prašnosti. Z literatury je známa řada rovnic umožňujících takový odhad provést.

Nejjednodušší je použití Schmidtovy rovnice používané pracovníky Wismut GmbH a kterou také převzali pracovníci o. z. SUL:

$$H_x \text{ (nSv/h)} = 525 \cdot A_{\text{Ra}226} \text{ (Bq/g)} + 86$$

Průměrná hmotnostní aktivita Ra²²⁶ tímto postupem vychází cca 520 Bq/kg. Konzervativně odhadnutá horní hranice nejpravděpodobnějších hodnot je okolo 850 Bq/kg.

Za předpokladu úplné radioaktivní rovnováhy lze pak odvodit, že průměrný obsah uranu v materiálech, s nimiž bude nakládáno je cca 42,3 mg/kg. Po korekci na přírodní pozadí (-50 Bq/kg) průměrná kontaminace pocházející z těžební činnosti 38,2 mg/kg.

Konzervativně odhadnutá horní hranice nejpravděpodobnějších hodnot vede pak obdobně k obsahům 69,1 mg/kg resp. 65,0 mg/kg.

Z výše uvedeného pak vyplývá odhad příjmu uranu vdechnutím a souvisejícího úvazku efektivní dávky uvedený v následující tabulce. Budeme přitom vycházet z obsahů uranu korigovaných na přírodní pozadí - zvýšení spojené s realizací záměru – 38,2 mg/kg resp. 65,0 mg/kg.

S použitím předpokladu o radioaktivní rovnováze v uran radiové rozpadové řadě a s použitím úplné inventury radionuklidů lze odvodit konverzní faktor pro příjem uranu inhalací. Úvazek efektivní dávky spojený s příjmem 1 μg uranu inhalací je 2,443 μSv (viz dále). Vycházíme přitom z toho, že 1 mg uranu je 12,3 Bq U²³⁸, U²³⁴ a 0,55 Bq U²³⁵:

Tabulka č. 1 - Odhad inhalovaného množství prachu (interní materiály firmy DIAMO s. p.)

počet odpracovaných hodin za rok	1000		2000	
inhalované množství prachu (g/rok)	0,840		1,680	
obsah uranu v μg/g	38,2	65,0	38,2	65,0
inhalované množství uranu (μg/rok)	32,088	54,6	64,176	109,2
odpovídající úvazek efektivní dávky (μSv/rok)	78,39	133,39	156,78	266,78
odpovídající úvazek efektivní dávky (mSv/rok)	0,078	0,133	0,157	0,267

Úplná inventura radionuklidů by měla poskytnout tento přibližný obraz za předpokladu úplné radioaktivní rovnováhy:

Tabulka č. 2 – Odhad radioaktivní rovnováhy (interní materiály firmy DIAMO s. p.)

Radionuklid	Bq odpovídající 1 µg uranu v prachu	konverzní faktor k_{inh} – pro dospělé	efektivní dávka v Sv
řada 4n+2			
U ²³⁸	0,0123	0,000008	9,84E-08
Th ²³⁴	0,0123	7,70E-09	9,471E-11
Pa ²³⁴	0,0123	4,00E-10	4,92E-12
U ²³⁴	0,0123	9,4E-06	1,1562E-07
Th ²³⁰ (Io)	0,0123	0,0001	0,00000123
Ra ²²⁶	0,0123	9,5E-06	1,17E-07
Pb ²¹⁰	0,0123	5,6E-06	6,89E-08
Bi ²¹⁰	0,0123	9,3E-08	1,14E-09
Po ²¹⁰	0,0123	4,3E-06	5,29E-08
Celkem			2,33562E-06
řada 4n+3			
U ²³⁵	0,00055	8,5E-06	4,675E-09
Th ²³¹	0,00055	3,30E-10	1,815E-13
Pa ²³¹	0,00055	0,000034	1,87E-08
Ac ²²⁷	0,00055	0,000072	3,96E-08
Th ²²⁷	0,00055	0,00001	5,5E-09
Ra ²²³	0,0045	8,7E-06	3,915E-08
Celkem			1,07625E-07
Celkem			2,44324E-06

Předložené způsoby odhadu poskytují srovnatelné údaje. Pro odhad celkové efektivní dávky pro pracovníky při těžbě na odvale šachty č. 9 jsou do následujícího přehledu zahrnuty maximální odhadované hodnoty:

Tabulka č. 3 – Odhad efektivní dávky pro pracovníky (interní materiály firmy DIAMO s. p.)

Předpokl. Doba expoziční (h/rok)		Efektivní dávka (mSv)			
		zevní záření E_{gamma}	Vnitřní ozáření inhalací		Celkem
			Radonu E_{Rn}	Směsí dlouhodobých radionuklidů $E_{\text{int, dl.alfa}}$	
1000	průměrné údaje	0,22	0,19	0,55	0,96
	konzervativní odhad	0,39		2,22	2,80
2000	průměrné údaje	0,44	0,38	1,11	1,93
	konzervativní odhad	0,78		4,44	5,60

Lze tedy odhadnout, že u pracovníka, který bude zaměstnán na těžbě na odvalu po celou dobu plánovanou pro realizaci záměru by celková efektivní dávka v podstatě neměla za běžných podmínek přesáhnout 3 mSv tj. cca 15% z limitní hodnoty pro současné zevní a vnitřní ozáření 20 mSv (podle vyhlášky č. 307/2002 Sb., § 22, odst. 3). Uvedené odhady jsou v celkem dobrém souladu s průměrnými

údaji o hodnocení reálných pracovních expozic pracovníků Ecoinvestu Příbram, s.r.o. ve stávajícím provozu zpracovávajícím surovinu z odvalu šachty č. 16.

Reálné údaje z hodnocení pracovních expozic u pracovníků Ecoinvestu Příbram, s.r.o., kteří zajišťují těžbu a zpracování suroviny z odvalu šachty č. 16 a pohybují se v dosud nesanovaném prostředí areálu bývalé úpravny uranové rudy jsou následující:

Tabulka č. 4 – Efektivní dávka pracovníků na šachtě č. 16 (interní materiály firmy DIAMO s. p.)

Rok	Efektivní dávka (mSv/ rok)	
	průměr	Max.
1997	11,55	19,6
1998	3,11	5,07
1999	3,61	9,14
2000	4,18	6,19
2001	4,02	8,79
2002	4,46	7,79
2003	4,30	9,62
2004	3,37	13,20
2005	3,09	5,21

Hodnoceny jsou 3 expoziční cesty - zevní ozáření

- inhalace prašnosti s obsahem přírodních radionuklidů
- expozice radonu

V podstatě se všechny tyto 3 expoziční cesty podílejí na výsledcích stejným dílem tj. cca 1/3. V posledním období se zvyšuje podíl inhalace přírodních radionuklidů obsažených v prašnosti. Je reálný předpoklad, že u pracovníků při těžbě na odvalu šachty č. 9 tyto hodnoty nebudou vyšší. Při souhrnném hodnocení expozice za 5 let jsou nejfrekventovanější hodnoty pro pracovníky na úrovni 15 – 20 mSv/5 let (max. hodnota 35,87 mSv/5 let).

Podle vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně je limit pro pracovníky v riziku ionizujícího záření definován jako hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních let pro součet efektivních dávek ze zevního záření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření.

Naznačené konzervativní hodnocení respektuje předvídatelné odchylky od běžného provozu (zhoršení expozičních podmínek, prodloužení doby práce apod.). Ani za těchto předvídatelných odchylek by nepřekročilo možné ozáření pracovníků 3,5 mSv/rok. Nedošlo by tedy k překročení 3/10 limitů pro radiační ochranu což je podle § 30 Vyhlášky č. 307/2002 Sb. důvodem pro vyhlášení kontrolovaného pásma. To se vymezuje všude tam, kde se očekává, že za běžného provozu nebo předvídatelných odchylek od běžného provozu by ozáření mohlo překročit tři desetiny limitů pro radiační ochranu. Při realizaci záměru tedy nebude nutné k tomuto režimu přistoupit.

Nehrozí zde tedy překročení limitů pro radiační pracovníky dle § 20 této vyhlášky. Vzhledem ke konzervativnímu přístupu k odhadům dílčích hodnot je odůvodněný předpoklad, že skutečně dosahované hodnoty budou nižší.

7 DISKUZE

Jak je v práci uvedeno, uran se na Příbramsku těžil od konce padesátých let, až do začátku tohoto tisíciletí. Během těžby došlo k velkému rozvoji technologií, kdy vozíky s hlušinami byly posílány na povrch, kde probíhala jejich kontrola, zda se zde nenachází zbytky uranu.

Při rozhovoru s bývalými zaměstnanci tzv. „uraňáky“ mi bylo sděleno, že v počátku těžby nebyla kontrola tak důsledná, jako tomu bylo o mnoho let později. Při zmínce, že dojde k rozebrání těchto uranových hald neboli hlušin, bylo bývalými zaměstnanci řečeno, že se domnívají, že zde nejde jen o to, aby hlušiny byly rozdrceny a použity např. jako základ pod silnice, ale aby došlo k odebrání zbývajícího uranu, co se v hlušinách nachází. Proto probíhaly různé průzkumy na haldách, zda se skutečně z finančního hlediska vyplatí tyto hlušiny rozebrat. Na otázku, jak se skutečně uran těžil, mi bylo „uraňáky“ sděleno, že když se narazilo na „uranovou žílu“, po které se tzv. šlo, tak jen dokud tato žíla neměla minimální průměr cca. 2 cm a poté se přestalo.

Při rozhovoru s bývalými pracovníky, kteří jsou již dnes vesměs v důchodu, mi bylo sděleno, že předpokládají, že uran - jeho ruda se skutečně v hlušinách nachází a to ve spodní části haldy, když se začalo těžit. Poté se technologie na kontrolu odpadového materiálu, kterého bývalo víc než 99,5%, mnohokrát zlepšila a vozíky byly znovu kontrolovány, když zařízení na kontrolu spustilo alarm. Ale na druhou stranu, se stávalo, že toto zařízení bylo i 2 nebo 3 dny mimo provoz a kontrola nebyla prováděna, dokud nedošlo k opravě. Toto tvrzení se nedá dokázat, neboť k němu nebyly nalezeny žádné podklady. Je otázkou, zda skutečně papírové záznamy existují nebo zda byly již dávno zničeny, neboť svědectví od bývalých zaměstnanců lze považovat za důvěryhodné.

Další otázka, která byla vyslovena, zněla, proč na uranových šachtách pracovali, když se zde nacházely i jiné šachty, např. uhelná. Jednoduchá otázka, jednoduchá odpověď. Dřív se o škodlivosti této rudy vědělo, ale nepřikládalo se k nim velký význam, neboť o pracovníky bylo skvěle postaráno. Lékařská péče, která jim byla věnována, neměla za bývalého režimu obdoby. V Příbrami měli své zdravotní středisko tzv. ZÚNZ – zdravotní ústav národního zdraví, kde byli zaměstnáni

vynikající lékaři, každý rok měli zaměstnanci nařízeny lázně, delší dovolená a prioritou bylo finanční ohodnocení. Před rokem 1989, kdy průměrný plat činil okolo 2.000,-Kč až 2.500,-Kč si zaměstnanci vydělávali 12.000,-Kč až 20.000,-Kč a v některých případech i více. Proto se škodlivost zas tak moc neřešila.

Dále bylo zjištěno, že téměř všechna vytěžená uranová ruda byla odvážena do bývalého Sovětského svazu, ale opět se nepodařilo zjistit, zda existují záznamy, kam bylo odvozeno necelých 50.000 tun uranu. Dle mého názoru, se bude jednat o utajené informace, nebo záznamy skutečně již neexistují.

8 ZÁVĚR

Téma bakalářské práce „*Radiace na Příbramsku kolem hlušin z uranových dolů, kontaminace a zpracování hlušin v současné době*“ jsem si vybrala záměrně, neboť část mé rodiny zde byla zaměstnána a sama žije v Příbrami. Hlušiny neboli haldy jak se jim na Příbramsku říká, obklopují Příbram z 50%. Za úvahu stojí, až dojde k zpracování těchto hlušin a bude odkryta uranová ruda, zda dojde k výraznému záření a obyvatelé žijící v okolí, budou vystaveny tomuto záření, nebo zda skutečně se zde nachází pouze vytěžený odpad, který je popsán v této práci.

Cílem této bakalářské práce je zaměření na zpracování hlušin – hald, které vznikly při těžbě uranu na příbramských šachtách č. 9 a č. 11 a jak tyto hlušiny ovlivňují zdraví obyvatel a zaměstnanců při jejich zpracování. V práci jsme seznámeni s historií vzniku jednotlivých šachet, procesu zpracování, využití a dopadu na životní prostředí včetně zdraví obyvatel a zaměstnanců. V práci je skutečně popsána historie těžby, jakým způsobem firma DIAMO s. p. bude likvidovat uvedené hlušiny a následná asanace okolí po jejich odtěžení. Taktéž je v práci popsáno, jakým způsobem budou pracovníci firmy DIAMO s. p. a firmy Ecoinvest Příbram, s.r.o. kontrolováni v rámci bezpečnosti ochrany a zdraví při práci, a zda skutečně budou vybaveni potřebnými obleky a dozimetry. Jsou zde uvedeny naměřené hodnoty v rámci výzkumu a doporučené hodnoty Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Ze všech provedených měření lze konstatovat, že obyvatelům žijícím v okolí a zaměstnancům nevznikne žádná újma na zdraví. Taktéž asanace po odtěžení je popsána.

Tímto lze říci, že cíl práce byl skutečně naplněn a doplněn o diskuzi se skutečnými bývalými zaměstnanci z šachty č. 9 a šachty č. 11.

Pouze čas ukáže, zda likvidace a zpracování těchto hlušin byl správný krok, nebo zda zbytky uranové rudy měly zůstat ležet pod nánosem miliónu tun odpadového materiálu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

1. **Bambas, J., 1990:** Březohorský důlní revír. Reprografické středisko VZ, o. z. Kamenná.
2. **Diehl, P., 1995:** WISE News Communiqué.
3. **Grmela, A. a kol. 2012:** Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací ČR. Montanex, Liberec.
4. **Kafka, J. a kol.:2003:** Rudné a uranové hornictví České republiky. Anagram, Ostrava.
5. **Kubínová, Š., 2007:** Kontaminace povrchových vod výluhy z odvalů. Maturitní práce, SPŠ a VOŠ Příbram, katedra geologie.
6. **Lepka, F., 2003:** Český uran, 1945-2002. Knihy 555, Liberec.
7. **Michálek, B. a kol. 2004:** Problematika uzavírání a likvidace uranových dolů v České republice. Uhlí – rudy – geologický průzkum, č. 4: str. 3-9.
8. **Nováčková, Z. a Šimůnek, M.,** Voda v báňském průmyslu Příbramska. Symposium Hornická Příbram ve vědě a technice, Ústřední výbor ČVTD hornické, Zbraslav nad Vltavou.
9. **Pařízek, J.,2011:** Uran-strytá energie. Minerální suroviny, č. 2, str. 28-32.
10. **Smetana, J., 2006:** Vlivy na veřejné zdraví, problematika radiační zátěže.
11. **Veselý, P. a kol., 2001:** Historie a současnost těžby uranu. Bezpečnost jaderné energie, č.3-4, str.72-78.
12. **interní materiály firmy DIAMO s. p.** – práce a výzkumy, které si firma nechala vypracovat před samotnou likvidací hlušin.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

1. www.diamo.cz
2. www.ecoinvest.cz