

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta

Katedra biologie a environmentálních studií

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv těžby uranu na životní prostředí v oblasti Žďáru nad Sázavou

Influence of Uranium Mining on the Environment of the Žďár nad Sázavou Region

Alžběta Bártová

Vedoucí práce: doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice (B7507)

Studijní obor: Biologie, geologie a environmentalistika se zaměřením na vzdělávání — Výchova ke zdraví se zaměřením na vzdělávání

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Vliv těžby uranu na životní prostředí v oblasti Žďáru nad Sázavou potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha, 13. července 2018

Děkuji vedoucímu práce doc. RNDr. Vasilisu Teodoridisovi, Ph.D za poskytnutí odborné pomoci. Dále děkuji Ing. Pavlu Koscielniakovi a Ing. Jiřímu Vášovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytli v průběhu tvorby práce.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku těžby uranové rudy a jejího vlivu na životní prostředí v oblasti Dolní Rožínky. První část práce shrnuje poznatky o uranu z mineralogického a geologického hlediska, geologicky vymezuje zkoumanou oblast a charakterizuje uranové ložisko Rožná. Je zde popsána také historie těžby uranu a stručný technologický postup zpracování vytěžené uranové rudy v podniku DIAMO, resp. GEAM Dolní Rožínka. Dále jsou popsány specifické aspekty provozu odkaliště a sanační a rekultivační činnosti v těžbou porušené krajině širšího okolí Dolní Rožínky. Druhá část práce je věnována vlivu těžby uranové rudy na jednotlivé složky životního prostředí včetně nebezpečí úniku radionuklidů do okolí s důrazem na znečištění vod, ovzduší, půdy a změnu krajiny a druhové skladby ekosystémů. V neposlední řadě má vliv těžby uranu i na zdraví horníků, zaměstnanců chemické úpravny a také na obyvatele nejbližších obcí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

uran, těžba, rekultivace krajiny, životní prostředí, Dolní Rožínka, výuka, základní škola

## **ABSTRACT**

The main aim of this bachelor thesis is mining of uranium ore and its impact on the environment of the Dolní Rožínka area. The first part is focused on a knowledge summary of mineralogical and geological overview, which limits are examined area and characterises uranium bearings in Rožná. It is dealt also with the history of uranium mining and over a brief technological activities in processing of the raw uranium under responsible company of DIAMO, represented by the GEAM Dolní Rožínka. Furthermore some specific aspects of activities are described in a relation to rehabilitation and recultivational measures in affected area of Dolní Rožínka. Second part is dealt to individual aspects of negative impact on environment and the risk some radionuclides escaping into surrounded nature, especially a local waters, the air and the soil and ganges within surroundings with secondary formation of ecosystems. This is a demonstrative that meaning of uranium has an impact on health miners and employees of chemical department as well as locals. The last part of thesis presents the possibilities of implementation of the studied topic in Primary School education.

## **KEYWORDS**

Uranium, mining, landscape recultivation, environment, teaching, primary school

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Lokalizace studované oblasti .....	9
2.1	Dolní Rožínka.....	9
2.2	Rožná.....	10
2.3	Ložisko Rožná - Rozsochy.....	11
2.4	Další nerostné bohatství v regionu Bystřicka .....	12
3	Uran.....	13
3.1	Charakteristika uranu .....	13
3.2	Historie „uranu“ .....	14
3.2.1	Objevení uranu .....	14
3.2.2	Historie těžby uranu v lokalitě Dolní Rožínka(dle Kříže, 2017).....	15
3.2.3	Průzkumné práce.....	17
3.2.4	Ložisko Rožná – historie těžby .....	18
3.2.5	Dobývací metody(více viz Dobiášová, 1987).....	22
4	Chemická úprava vytěžené uranové rudy.....	24
4.1	Počátky .....	24
4.2	Technologie chemické úpravy uranové rudy .....	25
5	Odkaliště.....	28
5.1	Odkaliště K 1 .....	28
5.2	Odkaliště K 2.....	30
5.3	Sanace odkališť(Veselý, 2018 osobní sdělení) .....	32
5.4	Technologie čištění odkalištních vod (DIAMO, s. p., 2018).....	34

5.5	Technicko-bezpečnostní dohled na vodních dílech.....	35
6	Vliv těžby uranu na stav složek životního prostředí v lokalitě Rožná .....	36
6.1	Vodstvo .....	36
6.1.1	Čištění vod.....	37
6.1.2	Nakládání s vodami .....	38
6.1.3	Vypouštění dekontaminovaných vod .....	40
6.1.4	Poslední činnosti na úseku s vodami.....	41
6.2	Ovzduší .....	41
6.2.1	Uvolňování radionuklidů .....	42
6.2.2	Osobní monitorování .....	45
6.2.3	Zdravotní rizika .....	49
6.2.4	Zdroje znečišťování ovzduší .....	51
6.2.5	Emisní a imisní limity .....	54
6.3	Vlivy na půdu.....	55
6.4	Živočichové a rostliny .....	56
6.5	Uložení vyhořelého jaderného paliva .....	58
6.6	Celkový vliv sanační a rekultivační činnosti v oblasti Rožná .....	59
7	. Využití problematiky těžby uranu v systému vzdělávání .....	61
7.1	Problematika těžby uranu na 1. stupni ZŠ.....	62
7.2	Problematika těžby uranu na 2. stupni ZŠ.....	63
7.2.1	Využití tématu v přírodopise a zeměpise .....	63
7.2.2	Využití tématu v chemii.....	65
7.2.3	Využití tématu ve fyzice .....	65
7.2.4	Využití tématu ve výchově ke zdraví.....	66
7.2.5	Využití tématu v českém jazyce .....	66

7.3	Environmentální výchova .....	66
8	Závěr.....	68
9	Použitá literatura .....	69
10	Seznam příloh .....	72



# 1 Úvod

Cílem práce je tvorba rešerše poznatků o uranu, jeho těžbě, zpracování a především vlivu těžby uranu na životní prostředí v lokalitě Dolní Rožínka. Tato práce obsahuje také náměty, jak uvést problematiku těžby uranu do výuky na základních školách zejména v oblastech zasažených těžbou.

Uranové hornictví se v České republice začalo rozvíjet zhruba v polovině 19. stol. Dobývaná uranová ruda se stala významnou surovinou hned z několika důvodů. Původně byl uran používán na barvení skla. Toto využití bylo záhy nahrazeno výrobou zbraní, neboť situace v období druhé světové války, se k tomu nabízela. I když tento aspekt po válce vymizel, stále existují země, které používají uran k výrobě jaderných zbraní. Hlavní účel získávání uranu v dnešní době je jeho využitelnost jako paliva, respektive zdroj energie pro jaderné elektrárny. Zahájení těžby uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky na ložisku Rožná začalo na konci padesátých let minulého století. V této době se na území začala postupně formovat hornická profese a s vybudováním závodu chemické úpravy na konci šedesátých let také profese úpravárenská. V souvislosti s hornickou činností došlo na území Dolní Rožínky i v jejím okolí k velkému regionálnímu rozvoji. Tyto události měly pozitivní dopad zejména na infrastrukturu Vysočiny. Pro 90. léta 20. století je charakteristický útlum těžby uranu, který vedl k ukončení těžby na všech lokalitách v ČR, kromě ložiska Rožná. Zde byla zachována těžba v rámci útlumového programu a k ukončení komerční těžby došlo na základě usnesení vlády č. 50 ze dne 25. ledna 2016.

Negativní dopady těžby uranu na krajinu a životní prostředí jsou faktem, který s těžbou úzce souvisí. Po uzavření posledního dolu v lokalitě Rožná, pokračuje činnost závodu sanačními a rekultivačními pracemi, které byly započaty už během období útlumu těžby uranové rudy. Jejich cílem je přiblížit krajinu co nejvíce k jejímu původnímu stavu. To je úkol, který bude trvat ještě několik desítek let. Významnou součástí sanačních a rekultivačních procesů je monitoring významných složek životního prostředí, který podléhá kontrole Ministerstva životního prostředí a dalších významných subjektů jako například Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost.

## 2 Lokalizace studované oblasti

### 2.1 Dolní Rožínka

Dolní Rožínka (dříve Zámecká Rožínka) je malá obec, která leží v okrese Žďár nad Sázavou, 12 km jihozápadně od města Bystřice nad Pernštejnem. Nachází se v nadmořské výšce 502 m. V současné době žije v obci okolo 630 obyvatel (k 1. 1. 2014) a její součástí je také Horní Rozsíčka. Počátky obce sahají až do poloviny 14. století, od kterého se Dolní Rožínka pomalu a postupně vyvíjela. Velký rozvoj a radikální proměnu života v obci přinesl až nedávný rok 1956, kdy geologický průzkum objevil v oblasti Rožné a později i Olší uranovou rudu. Podnik Jáchymovské doly Trutnov byl pověřen otevřením dolu. Sídlem této firmy se stal zámek, v němž do té doby sídlila dětská ozdravovna.

Obec patřila půl století mezi hlavní průmyslové podniky okresu Žďár nad Sázavou. *„Je sice historicky ověřeno, že první kutací práce na stříbrné, olověné a měděné rudy na Bystřicku, bývalém panství pernštejnském, byly prováděny už ve 13. století, že koncem 16. století se objevují zprávy o těžbě železných rud a v 18. století o těžbě zlata, že zde v různých obdobích byl dobýván cínovec, dolomit, vápenec, mramor, tuha – avšak ani jedno z těchto období se zdaleka nemůže rovnat rozmachu těžby uranu, která výrazně ovlivnila celou oblast“* (Kolek, 1985, s. 27).

*„V roce 1958 se začalo na Dole Rožná I s dobývacími pracemi na 1. patře. Zesílila doprava, v dolech nastoupila řada nových zaměstnanců, stavěly se ubytovny typu Delta a Dubno. Posléze se začalo s výstavbou sídliště, ředitelství, závodní jídelny a areálu Závodu dopravy. Sešli se tu lidé ze všech koutů země, v obci bylo rušno a místní stanice Veřejné bezpečnosti měla napilno. Starousedlíci vnímali tuto změnu negativně. Ačkoliv hlavní příliv obyvatelstva zasáhl Dolní Rožínku, všechny těžní jámy byly mimo katastr Rožínky“* (Stará, 2016, s. 28). Od roku 1997 byl důl Rožná I jediným dolem, kde se v ČR aktivně těžil uran. V roce 2017 byla i zde těžba ukončena a důl uzavřen.

## 2.2 Rožná

Šest km na jihozápad od města Bystřice nad Pernštejnem se rozkládá v nadmořské výšce 461m obec Rožná. Obec je významná zejména tím, že na jejím katastrálním území (obr. 1) bylo v 50 letech 20. století objeveno velké rudní ložisko uranu, které zde bylo do nedávna těženo.



Obr. 1: Mapa studované oblasti okolí Dolní Rožinky (zdroj: mapy.cz).

## 2.3 Ložisko Rožná - Rozsochy

Uranové ložisko Rožná se nachází 50 km SZ od Brna, 3 km od nejbližší železniční stanice Rožná. Z geografického hlediska se rozkládá na severovýchodní části Českomoravské vrchoviny, která je tvořena Hornosvrateckou vrchovinou. Ta má ráz členité vrchoviny a v některých místech až hornatiny. Je to rozsáhlé území s vyklenutým povrchem a prořezané údolím horní Svratky a údolními jejich přítoků. Průměrná výška povrchu je 518 m n. m. Na území Moravy leží z Hornosvratecké vrchoviny převážná část podcelku Žďárské vrchy a celá Nedvědicke vrchovina. (Demek & Novák, 1992) Malou část tvoří také oblast Křižanovské a Bítešské vrchoviny. Rudní pole Rožná – Rozsochy, v němž se ložisko Rožná nachází, má tvar obdélníku, který je protažen od jihu směrem na sever (Příloha č. 1).

### Geologická charakteristika

Uranové ložisko Rožná se nachází na okraji stráženého moldanubika nedaleko jeho styku se svrateckým krystalinikem. Dle Kříže (2017) se jedná o biotit-plagioklasové ruly, amfibolity s vločkami erlanů a mramorů. Ložisko Rožná je nízkoteplotní hydrotermální ložisko s rudními tělesy, lokalizovanými v žilách a mylonitizovaných a kataklazových zónách. Rudní tělesa mají průměrnou mocnost 2,5 m, v oblasti 1. zóny až 10 m, a plochu v řádech desítek ha. Uranová mineralizace je tvořena převážně uraninitem ( $UO_2 \cdot UO_3$ ) a coffinitem ( $USiO_4$ ). V hloubkách ložiska je uranová mineralizace vázána i v silikátových sloučeninách. Celkově bylo na ložisku popsáno 27 uranových minerálů. Základními rudonosnými strukturami ložiska jsou 1. zóna, 2. zóna, 3. zóna a 4. zóna. Tyto zóny mají řadu subparalelních a zpeřených žil a odžilků (Kříž, 2017) (Příloha č. 2). Stáří uranové mineralizace bylo stanoveno na 250 – 270 mil. let, zmlazená mineralizace coffinitu má stáří 150 – 180 mil. let. (*Rudné a uranové hornictví České republiky*, 2003)

Vlastní ložiskové struktury byly dle Grmely (2012) rozděleny na základě genetické příbuznosti do devíti rudonosných systémů. Příčné pásmo rodkovských poruch a bukovská flexurní dislokace rozdělují ložisko na 3 strukturálně odlišné bloky – rozsošský blok na severu, centrální rožinecký blok a bukovský blok na jihu.

- severní úsek – Rozsochy – je tvořen především drobnými, málo mocnými nebo směrně krátkými žilami s kontrastní mineralizací. Od centrální části ložiska je oddělen rodkovskými poruchami. Rozsošský severní úsek ložiska Rožná má objem zásob uranu (dále jen U) do 5 % celkového ocenění ložiska.
- jižní úsek – Bukov – je tvořen středně velkými rudními tělesy s nízkým koeficientem zrudnění, obsahujících 15 až 20 % zásob U.
- centrální část ložiska, s objemem 75 až 85 % zásob U, je tvořena velkými rudními tělesy, lokalizovanými převážně v 1. a 4. zóně (Grmela, Babka & Hájek, 2012, s. 217).

## **2.4 Další nerostné bohatství v regionu Bystřicka**

Nerostné bohatství v tomto regionu však není omezeno jen na uranové rudy. Z historických pramenů, příp. z doložené existence opuštěných a starých důlních děl, vyplývá, že v této oblasti byly v minulosti těženy stříbrné, olověné a měděné rudy (u Štěpánova, v Koroužném, Olešničce a Horním Čepí), zlato (u Zlatkova), lepidolit (Hradisko u Rožné), magnezit (Smrček), dolomit (Dolní Rožínka) a známý nedvědický mramor v Nedvědici. Hospodářsky významná byla též těžba a zpracování železných rud (interní dokument DIAMO, s. p., 2018).

## 3 Uran

### 3.1 Charakteristika uranu

Uran je v čistém stavu lesklý stříbrobílý kov. Při jeho zahřátí se stává křehkým a zvyšuje-li se jeho teplota, zvětšuje se také jeho plasticita. V rozmělněné formě je samozápalný. Tento chemický radioaktivní prvek se v přírodě nevyskytuje v ryzí formě. Získává se z rud, jejichž je součástí. Nejdůležitější uranovou rudou je uraninit neboli smolinec. Přesněji se jedná o oxid uraničitý s příměsí thoria a radia s obsahem U až 82%. Nejčastěji vytváří výplně karbonátových žil, místy s typicky černým ledvinitým povrchem. Zvětráváním uraninitu vznikají sekundární minerály s obsahem uranu, mající zelenou, žlutou či zelenožlutou barvu. Zrudnění na ložisku je vázáno především na tektonické zlomy o horizontální délce až 10 km s mocností od několika decimetrů až do 20 metrů. Tyto poruchy jsou vyplněny drcenou okolní horninou společně s grafitem a uraninit a coffinit jsou zde nepravidelně dispergovány. Předmětem těžby jsou i zrudnění užitkové rudy metasomatického typu. Klasické ložní karbonát-uraninitové žíly byly dobývány ve svrchních partiích ložiska. Nyní jsou dobývací práce situovány v nejnižších částech dolu, pohybující se v hloubkách 1000-1200 metrů pod povrchem (Pařízek, 2011).



Obr. 2: Uraninit (smolinec) (zdroj: google.com).

## 3.2 Historie „uranu“

### 3.2.1 Objevení uranu

Uran jako prvek poprvé popsal v roce 1789 německý chemik a lékárník Martin Klaproth. Poprvé byl uran, resp. uraninit na našem území těžen v Jáchymově. Bylo to roku 1826, kdy datujeme počátky jeho těžby v jáchymovských dolech. Tenkrát se ještě používal zejména k barvení skla a glazur a do konce 19. století byl u nás uran využíván minimálně. V roce 1896 objevil francouzský fyzik Henri Becquerel, při zkoumání fluorescence uranových solí, přirozenou radioaktivitu. Manželé Curieovi později v roce 1898 z uranové rudy jáchymovského smolince dokázali získat izolací dva nové prvky polonium (Po) a radium (Ra). Poté byly uranové rudy používány pro separaci Ra (*30 let Československého uranového průmyslu*, 1975).

*„V meziválečných letech intenzivně pokračovala těžba uranových rud v Jáchymově. Československý stát převzal všechny doly do své režie (Svornost, Werner a Štola saských šlechticů), zahájil po roce 1918 jejich generální rekonstrukci a elektrifikaci a vybavil je moderním strojním zařízením. Produkce radia se šířila poptávkou, především zahraniční. Do počátku 30. let 20. století se Československo podílelo zhruba 45 % na světové produkci radia.“*(Majer, 2004, s. 208)

Rozhodující význam pro moderní použití uranu a tím i pro rozvoj jeho těžby měl objev štěpení atomového jádra uranu. *„Výzkumy světových fyziků prováděné před II. světovou válkou, v jejím průběhu i po ní, potvrdily, že uran je klíčem k vyvolání jaderné řetězové reakce sloužící buď jako prostředek ničivé síly, nebo jako zdroj nesmírného množství energie, která může nahradit ubývající zdroje klasických přírodních paliv.“* (Cimala, 1997, s. 7) Od této doby se uranová ruda stala vyhledávanou surovinou.

Na našem území se tedy s těžbou uranové rudy začalo v jáchymovské oblasti. Postupně byla objevována další uranová ložiska v Horním Slavkově, Zadním Chodově, Příbrami a také na Českomoravské vysočině v oblasti Dolní Rožínky. Tyto těžební lokality byly objeveny v 50. a 60. letech 20. století. O něco později byla nalezena významná ložiska v oblasti strážského bloku české křídly.

Pro oblast Dolní Rožínky je významným mezníkem rok 1956, kdy bylo objeveno ložisko Rožná a následně po něm také ložisko Olší. Zahájení těžby v těchto místech, se stalo logicky pokračujícím vývojem nastalé situace, která znamenala pro dané území velkou změnu. Vznik těžebních závodů, prudký stavební rozvoj a velký nárůst počtu obyvatel zaznamenala jak obec Dolní Rožínka, tak i blízká města Bystřice nad Pernštejnem, Nové Město na Moravě a Tišnov (více viz Dobiášová, 1987).

### 3.2.2 Historie těžby uranu v lokalitě Dolní Rožínka (dle Kříže, 2017)

V 50. letech 20. století probíhají na rožensko–olšínském rudním poli geologické průzkumy, jejichž příznivé výsledky vedou k zahájení těžby v této oblasti. Otevřením ložiska je pověřen závod KHB Chotěboř a pod jeho dohledem je v roce 1957 vytyčen zarážkový bod první těžební jámy – jámy R1.



**Obr. 3: jáma R1 - Dne 27. 10. 1957 zahájil tehdejší závod KHB v Chotěboři hloubení jámy R 1, čímž byla zahájena těžební činnost v oblasti Dolní Rožínky (zdroj: archiv DIAMO).**

O rok později se přesouvá vedení závodu do Dolní Rožínky, kde se v ten samý rok začíná s hloubením další těžební jámy na ložisku Olší. Na konci roku 1959 se uvádí do těžebního procesu jáma R2, která je novým důlním úsekem závodu KHB.



V průběhu následujících čtyř let se hloubí další jámy – Bukov, R 3, R 4 a Drahonín. Dochází také k prohlubování jam R 1 a R 2. V roce 1963 nastává rychlý nárůst těžby uranu a ta se šestinásobně zvyšuje. Vedení tedy přistupuje k rozdělení závodu KHB na dva samostatné závody a vzniká tak závod Rožná I (KHB) a Rožná II (Jasan).

Na základě pozitivních výsledků při průzkumu ložisek bylo rozhodnuto o výstavbě Chemické úpravny DIAMO. Její výstavba byla zahájena v roce 1965. O tři roky později zde byl zahájen zkušební provoz, který potvrdil zcela její funkčnost a naznačil možnost přesáhnout její projektovanou kapacitu. Od roku 1969 se úpravna stala již samostatným úpravárenským závodem, který spadal pod CHÚ MAPE Mydlovary. Protože CHÚ DIAMO nevládala zpracovávat rudy vytěžené v moravském regionu, část rudniny byla odvážena a zpracovávána až do roku 1982 na CHÚ MAPE Mydlovary. Nejvyšším množstvím vytěženého materiálu v historii UD Dolní Rožínka je označován rok 1967. Od roku 1970 nastává vyrovnané období těžební činnosti, a to zejména díky těžbě na dolech R 1, R 2 a Olší. Od 80. let 20. století má těžba uranu a hornických prací nenápadně klesající tendenci. V roce 1985 je zcela ukončen průzkum ložiska Rožná na úrovni 24. patra. Potvrzuje se životnost ložiska na dalších 15 let a získávají se podklady pro průzkum ložiska pod úrovní 24. patra. V důsledku mírových jednání velmocí však dochází ke všeobecnému útlumu těžby uranových rud. S klesajícím objemem hornické výroby se začínají objevovat také ekonomické problémy, které se podílejí na ukončení těžby na ložisku Olší. Na něm byly zahájeny od roku 1989 likvidační práce.

Po pádu komunismu, po kterém celá republika přecházela na nový společenský i ekonomický systém, nastává zásadní zlom projevující se pokračováním útlumu těžební uranové činnosti. Dochází ke snižování stavu pracovníků a k výrobním a ekonomickým problémům se přidávají i problémy sociální.

V roce 1992 se mění název podniku na DIAMO, státní podnik, Stráž pod Ralskem, odštěpný závod GEAM Dolní Rožínka. Chybí zde již označení uranové doly a nový název spíše symbolizuje činnost v oboru atomové energetiky na území Moravy (Geologie Ekologie Atom Morava).

V roce 1995 byl proveden přepoččet zásob uranu na ložisku Rožná, na jehož základě bylo usnesením vlády ČR schváleno pokračování těžby a úpravy uranových rud, ale

pouze výběrově. O rok později dochází k zatopení dolu Olší do úrovně odvodňovací štoly a zahájení čištění důlních vod. Je zahájena také stavba 1. etapy likvidace odkaliště K1, financuje se čištění odkalištních vod na ZCHÚ a je rozhodnuto o zmenšení dobývacího prostoru v Rožné o severní oblast – Rozsochy. Schválením zprávy o zhodnocení těžby a úpravy uranové rudy v lokalitě Dolní Rožínka bylo rozhodnuto, že likvidační práce na dolu Rožná budou zahájeny nejpozději do roku 2002. V roce 1998 byl zpracován projekt „Sanace a rekultivace odkališť Dolní Rožínka“ s veškerým vyhodnocením možných vlivů na životní prostředí. Tento projekt byl v roce 1999 schválen vládou ČR, která také v roce 2004 schválila termín ukončení těžby uranu na ložisku Rožná. Tento termín byl však posunut o dva roky a poté ještě až do roku 2009. V roce 2007 bylo usnesením vlády schváleno pokračování těžby a úpravy uranu na ložisku Rožná po dobu ekonomické výhodnosti a platnost tohoto rozhodnutí byla znovu prodloužena v roce 2012. O dva roky později bylo schváleno další pokračování těžby, tentokrát však s finální platností do roku 2017. Od roku 2016 se začalo realizovat postupné uzavírání dolu a na jaře roku 2017 došlo k ukončení těžby na ložisku Rožná.

### **3.2.3 Průzkumné práce**

První realizované průzkumné činnosti na ložisku Rožná probíhaly od roku 1958. V tomto období bylo vypracováno několik typů map v různých měřítcích, které řešily stratigrafii, tektonickou strukturu i geologické povrchy celého ložiska Rožná – Olší. V rámci geologicko - průzkumných prací bylo provedeno 136 036 m<sup>2</sup> rýh, 157,6 m výkopů a vyhloubilo se 903,4 m průzkumných šachtic.

Vrtné práce na ložisku Rožná byly zaměřeny na ověření strukturního vývoje směrných a příčných dislokací v hlubších partiích ložiska a na zjištění uranové mineralizace. Povrchovými vrtnými pracemi bylo ložisko Rožná prakticky prozkoumáno v celém objemovém rozsahu: od úseku Habří na jihu po křídelskou dislokaci (omezující ložisko Rožná) na severu. Průzkumné vrty byly navrtány do hloubek 300, 650 a 1200 m s povrchovými roztečemi 250, 500 a 800 m (více viz Kříž, 2017).

Geologicko-průzkumné práce v rámci dobývacího prostoru probíhaly zejména hornickým způsobem a byly ukončeny v roce 1992.

### 3.2.4 Ložisko Rožná – historie těžby

Hornické dobývání ložiska Rožná trvalo téměř 60 let. Toto dlouhé období je možné rozdělit do tří časových etap.

#### 1. etapa: 1958 až 1966 = těžba bohatých struktur při povrchu

Významná je zde otírka a sledování povrchových struktur, které byly bohaté na uranovou rudu, a proto zde byla zakládána podzemní hornická díla. Zpravidla se jednalo o průzkumné šachtice (šurfy) a štoly. Můžeme sem zařadit například šachtici č. 11, šachtici č. 13, štolu č. 4, šachtici č. 27, šachtici č. 37 – Milasín. Tato díla sloužila k dočasné těžbě uranu do doby, než budou dokončeny hlavní těžební jámy R 1, R 2 a R 4.

#### Jáma Rožná1 (R 1) (obr. 4)

je situována na katastrálním území obce Rožná, zhruba 500 m východně od okraje obce Dolní Rožínka. Její hloubení bylo zahájeno 27. 10. 1957 a jáma byla postupně prohloubena na konečnou hloubku 667 m, t.j. do úrovně 14. patra. Profil jámy obdélníkový – 10, 95 m<sup>2</sup>, výztuž dřevěná – věncová (Cimala, 1997).



Obr. 4: Těžní věž jámy R 1 (zdroj: DIAMO, s. p.).

### **Jáma Rožná 2 (R 2) (obr. 5)**

je situována na kat. území obce Rožná, zhruba 900 m jihovýchodně od křižovatky silnic Dolní Rožínka – Rozsochy a Horní Rožínka – Bystřice nad Pernštejnem. Od roku 1959 byla jáma postupně prohloubena do úrovně 12. patra, tj. na hloubku 542 m. Profil jámy obdélníkový – 10,95 m<sup>2</sup>, výztuž dřevěná (Cimala, 1997).



**Obr. 5: Pohled na Důl R 2 přes odkaliště (zdroj: DIAMO, s. p.).**

### **Jáma Rožná 4 (R 4)**

je situována na kat. území obce Blažkov, asi 700 m severně od okraje obce Dolní Rožínka, poblíž okresní silnice Dolní Rožínka – Bystřice nad Pernštejnem. Jáma byla vyhloubena do úrovně 7. patra na konečnou hloubku 313 m. Profil jámy obdélníkový 10,95, výztuž dřevěná – věncová. Jáma byla v provozu do roku 1993, nyní je její ústí uzavřeno betonovým poklopem, povrchové objekty byly demontovány a povrchové plochy rekultivovány výsadbou lesního porostu (Cimala, 1997).

## **2. Etapa – období stabilizované těžby 1967 až 1990**

Na začátku tohoto období se uskutečnila otvírka ložiska Rožná - ražba jámy R 3 (obr. 6), která dosahovala hloubky 1200,5 m a stala se tak nejhlubší jámou na území Moravy. Tato jáma se nacházela nedaleko jámy R 2. Poslední rozfárané patro bylo 24. Měla kruhový profil – 20,4 m<sup>2</sup>, výztuž – litý beton (Kříž, 2017).



Obr. 6: Těžební věž jámy R 3 (zdroj: DIAMO, s. p.).

Zjistilo se, že zásoby U-rud na ložisku jsou dostatečné a těžba zde může probíhat minimálně dalších dvacet let. Proto byly vyraženy další otvirkové a větrací jámy:

## **Jáma Bukov 1**

Jáma je situována na kat. území obce Bukov, asi 150 m východně od okraje obce Bukov. Její hloubení bylo zahájeno v roce 1962 a do roku 1967 byla postupně prohloubena do úrovně 14. patra, hloubka jámy 652 m, profil obdélníkový – 10,95 m<sup>2</sup>, výztuž – část jámy železobetonové věnce, část litý beton a část dřevěné věnce (Cimala, 1997).

## **Jáma R 7S**

Ražba slepé jámy R 7S pro přípravu zásob jižního křídla ložiska pod 12. patrem byla zahájena 1. 1. 1974 ražbou jámového komína o výšce 38,8 m ve světlém profilu 5,9 m<sup>2</sup>. Jáma byla v období květen 1974 až červenec 1977 vyhloubena v raženém průměru 5,9 m v kruhové betonové výztuži na konečnou hloubku 646,3 m. Rozfárána byla všechna patra mezi 24. a 16. patrem. Přípravné a těžební práce na jámě R 7S probíhaly až do ukončení těžby ložiska Rožná, tj. do března 2017 (Kříž, 2017).

## **Jáma R 6**

Jáma je situována na katastrálním území obce Rožná. Jáma je vyhloubena do úrovně 18. patra, hloubka 784 m, profil kruhový – 20,4 m<sup>2</sup>, výztuž- litý beton. Jáma slouží výhradně jako větrací (Cimala, 1997).

### **3. Etapa útlumu těžby uranu 1991 až 2017**

Poslední etapa začíná po roce 1990, kdy dochází k postupnému utlumení uranové těžby na ložisku Rožná. Jak již bylo zmíněno v kapitole s názvem Historie těžby uranu, bylo toto období typické tím, že vláda ČR neustále prodlužovala období úplného ukončení těžby na ložisku Rožná. Jako rodačka z nedaleké obce Bystřice nad Pernštejnem jsem vnímala tuto situaci, neboť některých příbuzných i přátel, se přímo dotýkala a byla řešena také společensky - občany města i okolních obcí. Několikrát se spekulovalo o tom, kdy bude těžba skutečně ukončena, postupně byly snižovány stavy zaměstnanců. K definitivnímu ukončení těžby dolu Rožná R 1 došlo

vytěžením posledního vozu uranové rudy dne 27. 4. 2017. Byla tak ukončena těžba nejen v posledním hlubinném uranovém dole v ČR, ale i ve střední Evropě (více viz Zelená Křížová, 2017).



Obr. 7: Poslední vůz uranové rudy z Dolu Rožná I (zdroj: Žďárský deník).

### 3.2.5 Dobývací metody (více viz Dobiášová, 1987)

Pro dobývací práce bylo v roce 1965 vydáno UD Dolní Rožínka album dobývacích metod s těmito metodami:

- výstupková dobývací metoda s několika variantami získání základky (vlastní, cizí) včetně dobývání mocných zón s využitím cizí základky,
- výseková dobývací metoda,
- sestupková dobývací metoda z mezipater,
- dobývání metodou mezipatrového závalu
- sestupné lávkování na zával pod umělým stropem,
- dobývání sblížených žil,
- pro ložisko Zálesí (rudní těleso Gábor) dobývací metoda „Dobývání příčnou otevřenou komorou z mezipatrových chodeb“,
- pro ložisko Slavkovice-Petrovice bylo album dobývacích metod v roce 1966 doplněno o metodu „Dovrchní směrné zátinkování“(Kříž, 2017).

Při exploataci ložiska byly využívány všechny výše uvedené metody, avšak od 70. let byla upřednostněna metoda sestupného lávkování na zával pod umělým stropem, která byla zavedena v roce 1966. Metoda spočívá v odpracování bloku sestupně raženými lávkami výšky tři metry pod umělým stropem, kdy vydobyté prostory jsou zaplňovány závalem průvodních hornin. Od roku 1998 se stala nejpoužívanější metodou na ložisku. Ostatní dobývací metody byly využívány v omezené míře, například metoda dobývání rudních čoček z mezipatrových chodeb.(Příloha č. 3).

Přelom 70. a 80. let je charakteristický pro vznik nové těžební metody – hydrochemické těžby. Tento typ metody dobývání uranové rudy je jak technicky, tak i technologicky jiný než klasické hornické metody. Změna je především v pracovním prostředí horníka, které není podzemí, ale vše se odehrává na povrchu. Tím se odstranila namáhavost, ale i riziko spojené s prací pod zemí. Metoda spočívá v tom, že celé pole určené pro hydrochemickou těžbu se navrtá sítí exploatačních vrtů. Do nich se po výstavbě chemických stanic vhání loužící roztok, který proniká zrudnělými vrstvami. Při těžbě část vrtů slouží pro vtlačování loužících roztoků a část pro těžbu výluhů; obohacený roztok se čerpá a chemicky zpracovává. Dalším procesem se z něho získává chemický koncentrát (*30 let Československého uranového průmyslu*, 1975).



## 4 Chemická úprava vytěžené uranové rudy

### 4.1 Počátky

V počátečních obdobích těžby uranové rudy na ložisku Rožná, byla vydobytá uranová ruda dále zpracovávána v chemických úpravárnách (CHÚ) v Karlových Varech, Příbrami, později na chemické úpravny MAPE Mydlovary. V roce 1964 bylo rozhodnuto o výstavbě chemické úpravny DIAMO (název odvozen od názvu chemické sloučeniny **DI**uranát **AMO**nny), která byla dokončena o čtyři roky později a 1. 1. 1969 oficiálně uvedena do provozu.



Obr. 8: Letecký pohled na výrobní část ZCHÚ, v popředí plovoucí čerpací stanice na odkališti K 1 (zdroj: DIAMO, s. p.).

Vytěžená ruda se zpracovávala v CHÚ pomocí kombinované technologie kyselého a karbonátového loužení. Poté byla na iontoměničích provedena sorpce přímo z pomleté uranové rudy (rmutu). Protože kyselé loužení nedosahovalo dostatečné účinnosti a bylo poměrně nákladné, byla kyselá linka zrušena a pokračovalo se v chemickém zpracování za pomoci karbonátové technologie. Na nově vzniklou chemickou úpravnu byly kladeny stále vyšší nároky. Po deseti letech v provozu dosáhla CHÚ až na 190% zpracovatelské projektové kapacity. To vedlo k četným investicím a do provozu byly postupně uvedeny zahušťovače, čtvrtá mlecí jednotka, sorpční linka a loužící kolona. Díky těmto novým technologickým krokům bylo možné

zpracovávat veškerou uranovou rudu vytěženou na ložisku Rožná právě zde. Protože celý závod i s odkališti je situován do oblasti povodí řeky Svratky, je nutné dbát na ekologii, a proto zde technologické procesy pracují s úplně uzavřeným cyklem vod, což objektivně snížilo účinnost úpravárenského procesu.

## 4.2 Technologie chemické úpravy uranové rudy

Technologie úpravy uranové rudy představuje tzv. sodové loužení vytěžené a rozemleté rudniny za katalytického účinku tetraamonoměďnatého kationtu. Vyloužený uran je pak sorbován na ionexu. Vzniká eluát, který se zpracuje na uranový koncentrát – „žlutý koláč“(diuranát amonný,  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \cdot n \text{H}_2\text{O}$  ). Ten se vysuší a stává se tak konečným produktem chemické úpravy (obr. 10).

### Základní technologické uzly (Bárta, 2018 osobní sdělení)

Vytěžená rudnina je drcena na částice o menší velikosti než 5 cm. Poté je nákladními automobily přepravena na chemickou úpravnu a uskladněna v rudném depu. Před vstupem rmutu do 1. fáze zpracování (mletí), jsou z něj odděleny zbytky dřeva, případně příliš velkých částic na roštu.

#### Mletí

Úkolem mletí je rozmělnění vstupní rudniny na odpovídající velikost. K tomu se využívá činnosti čtyř mlýnů – dva melou na úrovni prvního stupně (jsou plněny ocelovými koulemi o průměru 10 a 12 cm), jeden na úrovni druhého stupně (je plněn koulemi o průměru 6 cm) a čtvrtý mlýn je záložní. Poměr pevné a kapalné fáze je 1 : 6. Finální kontrolu rmutu před výstupem z mlýna zajišťuje hydrocyklonová stanice.

#### Zahušťování

Produkt mletí se zahušťuje na čtyřech kruhových zahušťovačích z původního poměru pevné a kapalné fáze 6:1 na 1:1. Zde je přidáván sodný roztok a flokulační činidlo, které napomáhá procesu usazování pevných částic v roztoku. Vyčeřená voda přepadá a vrací se zpět do mlýnice. Zahuštěný rmut je odčerpán na chemickou část úpravny do procesu loužení.

## Alkalické loužení

Zde dochází ke zpracování rmutu atmosférickým alkalickým loužením. Jedná se o proces, při němž je rmut obohacen o dávky sody za vzniku chemické sloučeniny uranyltrikarbonátu. Dochází k jeho čerpání do dvou přehříváčů, kde se ohřívá na 60-65°C. Odtud je čerpán do osmi kaskádovitých loužicích kolon, které jsou míchány vzduchem. Doba, po kterou je rmut v loužení, je cca 120 hodin a v této fázi je do něj čerpán plynný amoniak a měďnaté kationty. Tímto procesem lze z roztoku separovat až 90% uranu. Zbýlých 10% odchází na odkaliště.

## Sorpce

Při sorpci dochází k oddělení uranu od rmutu. V kolonách je pomocí aerolitů (zařízení sloužících na promíchávání kolony vzduchem) posouván ionex (měnič iontů) a rmut. Drenážemi je pak ionex nasátý uranem od rmutu oddělován. Uran se tedy naváže na ionexové kuličky a zbylý rmut je čerpán do kalojemu, kde je ukládán.

## Eluce

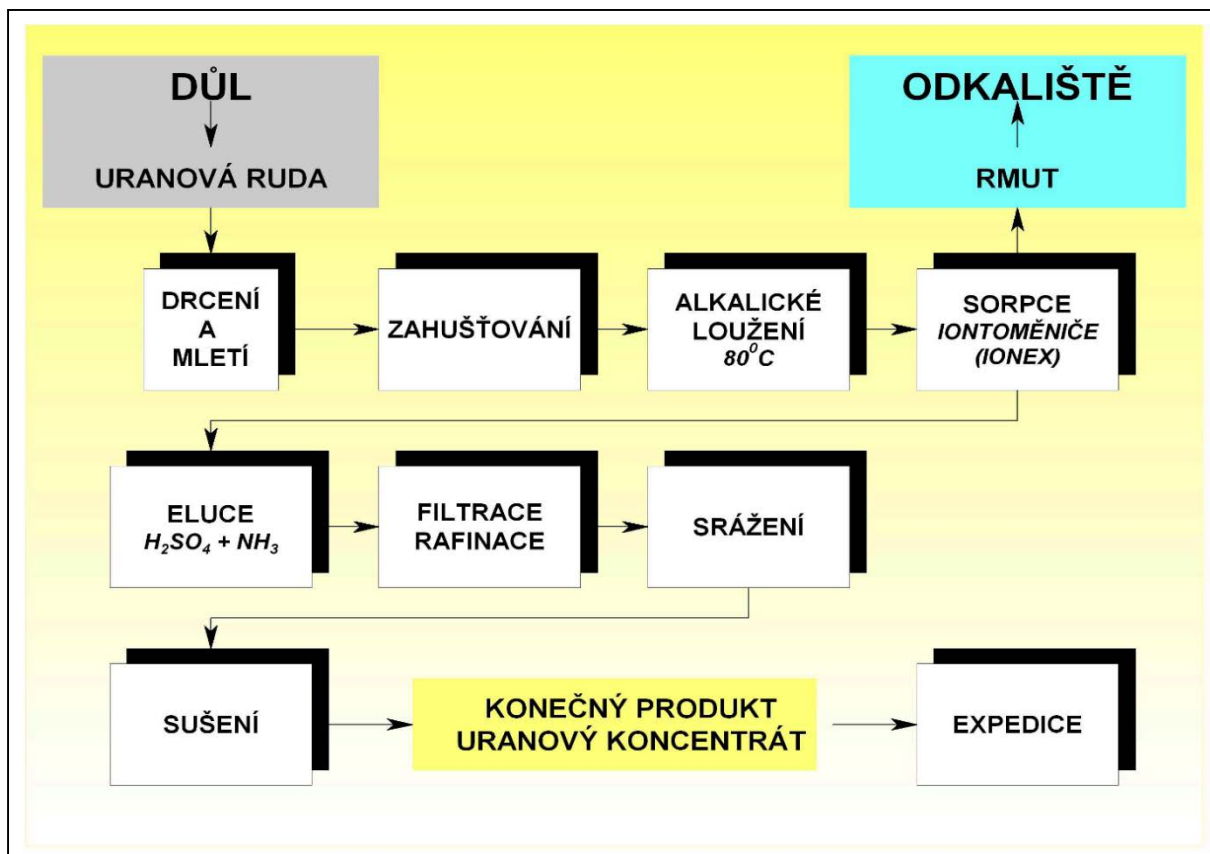
Probíhá ve dvou pulsačních kolonách s pomocí roztoku síranu sodného a sody. Zde dochází k čištění ionexu od uranu, aby byl opět použitelný. Roztok nasycený uranem (eluát) se rozkysluje pomocí kyseliny sírové a poté se pomocí čpavku vysráží na tzv. žlutý koláč (diuranát amonný). Ten je čištěn od nečistot na kalolisech.



Obr. 9: Vzorek diuranátu amonného, tzv. „žlutého koláče“ (zdroj: DIAMO, s. p.).

Filtrací vzniklý koláč diuranátu amonného se suší v sušárnách a následně se plní do pozinkovaných sudů. Sudy jsou uloženy ve skladu a na vyžádání odběratelů posílány k dalšímu zpracování (podrobně viz DIAMO, 50 let ZCHÚ 1968 - 2018).

Obr. 10: Blokové schéma zpracování uranové rudy.



Tato technologie byla postupně zdokonalována. Pro typ rudy těžený v lokalitě Rožná, představuje dokonce světovou špičku. V této kvalitě bylo vyráběno cca 500 tun uranového koncentrátu za rok.

Loužení uranu je více méně selektivní, takže se hmotnost vstupního materiálu - uranové rudy - loužením prakticky nemění. Vyloužený rmut je ukládán do odkališť.

## 5 Odkaliště

K areálu chemické úpravy DIAMO patří dvě odkaliště K 1 a K 2.

### 5.1 Odkaliště K 1

Toto vodní dílo je součástí technologie úpravy uranové rudy. Slouží k ukládání produktů hornické činnosti – naplavování rmutu a akumulaci technologických vod. Odkaliště K 1 je situováno v údolí u západního okraje závodu, v prostoru mezi areálem úpravy a jámou R 3. Zaujímá plochu o velikosti 64 ha (vnější plocha) a cca 35 ha (vnitřní plocha). Koruna hráze poslední VIII. zvyšovací etapy je 2,5 km dlouhá a hlavní hráz je v nejvyšším místě 54 m vysoká, z toho je prvních 40 m postaveno v celém profilu, dalších 14 m na naplaveném rmutu (Kříž, 2017).

Maximální hladina volné vody byla stanovena na 1 m pod korunou hráze, což je asi 538 m n.m. Četné množství srážek a přívalové deště jsou velkým rizikem pro hladinu vody v odkališti. Proto byl vytvořen systém záchytných příkopů odvádějících čistou vodu z extravilánu (nezastavených území vně hranic sídel) do řeky Nedvědičky a Zlatkovského potoka.

První etapa výstavby odkaliště K 1 proběhla přehrazením údolí (bezejmenného občasného pravobřežního přítoku Nedvědičky) sypanou hrází. Materiál, který k tomu byl použit, byla tzv. haldovina (vytěžená hlušina z dolu). Ta se však používala i při budování dalších etap. V prvních čtyřech etapách zvyšování hráze probíhalo v celém profilu, další čtyři etapy mají svůj základ na naplavené rmutové pláži a jsou opatřeny drenážním systémem („drenážními kufry“), který převádí případné průsaky do míst hráze nižší etapy. Při výstavbě zvyšovacích etap hráze odkaliště byla použita technologie výstavby „proti vodě“. Z toho důvodu došlo ke změně původního sklonu hráze. O výstavbě jednotlivých etap v časových obdobích pojednává tabulka č. 1.

Tab. 1: Výstavba zvyšovacích etap odkaliště K I(zdroj: DIAMO, s. p. upravenou autorkou)

Výstavba zvyšovacích etap			
Základní hráze v celém profilu		Hráze v naplaveném rmutu	
I. etapa	1965—1968	V. etapa	1978—1981
II. etapa	1968—1971	VI. etapa	1985—1988
III. etapa	1971—1973	VII. etapa	1990—1991
IV. etapa	1974—1976	VIII. etapa	1996—1998

Rmut ukládaný do odkaliště má funkci především jako těsnění, které eliminuje množství průsaků a zabraňuje propouštění kontaminovaných vod do tělesa hráze. Je nutné, aby hladina volné vody byla oddělena od návodního líce hráze. K tomu slouží právě naplavený rmut. Tato izolace je od začátku nutnou podmínkou provozu odkaliště. Hydrosměs rmutu do odkaliště byla vypouštěna řízeně. Až do VI. zvyšovací etapy byl rmut plaven z návodního líce vnější obvodové hráze. Docházelo k oddalování volné vody od hráze, což vedlo ke snížení možnosti průsaků do hrázového systému a byla zabezpečena také jeho stabilita (Příloha č. 4).

V sedimentačním prostředí odkaliště byly vybudovány mezihrázky, které rozdělují prostor odkaliště na sedm naplavovacích prostorů, které se nazývají „laguny“ (Příloha č. 5). Díky tomuto rozdělení je možné lépe řídit vypouštění rmutu a připravit tak i lepší výchozí pozici pro sanaci „tekutého středu“ odkaliště.

Obr. 11: Vnitřní mezihrázky na K 1 (zdroj: DIAMO, s. p.).



Materiál hráze s větší propustností zajišťuje okamžité srážení průsaků až na úroveň nepropustného podloží. To je vynáší do drenážního systému, který se nachází po obvodu v patách hrází. Drenážní systém zajišťuje jímání, akumulaci a čerpání znečištěných vod do odkaliště nebo do technologií závodu. U odkališť je neustále monitorován prostřednictvím sítě vrtů v jejich okolí. K dopravě volné vody z odkaliště do závodu se používají plovoucí čerpací stanice. Ty vedou vodu z odkaliště vzdušným lícem hráze a potrubním mostem. Trubní most zajišťuje obousměrné spojení mezi odkalištěm a všemi technologiemi závodu. Směrem z odkaliště do závodu čerpá volné vody do uranové technologie na čištění, směrem opačným vedou dva kalovody rmut, který má být uložen v odkališti. Most také může sloužit k přečerpávání vody mezi oběma odkališti.

Kolem hráze odkaliště vedou obtokové příkopy. Jejich hlavní funkcí je chránit hráz před povrchovou vodou z volného okolního prostředí – přívalových dešťů či jarního tání.



Obr. 12: Údržba obtokových příkopů

(zdroj DIAMO, s. p.).



Obr. 13: Plovoucí čerpací stanice na odkališti K 1

(zdroj DIAMO, s. p.).

## 5.2 Odkaliště K 2

Druhé odkaliště je situováno jihovýchodně od Chemické úpravy DIAMO. Nachází se v údolí Zlatkovského potoka, jenž je levobřežním přítokem řeky Nedvědičky. Zaujímá plochu o velikosti 27 ha. Toto údolí bylo přehrazeno dvěma hrázemi – dolní hrází B

pod odkalištěm a horní hrází A nad odkalištěm (Příloha č. 6). Maximální hranice volné vody je 1 m pod korunou hráze. Dolní hráz B uzavírá ze SZ směru část údolí, minimální kóta koruny hráze je 516,00 m n.m., délka v ose hráze je 241,0 m, šířka koruny 8,5 m, výška od paty vzdušného líce je v údolní nivě 33,0 m. Těleso hráze je sypáno z haldoviny, v podélné ose je asfaltomikrobetonové kamenem prokládané těsnící jádro o šířce 0,6 m na základovém bloku šíře 3,0 m. Podloží a zavázání základového bloku je dotěsněno jílocementovou injektáží a fortifikačními vrty o průměru 159 mm v počtu 162 ks v celkové délce 2 700 m. Do hloubky 5 m jsou provedeny jílocementové fortifikační vrty o průměru 78,5 mm a o celkové délce 713 m. Horní hráz A uzavírá odkaliště od jihovýchodu v prostoru pod hrází rybníka Závlahy. Minimální kóta koruny hráze je 516,00 m n. m., celková délka v ose hráze je 259 m, šířka koruny 8,5 m, výška od paty vzdušného líce v údolní nivě 13 m (Kříž, 2017) (Příloha č. 7).

**Obr. 14: Odkaliště K 2 (zdroj: DIAMO, s. p.).**



Zpočátku provozu (r. 1980 – 1986) sloužilo odkaliště k ukládání rmutu. V roce 1993 došlo ke změně a byly sem ukládány detoxikované kaly z galvanoven a anorganických procesů. Tabulka „bilance materiálů uložených v odkalištích“ poskytuje podrobnější informaci o množství uloženého materiálu v odkalištích



k prvnímu dni roku 2017. Kvůli špatnému odvodňování odkaliště byly vytvořeny odvodňovací laguny a nové drény s odtokem do středu odkaliště, v nichž se materiál odvodňoval filtrací. Oproti odkališti K1 jsou odsud volné vody čerpány odběrnou věží. Ta však nefunguje na principu gravitace, jak je běžné. Voda se totiž čerpá z plovoucí čerpací stanice.

Tab. 2: Bilance materiálů uložených v odkalištích k 1. 1. 2017 (zdroj: DIAMO, s. p.)

<b>Bilance materiálů uložených v odkalištích k 1. 1. 2017</b>			
	<b>K I</b>	<b>KII</b>	<b>KI + KII</b>
<b>Hmotnost uloženého materiálu [tis. t]:</b>	<b>14 620</b>	<b>1601</b>	<b>16 221</b>
Ruda [tis. t]:	14 578	1135	15 713
Sanační materiál [tis. t]:	0	466	466
Produkty hornické činnosti [tis. t]:	42	0	42
<b>Objem uloženého materiálu [tis. m3]:</b>	<b>10966</b>	<b>1491</b>	<b>12 457</b>
Ruda [tis. m3]:	10933	851	11 784
Sanační materiál [tis. m3]:	0	640	640
Produkty hornické činnosti [tis. m3]:	33	0	33
<b>Stav odkališť</b>			
Celková kapacita odkaliště [tis. m3]:	11361	2012	13 373
Využitelný objem včetně volné vody [tis. m3]:	395	478	873
Zbytkový využitelný objem po odečtu volné vody [tis. m3]:	84	174	258

V obou odkalištích K 1 a K 2 je celkem 16 milionů tun kalu. Voda odkaliště má salinitu zhruba stejnou jako Jaderské moře. Kromě sinic a řas tvořících zeleno-žluté povlaky na vodní hladině odkaliště, je zde ještě jeden zvláštní jev. Na půdě v bezprostřední blízkosti odkaliště, můžeme naléznout na vysýchavých substrátech tzv. „kryptobiotické půdní vrstvy“ (shluky cca 200 mikroorganismů), které se tvoří na pouštích, kde chrání pouštní povrch před erozí (více viz Cílek, 2009).

### 5.3 Sanace odkališť (Veselý, 2018 osobní sdělení)

Po ukončení těžebního procesu na ložisku Rožná, se stává jednou z hlavních priorit DIAMA údržba a provoz odkališť. Velmi důležité je také čištění kontaminovaných vod, ať už se jedná o vody podzemní, povrchové, důlní či vody z odkališť. Další prioritou je technická a biologická rekultivační činnost na odkalištích, která bude probíhat ještě několik desítek let. Sanace a rekultivace, stejně jako v širším pojetí likvidace těžby

a úpravy v ložiskové oblasti Rožná, je z hlediska životního prostředí ekologickou stavbou.

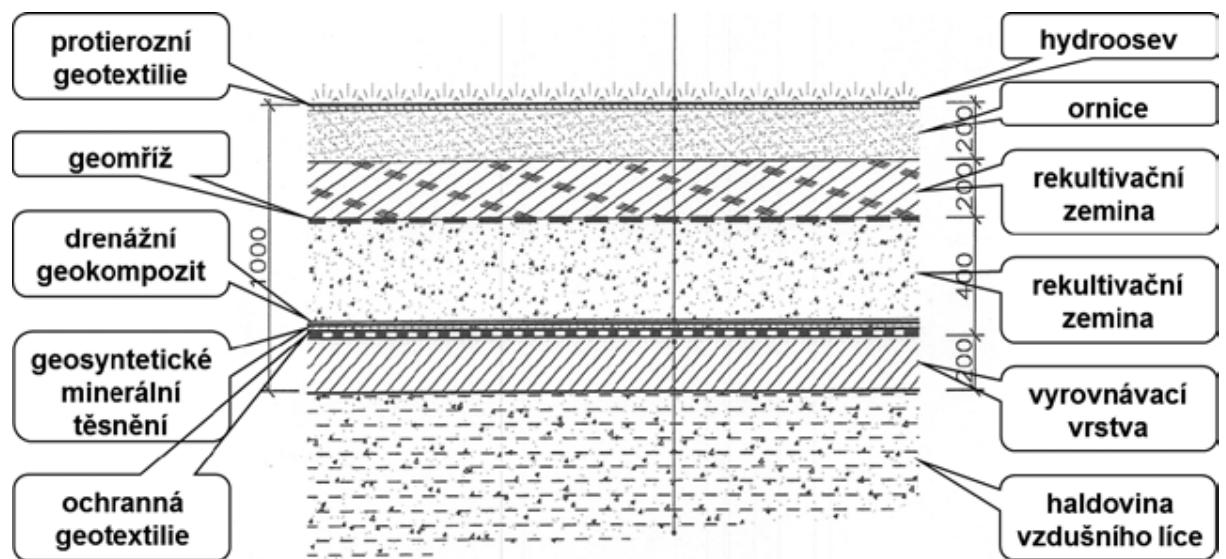
Sanace však částečně probíhala ještě během těžebního a úpravárenského provozu. Součástí sanace jsou mnohé stavební a provozní úpravy jako např. vytvoření těsnícího obvodového prstýnku, plavení hrubších částí rmutu do středu odkališť. Zvýšila se také dekontaminační činnost směřovaná na likvidaci odkalištních vod. Od roku 2007 funguje v areálu DIAMA čistírna odkalištních vod, která doplnila stávající odpařovací stanici.

Před vlastní sanací musí být provedeno několik technických úprav. Tou nejvýznamnější je rekonstrukce drenážního systému. Je třeba také obnovit akumulární jímky a čerpací technologie. Na vybraných místech musí dojít k překladu obtokového příkopu. Přetvarování vzdušního líce hrází je nezbytné a bude probíhat násypem podkladních vrstev, jejichž součástí je také vyhloubení zámeků, které poslouží k upevnění geotextilií. Během přetvarování musí dojít k nastavení drenážních šachtic, hrázových vrtů a k ochraně měřících bodů.

Sanace tělesa odkaliště obsahuje následující kroky: (Kříž, 2017)

- pokládku geotextilní vrstvy pod vlastním geosyntetickým minerálním těsněním
- plošného drenážního geokompozitu (drenážní prvek mezi dvěma geotextiliemi)
- pokryvná vrstva rekultivační zeminy (s výstužnou geomříží vprostřed její mocnosti)
- vrstva ornice s protierozní geotextilií a hydroosevem.

Obr. 15: Schéma jednotlivých vrstev sanovaného tělesa (zdroj: DIAMO, s. p.).



#### 5.4 Technologie čištění odkalištních vod (DIAMO, s. p., 2018)

Technologie vyrovnává vodní bilanci odkalištních vod. Chemické složení těchto vod je přesně definováno vodohospodářským úřadem a je pravidelně kontrolováno. Před čištěním je u vody z odkališť nutné, snížit množství vápníku, hořčíku a síranů, protože tyto látky mohou dát vzniknout inkrustům a usazeninám na zařízení. Mohlo by to vést k postupnému snižování výkonu. Snižování těchto faktorů je způsobeno chemickým vápenným mlékem v přítomnosti sody a jejich následnou sedimentací na pískových filtrech. Upravená voda je čištěna na odpařovací stanici, která se skládá z osmi stupňů. Na prvních šesti stupních se roztok zahušťuje, poslední dva jsou krystalizační.

Roční produkce čistého kondenzátu je 220 tisíc m<sup>3</sup>. Současně se vyrábí i 6000 tun síranu sodného, který se užívá např. při výrobě pracích prášků, skla a papíru.

Pro zvýšení kapacity čištění odkalištních vod byly v roce 2007 vybudovány moderní technologie membránových procesů – elektrodialýza a reverzní osmóza. Při elektrodialýze se odsolením roztoku snižuje jeho kontaminace. Následně se pomocí reverzní osmózy roztok dočistí na požadovanou čistotu. Vznikající koncentráty zpracovává odpařovací stanice. Roční produkce vyčištěné vody se pohybuje okolo 200 000 m<sup>3</sup>.

## **5.5 Technicko-bezpečnostní dohled na vodních dílech**

Pracovníci technicko-bezpečnostního dohledu monitorují stav a provoz vodních děl. Hlavním cílem jejich funkce je zabránit ohrožení, které může nastat, dojde-li k havárii. Účastní se také prevence poruch na vodních dílech nebo poskytování návrhů a řešení při vzniklém problému (Veselý, 2018 osobní sdělení).

## **6 Vliv těžby uranu na stav složek životního prostředí v lokalitě Rožná**

V kapitolách týkajících se vlivu těžby uranu v lokalitě Rožná na složky životního prostředí jsem čerpala poznatky z materiálů, které mi byly poskytnuty při návštěvě odštěpného závodu GEAM v Dolní Rožínce. Mezi tyto materiály patří interní dokumenty odštěpného závodu, které mi poskytl ředitel o. z. GEAM, výroční zprávy a výsledky monitoringů, které jsou ke stažení také na internetových stránkách DIAMA s.p. Část informací jsem získala při osobních rozhovorech se zaměstnanci závodu.

Dle Hany Gabrielové ze sdružení Calla se ochrana životního prostředí na českých uranových lokalitách v průběhu let postupně měnila. Zcela nedostatečně byla zajišťována v prvních poválečných letech a tato situace přetrvávala až do konce 60. let. V tomto období byl resort řízen s cílem dosahovat co největšího objemu těžby uranových rud s minimálními ohledy na okolní přírodu.

Zájem o ochranu krajiny na území České republiky nebyl ze strany SSSR tak podstatný a uranový průmysl tento přístup přijal. Pozitivní zlom nastal až v 70. a 80. letech minulého století., kdy z bývalých Ústředních laboratoří vznikl Vývojový a výzkumný ústav Československého uranového průmyslu (ČSUP – po roce 1990 s. p. DIAMO). Do organizační struktury ústavu bylo poprvé v historii resortu zařazeno středisko ekologie s úkoly zaměřenými na ekologickou problematiku (Calla, 2008). Od té doby je stále nezbytnou součástí uranového průmyslu. Středisko ekologie v Dolní Rožínce funguje dál i v dobách ukončení těžební činnosti na roženském ložisku. Jeho úkolem je vyhodnocování a monitoring stavu životního prostředí během sanačního období, které bude trvat nejméně dalších několik desítek let.

### **6.1 Vodstvo**

Nejdůležitějším procesem po ukončení těžby uranové rudy na ložisku Rožná je čištění vod. Tento proces je velice zásadní pro udržování dobrého stavu životního prostředí, protože právě vodstvo se při těžbě stává nejvíce postiženou složkou přírody, u níž hrozí, že bude kontaminovat složky další, zejména půdu a biotu (vodní i terestrickou).

### 6.1.1 Čištění vod

Výroba diuranátu amonného souvisí také s problematikou uzavřeného cyklu technologických vod, s udržením vodní bilance vody v odkalištích a zajištěním bezpečného provozu odkališť.

Zdrojem nadbilančních vod jsou především spodní vody nasbírané drenážním systémem kolem odkališť a převažující atmosférické srážky nad výparem. To je velmi problematické. Také rostoucí koncentrace solí (zejména síranů a dusičnanů) v cirkulační technologické vodě jsou jevem nežádoucím. Snižují totiž účinnost sorpce, a tím i výtěžnost procesu. Ekonomika celého procesu je potom negativně ovlivněna vyššími náklady.

Od roku 2007 je snižování volné vody i solnosti realizováno unikátním a celosvětově obdivovaným systémem propojujícím tři technologie:

- odpařování vod v odpařovací stanici s následnou krystalizací síranu sodného ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ),
- membránové procesy (elektrodialýzu a reverzní osmózu),
- iontovou výměnu

**Odpařování vod s následnou krystalizací** - (viz kapitola 5.4. Technologie čištění odkalištních vod)

#### **Membránové procesy**

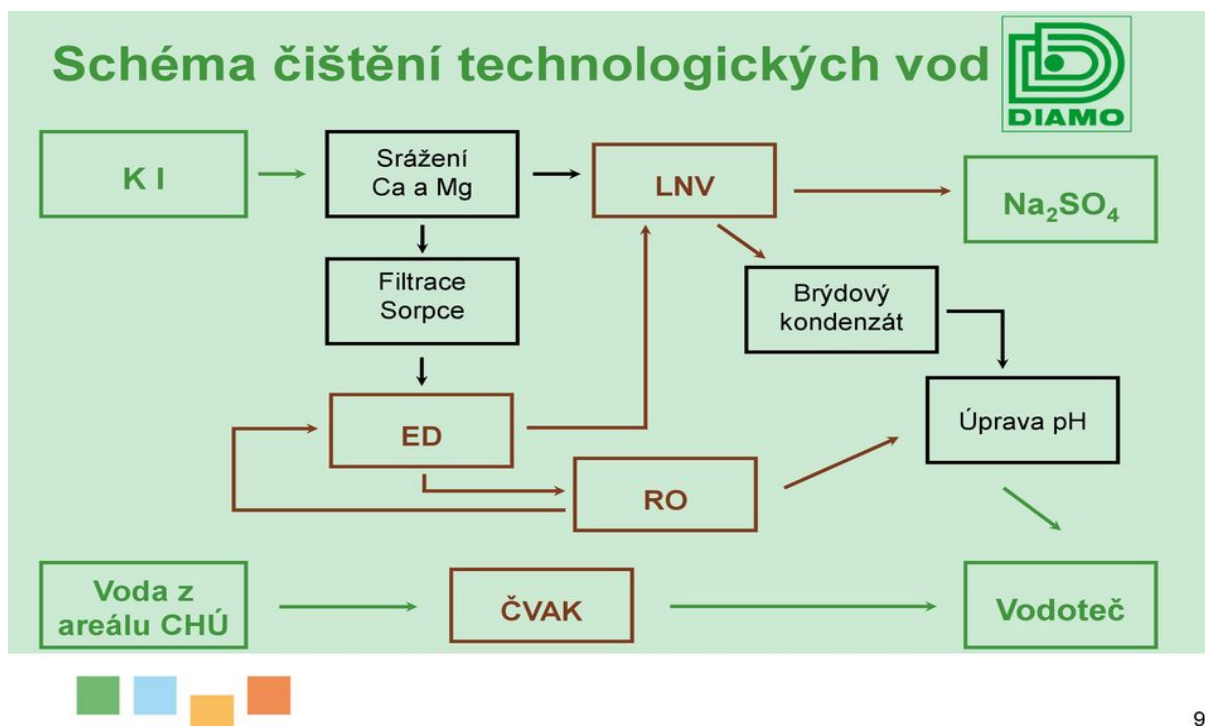
Jsou procesy čistící metody založené na oddělení nabitých částic solí. Oddělování se uskutečňuje přes třídící membrány za působení stejnosměrného elektrického pole (ED – elektrodialýzou) nebo je využíváno tlaku (RO – reverzní osmóza). RO je v porovnání s ED metoda mladší. Produktem těchto procesů je voda s minimální koncentrací solí a silně koncentrovaný roztok, který podstupuje další úpravy a zpracování v odpařovací stanici.

Dlouhodobě dobré zkušenosti s membránovými technologiemi na CHÚ potvrdily jejich použitelnost ve složitých podmínkách zasolených průmyslových odpadních vod. Jejich nízké provozní náklady jim přidávají na hodnotě.

## Iontová výměna

Technologie používaná zejména k čištění mírně kontaminované srážkové vody v areálu CHÚ. Její princip spočívá ve vysrážení Ra pomocí chloridu barnatého. Poté dochází k sorbování radionuklidů na silně bazický anion (měnič aniontů). Metoda se používá od roku 2000 a její pomocí je vyčištěno desetkrát menší množství vod než u předešlých dvou metod (více viz Kříž, 2017).

Obr. 16: Schéma čištění technologických vod (zdroj: DIAMO, s. p.).



### 6.1.2 Nakládání s vodami

Problematika čištění vod se vztahuje na vody důlní, odpadní a srážkové.

**Důlní vody** je možno rozdělit na vody čištěné a nečištěné.

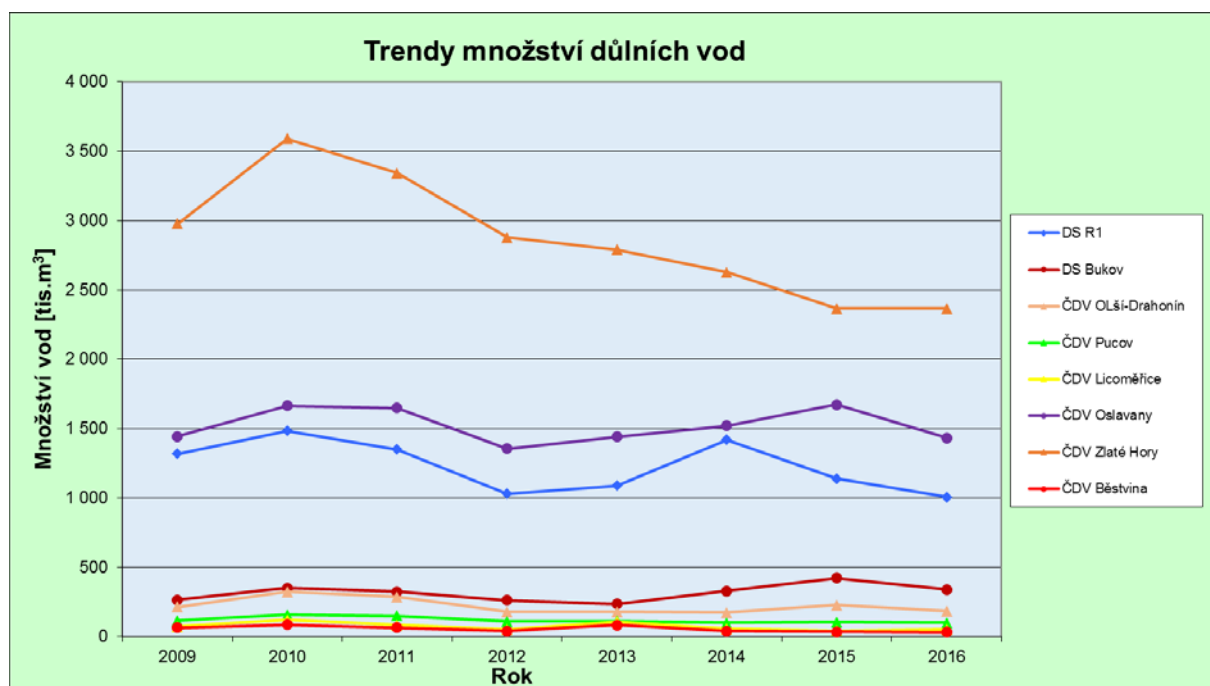
Čištěné vody jsou vody zbavené kontaminace v čistírně důlních vod, dekontaminační stanici, apod. Vodoprávní úřad stanovuje podmínky, limity znečištění vypuštěné vody

i to, jakým způsobem budou vyčištěné vody vypouštěny do přírodních vod. To vše je nutno zaštitit příslušnou dokumentací (vyhláška č. 422/2015 Sb.).

Nečištěné důlní vody se čerpají nebo vytékají přímo z důlních děl bez jakéhokoliv čištění.

Odkalištní a průsakové vody řadíme do kategorie důlních vod (obr. 17). Rozdíl je však v tom, že tyto vody jsou z účelového a historického hlediska monitorovány samostatně.

Obr. 17: Znárodnění množství důlních vod za období od roku 2009 – 2016 (modře R 1) (zdroj DIAMO, s. p.).



**Odpadní a srážkové vody** mohou být vypouštěny dvojím způsobem. Buď se pomocí technologických postupů vyčistí a následuje jejich vypuštění do recipientů (vodní útvar, do něhož tečou povrchové vody, např. rybníky, jezera apod.) nebo k jejich čištění nedochází a jsou čerpány do kanalizací městských samospráv. Co se týče provozní a užitkové vody na CHÚ, používá se voda z vodních toků a vodovodních sítí. Využit se může také důlní voda po dekontaminaci (více viz Váša & Toman, 2017).



V následující tabulce jsou uvedeny hlavní výpustné profily důlních a odpadních vod, kde je zaznamenáno jejich vypuštěné množství (v m<sup>3</sup>) v posledních třech letech. Vyznačeny jsou údaje týkající se řešeného ložiska Rožná.

Tab. 3: Porovnání množství vyčištěných a vypuštěných vod (m<sup>3</sup>) v letech 2015, 2016, 2017 (zdroj: DIAMO, s. p. upraveno autorkou)

Profil číslo	Název profilu	2015	2016	2017
1	DS RI	1 139 530	1 005 826	868 654
2	DS Bukov	422 070	338 426	305 449
3	ČDV Olší - Drahonín	226 370	185 560	131 464
7	ČOV CHÚ	3 950	4 166	3 616
8	ČVAK CHÚ	919	27 290	75 188
10	ČKV CHÚ	156 812	223 454	171 733
LIC	ČDV Licoměřice	44 251	50 856	44 996
PUC	ČDV Pucov	105 928	99 086	82 915
OSL	ČDV Oslavany	1 666 504	1 430 725	1 126 149
BĚS	ČDV Běstvína	34 616	31 722	30 692
ZH	ČDV Zlaté Hory	2 366 350	2 284 045	2 907 259

Podnik DIAMO, o. z. GEAM musí vést jednání s vodoprávním úřadem kraje Vysočina (přesněji s odborem životního prostředí a s odborem zemědělství) o získání potřebných dokumentů (rozhodnutí, souhlasů a vyjádření), které budou podnik opravňovat nakládat s vodami ve smyslu vypouštění a odběrů vod, realizací vodních děl, provozu kanalizací a vodovodů pro veřejnou potřebu aj. Ke schválení těchto projektů je nutné vypracování žádosti, kterou schvaluje vodoprávní úřad. U technologických vod většinou úřad schválí žádost s platností na pět let, u splaškových vod (ČOV) na dobu dlouhou deset let (Váša, 2018 osobní sdělení).

### 6.1.3 Vypouštění dekontaminovaných vod

Dekontaminované vody ze ZCHÚ se vypouští do řeky Nedvědičky a Bukovského potoka. Oba toky spadají do oblasti povodí řeky Moravy. Do Nedvědičky je vypuštěno cca 80 % vyčištěných vod, do Bukovského potoka je to zbylých 20 % vod. Nejlepším způsobem vypouštění dekontaminovaných vod je jejich ředění s vodami přírodními.

Problém může nastat v obdobích sucha, kdy zejména menší toky bojují proti vysychání (např. Bukovský potok). Výpustné profily obou toků jsou monitorovány. Zjednodušeně je tento monitoring založen na měření složení vody nad výpustným profilem a pod výpustným profilem. Hodnoty nad profilem jsou výchozí, hodnoty pod profilem ukazují stav po zředění toku, tedy po přidání dekontaminované vody ze závodu. Denní objem vypuštěných vod je určen vodoprávním úřadem a musí být striktně dodržován (Váša, 2018 osobní sdělení).

V roce 2017 nedošlo na výpustných profilech k překročení přípustných hodnot stanovených vodoprávními rozhodnutími ani k překročení vyšetřovacích a zásahových úrovní stanovených rozhodnutími SÚJB (Státního úřadu jaderné bezpečnosti).

Kromě povrchových výpustí jsou také sledovány důlní vody na obou odkalištích. Odkaliště K 1 bylo sledováno v posledním roce celkem 39 vrty. Měření ukázalo, že uran je zde v normě, v jedné oblasti je lehce zvýšené množství  $\text{SO}_4^{2-}$  (více viz Váša & Toman, 2018).

#### **6.1.4 Poslední činnosti na úseku s vodami**

V posledním roce bylo na ložisku Rožná vyraženo 271 bm (běžných metrů) odvodňovací štoly R3 (celkem již 1 194 bm) a dokončena ražba zbývajících 10 bm svislého komína (celková výška 36 m). V rámci sanace odkaliště K I – 2. etapa pokračovala pokládka a zásyp drenážního potrubí do rýhy zajištěné záporovým pažením. Na závodě Chemická úprava (ZCHÚ) byla zkolaudována investiční akce *lontová výměna – 1. etapa (eluce)* technologie čištění důlních vod z ložiska Rožná (Vostarek, 2018).

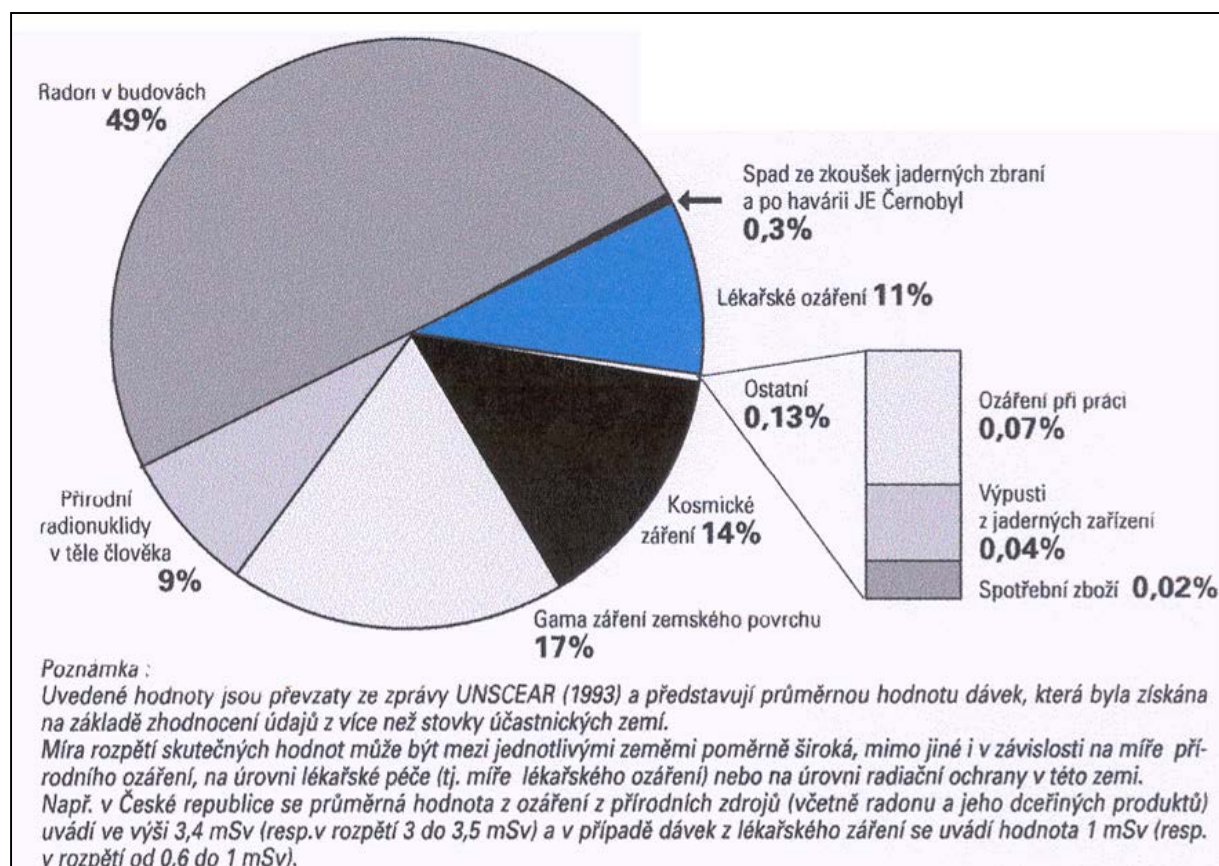
## **6.2 Ovzduší**

Znečišťování ovzduší vlivem hornické a úpravárenské činnosti je ošetřeno dvěma dokumenty. Prvním z nich je legislativa atomového zákona, která sleduje uvolňování radionuklidů do životního prostředí. Druhým dokumentem je zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, jehož cílem je monitoring emisí.

## 6.2.1 Uvolňování radionuklidů

Ohrožení spojené s těžbou uranu je ionizující záření. Jednotlivé složky životního prostředí jsou vystaveny tomuto záření neustále, vlivem přírodního ionizujícího vyzařování zemské kůry. V zemské kůře se rozpadají jádra radionuklidů nacházející se v jejích horních vrstvách. Takto vznikajícímu záření se nedá nijak zabránit. Druhým přirozeným zdrojem ionizujícího záření je kosmické záření, které je však z velké části omezeno vlivem atmosféry či magnetického pole planety Země. Radioaktivní prvky jsou součástí i lidských těl. *Všichni máme v těle přírodní radioaktivní izotop draslíku  $^{40}\text{K}$ , kterého je jenom 0,01 %, ale přesto je bezpečně detekovatelný* (Baran, 2002, s. 19). Dle níže uvedeného grafu můžeme vidět zastoupení různých zdrojů záření působících na živé složky životního prostředí.

Obr. 18: Zdroje ionizačního záření (zdroj: Koscielniak, 2016).



Vlivem těžby a úpravy uranové rudy na ložisku Rožná docházelo ke zvýšenému uvolňování radionuklidů do životního prostředí. Hlavní zdroje jsou oblasti odkališť, chemické úpravný, jam a větracích šachtic. Nejrizikovějším faktorem

jsou radionuklidy uran-radiové řady, z nichž jsou radiologicky nejvýznamnější uran (jeho izotop  $U^{238}$ ) a jeho dceřiné produkty radium ( $Ra^{226}$ ) a radon ( $Rn^{222}$ ).

## Uran

O uranu jsem se již zmiňovala v samostatné kapitole (viz kap. č. 3). V této kapitole bych se chtěla zaměřit na jeho vliv na životní prostředí, zejména na lidský organismus. Uran je totiž pro člověka nebezpečný nejen svojí chemickou toxicitou, ale i radioaktivitou. Některé základní radioekologické vlastnosti uranu zobrazuje tabulka č. 7. Pokud uran vnikne do organismu, ovlivňuje především metabolismus glycidů a poškozuje zejména ledviny. V menší míře se poškození týká také jater, ale i dalších životně důležitých center jako jsou např. kosti, ve kterých se váže na místo vápníku.

Ze zdravotního hlediska je velmi důležité, v jaké chemické formě se uran nachází, jaká je jeho mocnost ve chvíli, kdy dochází k expozici jedince. Při vniknutí do organismu ingescí (požitím) se 1 – 5 % vstřebá v organismu a zbytek je vyloučen. Ze vstřebané části se 92 – 95 % vyloučí močí v průběhu 2 – 6 dní, zbytek v intervalu 30 – 300 dní.

Velmi důležité je, jaká část organismu je zasažena a záleží také na chemické formě uranu. Při požití, nejsou sloučeniny uranu příliš toxické, mnohem závažnější je expozice inhalační. Při ní je toxicita ovlivněna také velikostí aerosolových částic. Rozpustná forma uranu je z 99 % odstraněna z plic během pěti dní. Dále je také nutné rozlišení mezi expozicí akutní a chronickou. Dlouhodobá expozice s nízkou úrovní koncentrace neprokazuje dlouhodobou chemickou toxicitu (interní dokument DIAMO s. p., 2018).

Tab. 4: Některé základní radioekologické vlastnosti uranu (DIAMO, s. p.)

	$U^{238}$	$U^{235}$
poločas přeměny	$4,5 \cdot 10^9$ let	$7,13 \cdot 10^8$ let
emise alfa	4,2 MeV	4,5 MeV
emise gama	-	0,143 - 0,204 MeV
emise beta	-	-
zdroj	uranová řada	aktiniová řada
nutriční analog	žádný	žádný
hlavní rezervoár v biosféře	litosféra	litosféra

hlavní způsob expozice člověka	inhalace, ingesce	inhalace, ingesce
stupeň začlenění do potravinového řetězce	nízký až střední	nízký až střední
kritický orgán	ledviny, plíce, zažívací trakt	ledviny, plíce, zažívací trakt
stupeň vstřebávání do organismu	velmi nízký	velmi nízký
stupeň retence v organismu	střední	střední

Na základě legislativy ČR, především Vyhlášky Státního úřadu jaderné bezpečnosti (dále jen SÚJB) č. 184/97 Sb. o požadavcích na zajištění radiační ochrany, existují přístupy, jejichž součástí jsou základní limity pro ozáření.

### Radium

Tento prvek objevili manželé Curieovi jako součást uranových zbytků. Hlavní izotop radia, které se vyskytuje v přírodě je  $Ra^{226}$ , zářič alfa s poločasem rozpadu 1620 let. Dále sem patří  $Ra^{228}$ , izotopy  $Ra^{223}$  a  $Ra^{224}$ , které jsou v našich podmínkách podstatně méně nebezpečné oproti  $Ra^{226}$ .

Radium je nejtěžší prvek II. hlavní skupiny periodického systému. Vyskytuje se výlučně jako pozitivně dvojmocný. Elementární radium je lesklý bílý kov hustoty  $5,5 \text{ kg/dm}^3$ . V přírodě se vyskytuje pouze s uranem, avšak na rozdíl od něj je nebezpečný pouze radioaktivitou. Vyzařuje ve velké míře alfa záření.

### Radon

V roce 1902 byl poprvé izolován a zkoumán Rutherfordem a Soddyem. Má tři přirozené izotopy  $Rn^{220}$  (z thoriové rozpadové řady),  $Rn^{221}$  (z aktinové rozpadové řady) a  $Rn^{222}$  (z uran-radiové rozpadové řady). Je nejtěžším prvkem VIII. hlavní skupiny periodického systému – vzácných plynů.

$Ra^{222}$  je dozimetricky nejvýznamnější z těchto 3 izotopů radonu, které se vyskytují v přírodě, a to jak pro člověka pracujícího v uranovém průmyslu, tak pro obyčejného občana. Z podzemí se tento prvek na povrch nedostane. Při vytěžení (kdy se dostane na povrch) je velmi rozpínavý a ve své plynné podobě se šíří na velké vzdálenosti. Jeho nebezpečí spočívá v jeho krátké době rozpadu. Poločasy rozpadu trvají pouhé desítky minut, ale také zlomky sekund. Má schopnost vázat se

na aerosolové částice obsažené ve vzduchu, a proto může být snadno vdechován a uskladňován zejména v dolních dýchacích cestách. V plicích se rozpadá na pevné částice, které není možné vydechnout ven. Vzniklé částice mohou způsobovat karcinogenitu plic.

Bylo zjištěno, že v uzavřených prostorách (zejména bytové sféře) je koncentrace radonu  $Rn^{222}$  o několik řádů vyšší než ve venkovním prostoru. Existují oblasti, kde je pronikání radonu z podloží do budov značné. Rozdíly jsou sledovány i ve stáří budov – u starších budov je ekvivalentní objemová aktivita radonu vyšší až dvojnásobně. Nejedná se však jen o budovy, ale celkově o uzavřené prostory, např. jeskyně a doly. Ve venkovním prostoru jsou objemové hodnoty radonu zvýšené při inverzi, v níže položených údolích atd. Konkrétním příkladem tohoto typu je větrací jáma mezi obcemi Rožná a Dolní Rožínka, která je položena v údolí. V obdobích vysokých teplot a bezvětří se v tomto údolí kumuluje radon a životní prostředí této oblasti (zejména obce Rožná) je tak vystaveno zvýšenému množství radonu v ovzduší.

### **Těžké kovy**

Součástí uranu ve vydobytých rudách jsou také těžké kovy. Jedná se především o arsen, mangan, kadmium, olovo a zinek. V odkalištích se navíc nachází také nikl, měď, chrom. Jejich problematika a rizikovost spočívá v tom, že se nerozpadají stejně jako radionuklidy. Nerozpadají se totiž vůbec a zůstávají tak všude tam, kde bylo manipulováno s uranovou rudou.

#### **6.2.2 Osobní monitorování**

Radioaktivní látky vyzařují tři typy škodlivého záření. Toto záření má různou sílu a dokáže projít s odlišnou intenzitou přes nastavené bariéry. Radioaktivní záření se v přírodě vyskytuje ve třech formách.

1. **záření alfa ( $\alpha$ )** – jádra atomů helia, která jsou složena ze dvou protonů a dvou neutronů
2. **záření beta ( $\beta$ )**- vysílání elektronů
3. **záření gama ( $\gamma$ )** – kvantové elektromagnetické záření

Ionizačním zářením jsou nejintenzivněji ohroženi pracovníci GEAM Dolní Rožínka. Nejvíce ti, kteří se vyskytují v provozu, tedy přímo u těžby nebo zpracování uranové rudy. Maximální míra ozáření za jeden rok může dosahovat až 50 mSv (milisievertů – Sv= Sievert = jednotka ekvivalentní dávky ionizujícího záření).

Pomocí výsledků osobního monitorování a výsledků monitorování na pracovišti byla prováděna regulace pracovníků tak, aby nedošlo k překročení limitů pro radiační pracovníky. Osobní monitorování bylo realizováno především osobními dozimetry ALGADE (Gregor & Tomanová, 2018).

Radiační pracovníci byli rozděleni do dvou kategorií. Pracovníci kategorie A, jejichž počet během roku 2017 klesl z důvodu ukončení těžby v dole R1. Tito pracovníci mohou obdržet efektivní dávku záření vyšší než 6 mSv/rok nebo dávku vyšší než 0,3 limitu ozáření pro oční čočky, kůži a končetiny. Následující tabulka uvádí průměrnou, maximální a kolektivní dávku příjmu ionizujícího záření radiačních pracovníků za posledních pět let.

Tab. 5. Pracovníci kategorie A: Průměrná, maximální a kolektivní efektivní dávka (zdroj: DIAMO, s. p.)

Pracoviště	Rok	Počet radiačních pracovníků	Roční efektivní dávka [mSv]		
			průměrná	maximální	kolektivní
Podzemí	<b>2017</b>	<b>305</b>	<b>2,03</b>	<b>9,26</b>	<b>620</b>
	2016	343	6,07	25,77	2 083
	2015	400	6,13	24,30	2 450
	2014	430	6,46	24,39	2 776
	2013	459	7,94	35,64	3 645
Povrch	<b>2017</b>	<b>135</b>	<b>1,08</b>	<b>3,55</b>	<b>146</b>
	2016	151	2,18	8,07	329
	2015	157	2,43	7,41	382
	2014	148	2,55	8,52	377

Pracoviště	Rok	Počet radiačních pracovníků	Roční efektivní dávka [mSv]		
			průměrná	maximální	kolektivní
	2013	153	2,53	8,91	388



### Komentář k tabulce:

Průměrná roční efektivní dávka je vypočtena jako podíl kolektivní roční efektivní dávky a počtu radiačních pracovníků.

Hodnoty roční efektivní dávky za rok 2017 u pracovníků v podzemí vykazují snížení oproti předchozím obdobím z důvodu ukončení komerční těžby uranové rudy na závodě Rožná I a následného snížení počtu radiačních pracovníků v podzemí dolu.

U pracovníků na povrchových pracovištích je stejné zdůvodnění poklesu hodnot efektivní dávky.

Druhá skupina pracovníků je označována jako kategorie B. Jedná se o zaměstnance pracující pouze na povrchu. Tabulka opět zaznamenává pětileté období ročních efektivních dávek.

**Tab.6. Pracovníci kategorie B: Průměrná, maximální a kolektivní efektivní dávka (zdroj: DIAMO, s.p.).**

Pracoviště	Rok	Počet radiačních pracovníků	Roční efektivní dávka[mSv]		
			průměrná	maximální	kolektivní
Povrch	2017	250	1,4	4,9	343
	2016	234	2,6	4,5	605
	2015	261	2,4	4,0	630
	2014	236	2,5	3,9	595
	2013	257	2,5	3,7	642

Všichni pracovníci skupiny A, tedy ti, kteří přicházejí do styku s uranem nebo uranovým koncentrátem, jsou opatřeni dozimetry a provádí zmíněné osobní monitorování, které slouží k určení osobních dávek škodlivého záření. Z údajů zaznamenaných v tabulkách je evidentní, že zářením nejvíce ohroženou skupinou byli pracovníci v podzemí.

Monitorují se také pracoviště, kde se sledují, měří, hodnotí a zaznamenávají veličiny a parametry, které charakterizují pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů. Velmi důležitým faktorem při monitorování radioaktivity je poločas rozpadu. Ten určuje dobu, během níž se rozpadne polovina radioaktivních jader. Předpokládá se, že

všechna radioaktivní jádra atomů, rozpadnou-li se desetkrát, zaniknou. Uranová ruda však obsahuje velké množství radioaktivních látek. Mnohé z nich mají příliš dlouhý poločas rozpadu v řádu několika tisíců až desetitisíců let. Haldy hlušiny a odkaliště se tak stávají dlouhodobým zdrojem radioaktivního záření (více viz Gregor & Tomanová, 2018).

### **6.2.3 Zdravotní rizika**

Je-li jedinec vystaven dlouhodobé expozici relativně malých dávek radonu, dochází k možnosti vzniku nádorových onemocnění, tzv. karcinogenitě. Vlivem účinků ionizujícího záření mohou nastat i změny další, včetně změn genetických, či akutních nemocí a poškození z ozáření, poškození plodu in utero, nenádorových somatických onemocnění atd.

Pro radioizotopy je rozhodující a důležitá možnost bioakumulace do orgánů a těl organismů, respektive nárůst jejich koncentrace. Tyto látky, uložené v organismu, nejčastěji mění genetickou povahu buňky a způsobují její maligní transformaci. Nejčastěji rakovinné nádory vznikají v kostech (leukémie), na plicích, v tlustém střevě a žaludku. O polovinu nižší riziko hrozí u močového měchýře, mléčné žlázy, jater, jícnu a štítné žlázy. Malá rizika jsou pak pro povrchy kostí a kůže.

Dle interního dokumentu s. p. DIAMO je doba latence od doby ozáření až po vznik nádorů může být různě dlouhá. Nejkratší, a to v řádech cca 5 – 15 let, je u leukémie. Pokud se u horníků objeví rakovina plic, bývá to zpravidla 15 – 25 let po expozici ionizujícího záření. Některé druhy nádorů se mohou objevit až po 40 letech.

K nárůstu zhoubných buněk vznikajících vlivem hromadění a působení radioizotopů, může dojít nejen přímo v lidském organismu, ale také ve vodních a terestrických ekosystémech či potravních řetězcích.

Pro porovnání přijatých dávek ionizujícího záření z přírodních zdrojů a zdrojů uměle vytvořených (v tomto případě rentgenového záření, které může být součástí lékařských vyšetření), přikládám tabulku, kde je možné nahlédnout na některé zajímavé údaje (tab. 10).

Vyšetřovací metoda	Typické efektivní dávky (mSv)	Ekvivalentní počet snímků při rtg vyšetření plic	Přibližná doba, za kterou by člověk obdržel ekvivalentní dávku ozáření z přírodních zdrojů <sup>2)</sup>
<b>rentgenologická vyšetření</b>			
Končetiny a klouby (kromě kyčlí)	< 0.01	< 0.5	< 1.5 dne
Zuby <sup>3)</sup>	0.02	1	3 dny
Plíce (jeden PA snímek)	0.02	1	3 dny
Lebka	0.07	3.5	11 dní
Mamografie (screening) <sup>4)</sup>	0.1	5	15 dnů
Kyčel	0.3	15	7 týdnů
Pánev	0.7	35	4 měsíce
Hrudní páteř	0.7	35	4 měsíce
Břicho	1.0	50	6 měsíců
Bederní páteř	1.3	65	7 měsíců
Polykací akt	1.5	75	8 měsíců
CT hlavy	2.3	115	1 rok
IVU	2.5	125	14 měsíců
Vyšetření žaludku	3	150	16 měsíců
Střevní pasáž	3	150	16 měsíců
Irigoskopie	7	350	3.2 roku
CT hrudníku	8	400	3.6 roku
CT břicha nabo pánve	10	500	4.5 roku
<b>nukleárně - medicínská vyšetření</b>			
Plicní ventilace (Xe-133)	0.3	15	7 týdnů
Plicní perfuze (Tc-99m)	1	50	6 měsíců
Ledviny (Tc-99m)	1	50	6 měsíců
Štítná žláza (Tc-99m)	1	50	6 měsíců
Kosti (Tc-99m)	4	200	1.8 roku
PET hlavy (F-18 FDG)	5	250	2.3 roku
Dynamické scintigrafie myokardu (Tc-99m)	6	300	2.7 roku

Tab. 10.: Porovnání dávek ionizujícího záření z přirozených zdrojů a z rentgenového ozáření při lékařském vyšetření (zdroj: Koscielniak, 2016).

Nejen radioaktivní záření ovlivňuje negativně zdraví lidí vyskytujících se v blízkém okolí těžby uranu. Významným rizikovým faktorem je také hluk. Rozsah zvuků nacházejících se v rozmezí 16 Hz – 20 tisíc Hz, které mohou poškodit sluchový orgán, je možné označit za hluk. Navíc může vést narušení sluchových center v mozku k dalším funkčním poškozením organismu. „*Takové účinky se označují za mimosluchové. Hluk snižuje soustředěnost, omezuje krátkodobou paměť a může způsobit i zvýšení krevního tlaku.*“ (Braniš, 2004, s. 157)

## 6.2.4 Zdroje znečišťování ovzduší

### a) Uvolňování radionuklidů do životního prostředí

Radiační zátěž životního prostředí byla sledována podle programů monitorování schválených Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (dále jen SÚJB). Vyhodnocení výsledků monitorování veličin, parametrů a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany (dávkový příkon záření gama, ekvivalentní objemová aktivita radonu, izotopy uranu U-238 ( $U^{238}$ ) a radia Ra-226 ( $Ra^{226}$ ) v prašném spadu a další) je provedeno v samostatných zprávách jednotlivých odštěpných závodů (Vostarek, 2018).

- Odkaliště K 1 a K 2 (obr. 19)



Obr. 19: odkaliště K 1 (zdroj: DIAMO, s .p.).

- Výduch sušárny (obr. 20)



Obr. 20: výduch sušárny CHÚ (zdroj: DIAMO, s. p.).

- Výduchy mlýnice (obr. 21)



Obr. 21: výduchy mlýnice (zdroj: DIAMO, s. p.).

- Větrací stanice R 4 a R 6 (obr. 22)



Obr. 22: větrací stanice R 6 (zdroj: DIAMO, s. p.).

## b) 2) Monitoring emisí podle zákona o ochraně ovzduší

Vyjmenované stacionární zdroje:

- Kotelna CHÚ (obr. 23)
- Výduchy (technologie) hlavní výroby ZCHÚ
- Technologické čistírny odpadních vod
- Povrchová úprava tryskáním
- Dieselagregáty DA I, DA II
- Parní kotelna 2 x 2,5 t páry/hod
- Technologie zpracování dřeva
- Skládka TKO Bukov



Obr. 23: Měření emisí autorizovanou firmou na vyjmenovaném stacionárním zdroji kotelna ZCHÚ (zdroj: DIAMO, s. p.).

### 6.2.5 Emisní a imisní limity

Emisní a imisní limity jsou velmi důležitou součástí monitoringu, protože se týkají nejen ovzduší, ale i dalších složek životního prostředí, zejména vodstva. Ekologové pracují se dvěma typy emisních limitů – „p“ a „m“. Emisní limit „p“ je hodnota, která je považována za hodnotu dodrženu. Hraniční hodnota tohoto limitu je stanovena zákonem a může být překročena pouze v závislosti na počtu odebíraných vzorků v určeném období. Druhý emisní limit „m“ je hodnota, která je nepřekročitelná.

Výsledky monitorování jsou vyhodnocovány formou zjišťování změn chemismu proti předešlým obdobím, porovnáváním s přípustnými hodnotami stanovených ukazatelů a referenčními úrovněmi radionuklidů. Podle limitů určených SÚJB je hodnocena aktuální situace znečištění. Pokud jsou naměřené hodnoty pod limitem nebo ho nepřekračují, jedná se o vzorky vod a prašného spadu, které jsou analyzovány ve Středisku zkušebních laboratoří o. z. GEAM (dále SZLAB), jenž je akreditováno Českým institutem pro akreditaci. Specializované rozborů provádí centrální zkušební laboratoř Státního ústavu pro jadernou, chemickou a biologickou ochranu, v.v.i. Kamenná. Takovou monitorovací úroveň lze označit jako záznamovou. Může se ale stát, že měření mírně překročí stanovený limit (až o jednu desetinu). Potom hovoříme o vyšetřovací úrovni. V tomto případě musí být měření provedeno ještě jednou. Většinou je druhé měření opět v normě. Poslední úroveň monitoringu je úroveň zásahová, při níž jsou naměřené hodnoty příliš vysoké a musí být provedeno specifické opatření. Takové události řadíme do úrovně zásahové. Zmíněné tři

monitorovací úrovně používáme jak při limitů vod, tak i ovzduší (Váša & Toman, 2018).

V závěru této podkapitoly je třeba zmínit fakt, že celková prašnost byla významně snížena vlivem ukončení těžby a úpravy uranové rudy na ložisku Rožná v roce 2017.

### **6.3 Vlivy na půdu**

Nejvíce rozšířeným půdním typem na Bystřicku jsou kambizemě, které jsou doplněny druhým nejčastěji se zde vyskytujícím půdním typem pseudoglejí. Kambizem je typický kyselý druh půdy. Vzniká na svahovinách tvořených horninami rul, svorů, granulitů a fylitů, kyselými a neutrálními intruzivami (více Chmelíková, 2012).

#### **Znečištění půdy**

Složkou životního prostředí v okolí odštěpného závodu GEAM Dolní Rožínka, která je zasažena látkami z těžebního a úpravárenského procesu, je půda. Poškození má většinou charakter degradací půdy, která je způsobena jejím znečištěním. To má podobu usazování radioaktivních látek nebo těžkých kovů jako je například měď, zinek, nikl, olovo aj. Tyto látky se rozptýlí po okolí ve formě prachu. Tento prach může mít několik zdrojů, například sanační práce na odkalištích, důlní činnost, větrání dolů nebo přeprava rudniny z dolu na depo. Ulpívající prach na silnicích bývá řešen tak, že se po určité době vymění zemina při krajnicích silnic za novou. Dalším způsobem poškozování půdního systému je odlesňování. Půda je tak „obnažena“ a dochází k větším rizikům jejího znečištění radioaktivním prachem.

#### **Zemědělství**

Také plodiny v bezprostřední oblasti odkališť, chemické úpravny či dolů jsou kontrolovány. Většinou se jedná o produkty zemědělství pěstující se v okolí. Typickým příkladem jsou brambory, ale také obilí nebo kukuřice. Nejvíce se v těchto surovinách nachází uran a radium. Jejich hodnota v plodinách je však velmi nízká. V 90. letech byly v orné půdě zjištěny zvýšené obsahy rtuti, což může souviset s aplikací prostředků s obsahem rtuti.

#### **Odlesňování**



Snahou získat území na vybudování těžařského areálu, docházelo k odlesňování krajiny. Došlo tak ke fragmentaci lesního porostu, kdy byly lesní plochy rozdělovány na menší části. „*Taková fragmentace v první řadě ovlivňuje druhovou biodiverzitu omezením rozsahu vhodných biotopů, blokuje tradiční migrační cesty organismů, představuje místa vhodná pro invazi nepůvodních druhů a mění mikroklima podél okrajů rozdělených biotopů.*“ (Červinka., 2005, s. 87) Odlesňováním dochází nejen ke změnám klimatu, ale také k erozím.

## **Eroze**

Na zemědělsky obhospodařovaných pozemcích (orná půda) je běžná vzdušná eroze, na svažitéch pozemcích pak i vodní eroze. Na odkalištích dochází ke vzdušné i vodní erozi. Větrná eroze je potlačována postřikem, následky vodní eroze (projevují se především na svazích hrázového systému) jsou bezprostředně odstraňovány obsluhou odkališť.

## **6.4 Živočichové a rostliny**

Během dobývání uranové rudy a s ní spjaté proměny krajiny daného území, docházelo v této oblasti ke změnám nejen týkajících se vzhledu krajiny a reliéfu, ale také ke změnám ve skladbě rostlinného i živočišného charakteru. Pro mnohé živočichy mohlo narušení jejich původně přirozeného prostředí znamenat změnu místa jejich působení. Důvodem by mohly být potravní podmínky, ale i změna krajinného rázu.

Mnoho druhů hmyzožravých i masožravých ptáků může být stále ohroženo. V okolí řešeného území byli zjištěni tyto ptáci:

- čáp černý - v rozlehlých lesních komplexech
- ledňáček říční - nejbližší hnízdiště na Bobrůvce u Mitrova, loví i na Nedvědičce
- holub doupňák - nejbližší hnízdiště v lokalitě Skalka
- křepelka obecná - pravděpodobné hnízdění v okolí odvalů a odkališť
- bramborníček černohlavý - hnízdiště na jižním svahu odkaliště K 1
- bramborníček hnědý - jediný pár pozorován u Horní Rožínky
- ťuhýk obecný - poměrně již běžný, pravděpodobně i v okolí odvalů a odkališť

- koroptev polní - pozorována pouze v okolí Bystřice nad Pernštejnem
- ještěáb lesní - pozorován jen při přeletu
- ořešník kropenatý - v okolí Zlatkova
- potápka roháč - ojediněle ve vzdálených lokalitách (Bystřice nad Pernštejnem)
- rorýs obecný - menší populace hnízdí v Rožné, Dolní Rožínce, Zvoli
- vlaštovka obecná - nehojně prakticky ve všech obcích

Z bezobratlých:

- rak říční - jeho výskyt byl zaznamenán přímo u výpustného profilu do řeky Nedvědičky. Z toho by bylo možné usuzovat na minimální znečištění vlivem vypouštění dekontaminovaných vod závodu chemické úpravy (ZCHÚ).

Z plazů je možné zmínit:

- ještěrka obecná - jižní zatravnělé svahy hrázového systému K 1. Během rekultivací je na místě dbát na udržení podmínek a zachovat tento pro ještěrku příznivý biotop.
- slepýš křehký - ojedinělý výskyt ve smíšených lesích v jižní části širšího zájmového území
- užovka obojková - rovněž ojedinělý výskyt poblíž rybníků v jižní části širšího zájmového území

Obojživelníci:

- skokan zelený - málo četné populace na rybnících (Bukov, Horní Rožínka aj.)
- ropucha obecná - běžný výskyt vázaný na mělké rybníky

Savci:

- veverka obecná - velmi zřídka v lesích celého zájmového území

Nejvýznamnější změnou na řešeném území bylo odlesňování krajiny za účelem výstavby areálu chemické úpravy a budování těžních věží. V rámci tohoto budování byly také zlikvidovány některé zemědělské plochy. Chráněné rostliny se vyskytují v dostatečné vzdálenosti od odštěpného závodu, tudíž v minulosti nebyly výstavbou,

těžbou ani kontaminací či jinými negativními vlivy nijak postiženy. Naopak na některých místech se objevily regionálně vzácnější druhy teplomilných rostlin:

- žluťocha orlíčkolistá - bývalé ústí Zlatkovského potoka do Nedvědičky
- chlupáček Bauhinův - tělesa hrází obou odkališť
- chrastavec křovištní - jižní svahy nad odkalištěm K 2

Pět druhů chráněných rostlin podle zákona č. 114/92 Sb. a vyhlášky č. 395/92 Sb.

- sleziník hadcový - jižní okraj Rožné
- prstnatec plamatý - ve vzdálenější lokalitě Křížnice
- prstnatec májový - západně od Rodkova
- vachta trojlistá - vzdálené lokality Pernštejnské Janovice, Věchnov
- všivec mokřadní - vzdálená lokalita Machlice u Věchnova

#### Významné stromy

V bezprostředním okolí odkališť se významné staré stromy nevyskytují - vyjma ojedinělých buků v Rodkovském lese a mohutných starých lip a javorů ve Dvořišti. Stavbou sanace a rekultivace odkališť nejsou tyto stromy ohroženy.

#### Ohrožená společenstva

Fragmentovitě zastoupené bučiny, vlhkomilná až mokřadní společenstva, se vyskytují na vzdálenějších lokalitách a vlastní realizací stavby nejsou ohrožena (interní dokument DIAMO, 2018).

## **6.5 Uložení vyhořelého jaderného paliva**

Velkým problémem je uskladnění vyhořelého jaderného paliva. Takové palivo je možné přepracovat a znovu využít, nebo uložit. „*Úložiště jaderného odpadu musí splňovat celou řadu náročných požadavků, aby nedocházelo k poškození životního prostředí. Jako nejvhodnější se zatím jeví jeho uložení do podzemí ve speciálních kontejnerech.*“ (Červinka, 2005, s.69) Z těchto důvodů také vzniklo u obce Bukov podzemní výzkumné pracoviště (dále jen PVP), kde se tuto problematiku snaží řešit. Reakce úložných kontejnerů a radioaktivní odpad, který je v nich uložen, mohou

reagovat různými způsoby v odlišně dlouhé době. Cílem výzkumu je zjistit, jaký materiál na výrobu kontejnerů je tím nejvhodnějším, aby nedocházelo v budoucnu k situacím, během nichž by mohlo být zasaženo a poškozeno životní prostředí.

## **6.6 Celkový vliv sanační a rekultivační činnosti v oblasti Rožná**

Po uzavření posledního dolu R 1 v těžební oblasti Rožná, je možné začít realizovat plán sanace a rekultivace krajiny, který byl schválen kromě ministerstva životního prostředí dalšími odpovídajícími institucemi, ať už na úrovni státní, regionální nebo obecní.

Ze zpracovaných odborných podkladů a příslušných vyjádření Ministerstva životního prostředí dále vyplývá, že záměr nebude mít významný negativní vliv na kvalitu ovzduší v dotčené lokalitě. Samotná realizace záměru nebude mít negativní účinky na čistotu povrchových a podzemních vod, odstranění odvalu a následná rekultivace pak bude mít příznivý vliv na kvalitu podzemních vod. Záměr nebude mít negativní vliv na půdu, vliv na horninové prostředí bude málo významný. Nedojde ani k znatelným negativním vlivům na místní faunu a flóru a okolní ekosystémy, nebude mít žádný vliv na soustavu Natura 2000, prvky ÚSES ani zvláště chráněná území. Odstraněním nepotřebných objektů s následnou lesotechnickou rekultivací bude eliminováno dosavadní narušení krajinného rázu, vliv realizace záměru tedy bude pozitivní.

Důležité odbory ministerstva životního prostředí hodnotí plán sanace a rekultivace pozitivně. Odbor pro ochranu ovzduší apeluje na dodržování Programu zlepšování kvality ovzduší. Na základě tohoto programu je vyžadováno snižování prašnosti v areálech průmyslových podniků, omezení emisí ze skládek, manipulace se sypkými materiály apod. a celkové snižování emisí. Odbor ochrany vod dbá na dodržování závazných podmínek v rámci realizace záměru především ve smyslu pokračování důsledného monitoringu kvality vod na stanovených profilech. Dále požaduje čerpání a čištění vody z dolu R 1 až do doby, kdy bude zcela vyčištěna. Taková voda pak může přirozeně odtékat do vodoteče v blízkosti ústí do řeky Nedvědičky. Odbor geologie doporučuje úpravy na technologické lince třídění kameniva tak, aby nevznikaly kaly či odpadní vody. Dále doporučuje sledovat kvalitu povrchových vod na profilech řeky Nedvědičky i vody do ní vypouštěné z odštěpného závodu GEAM.

Veškerý monitoring musí být pravidelně vyhodnocován a upravován dle naměřených výsledků a potřeb prospívajících životnímu prostředí

## 7 . Využití problematiky těžby uranu v systému vzdělávání

V současné době je oproti minulosti těžba uranových rud v České republice významně utlumena. Přesto po sobě zanechala dopady na životní prostředí, které budou předmětem řešení ještě mnoho let po jejím ukončení. V souvislosti s tímto faktem je důležité, vychovávat a působit na novou generaci v zájmu ochrany životního prostředí, motivovat ji k aktivnímu chování ve vztahu k přírodě, umět nahlížet a správně přistupovat k řešení složité problematiky životního prostředí jako celku.

Environmentální výchova zahrnuje jednak vzdělávání (získávání vědomostí, dovedností a návyků) a jednak výchovu v užším smyslu slova (rozvoj vlastností, vůle, zájmů, charakterových rysů projevujících se ve správném chování k prostředí). *„Tato výchova nemůže být tedy povrchní, nedá se odbýt „přidáním“ zakazujících či doporučujících pouček k obsahu vzdělání, ale naopak musí veškerou výchovu nenásilně, ale zato důsledně prolínat.“* (Demek, 1978) Primárním činitelem působícím na takové chování je rodina, ale také prostředí školy má v tomto ohledu významnou roli. Školní působení zahrnuje organizovanost, cílevědomost i společenskou zaměřenost. Tyto aspekty se podílí na tvorbě systému, který je zakotven v pedagogických dokumentech – RVP a učebnicích.

Problematika vlivu těžby uranu na životní prostředí nepatří k jednoduchým tématům a jejich implementace do výuky na základní škole je poměrně náročná v mnoha ohledech. V rámci jejího pochopení je třeba akceptovat mentální schopnosti žáků a zaměření školního vzdělávání, proto si myslím, že náměty na začlenění tématu do výuky odpovídají spíše druhému stupni základních škol a středním školám. Také je nutno brát v úvahu, že využitím tématu těžby uranu a jejím vlivem na životní prostředí, se budou zabývat pouze pedagogové a žáci škol, kteří žijí v dotčeném regionu.

Přesto je možné se v rámci 1. stupně ZŠ s uranem a jeho těžbou v okolí alespoň lehce seznámit. Vzdělávací oblast *„Člověk a jeho svět“* je koncipovaná pouze pro 1. stupeň vzdělání na základních školách. Tato komplexní oblast vymezuje

*vzdělávací obsah týkající se člověka, rodiny, společnosti, vlasti, přírody, kultury, techniky, zdraví a dalších témat.“ (RVP ZV, 2017)*

## **7.1 Problematika těžby uranu na 1. stupni ZŠ**

„Využití tohoto tématu se na 1. stupni nabízí ve vzdělávací oblasti „Člověk a jeho svět“ (viz RVP VZ, 2017). Tato oblast se dělí do pěti tematických okruhů (oborů). Ve všech se dá lehce dotknout „uranové tematiky“. Je však nezbytné, aby bylo toto složité téma dětem podáno ve zjednodušené formě tak, aby odpovídalo jejich rozumovým schopnostem.

**Místo, kde žijeme** – při popisu místa a okolí svého bydliště zmiňuje jevy, kterých si všímá (na procházce, na výletě), jako např. těžební věže, které jsou v krajině patrné a je přirozeným zájmem dítěte vnímat regionální odlišnosti, ptát se na jejich význam.

**Lidé kolem nás** – vyprávění si o povolání horníka a jeho činnosti. Rozvíjet představivost dětí o tom, jaká je náplň práce horníka či zaměstnanců chemické úpravny.

**Lidé a čas** – v rámci svého regionu se zabývá zjišťováním údajů o hornické činnosti (od počátků těžby po současnost). Tematicky se dá zařadit také návštěva Městského muzea v Bystřici nad Pernštejnem, kde se nachází stálá hornická expozice.

**Rozmanitost přírody** – v souvislosti s poznáváním principů rovnováhy v přírodě se žák snaží posoudit, jak hornická činnost mohla změnit charakter přírody. Poznává aspekty, které se změnami souvisí, hodnotí vzájemné vztahy mezi prostředím a organismy.

**Člověk a jeho zdraví**- tento okruh nemá v RVP ZV konkrétní výstupy, které by se daly stoprocentně zařadit, ovšem částečně se prolíná s okruhem o rozmanitosti přírody, kde se pojednává o činnostech a aktivitách člověka, které mohou prostředí i zdraví člověka podporovat nebo poškozovat. Zde je možné zabývat se nebezpečím a riziky, které těžba uranu bezpochyby přináší.

Náměty na mezipředmětové vztahy

**Výtvarná výchova** – kresba krajiny před těžbou, během ní a sto let po ukončení těžby

**Pracovní činnosti** – po návštěvě hornické expozice v Bystřickém Muzeu modelování hornických nástrojů či modelu krajiny, v níž probíhá těžba

**Český jazyk**– práce s encyklopedií – zjišťování různých údajů týkajících se daného tématu

## **7.2 Problematika těžby uranu na 2. stupni ZŠ**

Na druhém stupni ZŠ se dá téma týkající se těžby uranu aplikovat na více předmětů. Přímo v rámci průřezového tématu v odvětví environmentalistiky se jedná o vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“v němž se žáci mohou zabývat těžbou uranu v dané oblasti ve vztahu k funkci ekosystémů i k celé biosféře jako celku. „Člověk a společnost“

### **7.2.1 Využití tématu v přírodopise a zeměpise**

Propojení těchto dvou předmětů jsem použila z důvodu vzájemného tematického prolínání se u témat, která se týkají těžby uranu.

V rámci hodin přírodopisu i zeměpisu mohou školy využít podmínek v dané oblasti k terénním pracím a exkurzím. V oblasti Dolní Rožínky je možnost uskutečnit např. pěší putování „po stopách těžby uranu“ na trase začínající v obci Dolní Rožínka, které by pokračovalo místním lesem směrem k obci Rodkov. V lesním prostředí zde mohou žáci sledovat poklesy půdy, které tam vznikají po zasypání dolu. Cílem by byla chemická úpravna DIAMO (u obce Rodkova), kde by se žáci dozvěděli informace o jejím provozu apod. Také návštěva zalesněné haldy šachty Milasín či Rozsochy je zajímavým místem pro exkurzi. Žáci zde mohou pozorovat a objevovat jevy, které poukazují na těžební činnost, např. umělé tvary povrchu. Mohou zde být také demonstrovány rostliny, které se používají na rekultivaci krajiny na haldách. Většinou se jedná o vegetaci kyselých půd. Na exkurzi dochází k prolínání tématu těžby uranu do učiva přírodopisu i zeměpisu zejména v rámci tematických výstupů 9. ročníku ZŠ.



## Přírodopis - vzdělávací obory: Neživá příroda, Živá příroda

Nerosty a horniny – poznávání nerostů a hornin nalezených při exkurzi v terénu.  
Určení textury a struktury nalezených hornin

Vnější a vnitřní geologické procesy a půdy (příčiny a důsledky těžby na pozorovaných zrekultivovaných důlních dílech, zasypaných šachtách – poklesy půdy)

Rozšíření, význam, ochrana živočichů a rostlin – pozorování rostlinných a živočišných druhů, které se v oblasti vyskytují

Zeměpis – vzdělávací obory: Životní prostředí a Terénní geografická výuka, praxe a aplikace

- Krajina místního regionu a vztah přírody a společnosti (pozorování krajinného rázu, jeho narušení vlivem lidské činnosti - těžby).
- Cvičení a pozorování v terénu místní krajiny, geografická exkurze (náčrty krajiny, hledání uměle vytvořených jevů v krajině vlivem těžby).

Zmíněným „přírodopisno-zeměpisným“ terénním pracím může předcházet tematická výuka v hodinách zeměpisu, zaměřená na práci s mapou, určování míst těžby uranu v rámci ČR i v rámci regionu, vyhledávání těchto míst a seznámení se s různými tvary půdních povrchů a devastacemi terénu, s jejich následným poznáním v terénu při pěších exkurzích. Další aktivitou při práci s mapou by mohlo být vyhledávání a nacházení míst těžby nerostných surovin, které jsou v blízkosti uranových žil, získávání vlastních poznatků a jejich skládání do souvislostí.

Zeměpis – vzdělávací obory: Česká republika, Geografické informace, zdroje dat, kartografie a topografie.

- Geografická kartografie a topografie (seznamování se s měřítkem a obsahem plánů a map, orientace v nich při vyhledávání míst těžby v rámci ČR i regionu).
- Místní region (určování polohy a přírodních a socioekonomických charakteristik regionu v těžební oblasti).

V rámci hodin zeměpisu je možné věnovat se problematice vodstva a vodních toků. Jejich znečištění je velkým problémem zejména v severních Čechách. Zde se týká většinou podzemních vod. V oblasti Dolní Rožínky jsou znehodnoceny spíše vody povrchové. Srovnání obou lokalit a vysvětlení si, proč je tomu právě tak, může být zajímavým námětem pro další vyučovací hodinu.

Zeměpis – vzdělávací obor: Životní prostředí.

- Vztah přírody a společnosti (znehodnocování složek životního prostředí, konkrétně vody).

Přírodopis – vzdělávací obor: Neživá příroda.

- Podnebí a počasí ve vztahu k životu (riziko prosakování odkalištích vod, eroze na odkališti, problematika přibývání srážkové vody v odkalištích či v dolech, hrozba přívalových dešťů atd.).

### **7.2.2 Využití tématu v chemii**

V rámci mezipředmětových vztahů se dá uranová tematika využít i při výuce chemie. Zařazením uranu mezi kovové prvky s následným určováním vlastností kovů přejdeme k otázce, proč je o uran takový zájem. Odpovědi nás dovedou k tomu, že se jedná o energetickou surovinu, která měla ve své historii mnohá využití (např. barvení, výroba jaderných zbraní, palivo, atd.).

Vzdělávací obory:

- Chemie a společnost – vliv uranu na životní prostředí a zdraví člověka
- Prvky – kovové prvky, jejich vlastnosti
- Organické sloučeniny – paliva (uran jako zdroj energie).

### **7.2.3 Využití tématu ve fyzice**

Ve fyzice se můžeme zabývat radioaktivním zářením, jeho dělením na záření alfa, beta a gama záření. Je zde možnost měření radioaktivního záření pomocí přístrojů tzv. GAMA-BETA soupravy. Tuto sadu přístrojů věnoval ČEZ školám, v jejichž oblasti

probíhala těžba uranové rudy. Tyto školy také v minulosti dostaly finanční částku na nákup pomůcek souvisejících s těžbou uranové rudy.

#### Vzdělávací obory:

- Energie – jaderná energie, ochrana lidí před radioaktivním zářením.

#### **7.2.4 Využití tématu ve výchově ke zdraví**

Mezipředmětové vztahy mohou probíhat i v jiných než přírodovědně zaměřených předmětech. Například bych si dokázala představit toto téma ve výchově ke zdraví a to z hlediska působení radionuklidů a radioaktivního záření na zdraví populací, žijících na postižených územích. Zde může být zdůrazněno škodlivé působení radia. Tento prvek je díky nízkému poločasu rozpadu nebezpečným a ohrožujícím zdraví, zejména postihuje plicní tkáň. Také prašnost prostředí při přepravě uranové rudy je velkým problémem. Proč to tak je a jak tomu zabránit? Žáci mohou tvořit návrhy, hypotézy, apod.

#### **7.2.5 Využití tématu v českém jazyce**

Jejich úvahy nad tímto tématem mohou být i výstupem práce v českém jazyce – slohu. Ve čtení mohou zase pracovat s odborným textem, vyhledávat informace v encyklopediích či různých tematických novinových článcích.

### **7.3 Environmentální výchova**

J. Ladomerský zdůrazňuje význam environmentalistiky v prevenci znečišťování životního prostředí; definuje ji jako „*multidisciplinární obor, zaměřený na environmentální hodnocení jednotlivých antropogenních činností souvisejících s výrobou a spotřebou a na návrhy řešení minimalizace (včetně technologií čištění a technickoorganizačních opatření) jejich negativních důsledků na životní prostředí a zdraví člověka*“. (Máchal, 2000, s. 12) Jsem toho názoru, že environmentální výuka je širokospektrá a lze ji uskutečnit ve větší či menší míře téměř ve všech vyučovacích předmětech. „*Umožňuje sledovat a uvědomovat si dynamicky se vyvíjející vztahy mezi člověkem a prostředím při přímém poznávání aktuálních hledisek ekologických, ekonomických, vědeckotechnických, politických a občanských, hledisek časových*

*(vztahů k budoucnosti) i prostorových (souvislostí mezi lokálními, regionálními a globálními problémy), i možnosti různých variant řešení environmentálních problémů.*“(RVP ZV, 2017, s. 134). Proto i tematika těžby uranu a jejího vlivu na životní prostředí v oblasti Žďáru nad Sázavou je poměrně dobře pedagogicky uchopitelná, ale až ve vyšších ročnících školního vzdělávání. Důležitou roli zastává učitel, jeho rozhled a zájem o problematiku uranové těžby a životního prostředí.

## 8 Závěr

Bakalářská práce se ve svém obsahu zabývala těžbou uranu v oblasti Dolní Rožínky, její historií a vývojem v průběhu šedesáti let. Velký důraz byl kladen na stav životního prostředí. Právě životní prostředí je aspektem, který se bude řešit i do budoucna, několik desítek let poté, co byl uzavřen poslední hlubinný důl v této významné těžební oblasti a zároveň v celé České republice. Nyní nastává čas, kdy se bude pracovat zejména na zahlazování stop po uranové činnosti v této lokalitě. V rámci sanací a rekultivací zde stále probíhá monitoring složek životního prostředí. Nejvíce kontrolována je voda, která je v tomto ohledu složkou přírody velmi ohroženou. Na DIAMU, v odštěpném závodu GEAM Dolní Rožínka, dochází k dekontaminaci technologických a odpadních vod a jejich následnému vypouštění do potoků a řek. Používaná technologie je na tak dobré úrovni, že voda, která je vypouštěna z čističek a ředěna s přírodními vodami, má téměř charakter destilované vody. Druhou důležitou složkou je ovzduší, které bylo po dlouhý čas znečišťováno především prachem, jenž se šířil vzduchem do životního prostředí nejen při těžbě, ale i při převozu a úpravě uranové rudy. Tento škodlivý jev má po ukončení těžby uranu sestupné tendence a kvalita ovzduší se razantně zlepšuje. Důkazem jsou monitoringy, které neustále probíhají a zaznamenávají kvalitu ovzduší. Méně sledovanými, ale přesto významnými složkami životního prostředí jsou půda, rostliny, živočichové, kteří se v této oblasti vyskytují. Někteří z nich jsou významnými bioindikátory stavu životního prostředí (například rak u výpustného profilu z chemické úpravy do řeky Nedvědičky). Z toho lze usuzovat na celkové zlepšování stavu postižené krajiny.

V posledních kapitolách práce jsem se věnovala rámcovému vzdělávacímu systému pro základní školy v souvislosti s těžbou uranu. Je možné se zde dočíst, jak využít zmíněnou problematiku ve výuce v regionech, kterých se tato tematika týká. Protože téma těžby uranu je poměrně složité, hraje zde velmi důležitou roli učitel, který bude schopný žákům předat informace o těžbě uranu zajímavou formou a dokáže je motivovat k práci a podněcovat jejich kritické myšlení.

## 9 Použitá literatura

- BRANIŠ, Martin. *Základy ekologie a ochrany životního prostředí: učebnice pro střední školy*. 3., aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, 2004. ISBN 80-7333-024-5.
- BARAN, Václav. *Jaderná energetika a další problémy moderní civilizace*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-1048-3
- CIMALA, Zbyněk. *Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a ve východních Čechách*. o.z. GEAM Dolní Rožínka, 1997.
- ČERVINKA, Pavel. *Ekologie a životní prostředí: učebnice pro střední a odborné školy a učiliště*. Praha: Nakladatelství České geografické společnosti, 2005. ISBN 80-86034-63-1.
- DEMEK, Jaromír et al. *Životní prostředí České socialistické republiky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1978.
- DEMEK, Jaromír a Václav NOVÁK. *Vlastivěda moravská*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, 2002. ISBN 80-85048-30-2.
- DIAMO, státní podnik. *50 let ZCHÚ 1968 – 2018* [cd]. Neprodejný nosič pro vnitřní potřebu DIAMO, s. p. Tento film vznikl jako vzpomínka při ukončení těžby uranu na ložisku Rožná a pro potřeby oslav nadcházejícího výročí 50 let činnosti Chemické úpravny.
- DOBIÁŠOVÁ, Hana. *Uranové doly Dolní Rožínka 1957 – 1987*. Uranové doly, koncernový podnik – Dolní Rožínka, 1987.

- GREGOR, Zdeněk a Lenka TOMANOVÁ. *VYHODNOCENÍ programu monitorování a dodržování ustanovení vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů, o.z. GEAM za rok 2017.* DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 2018.
- GRMELA, Arnošt, Ondřej BABKA a Antonín HÁJEK. *Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky.* Ostrava: Montanex, 2012. ISBN 978-80-7225-372-2.
- KOLEK, Miroslav. *40 let Československého uranového průmyslu.* Generální ředitelství ČSÚP a PANORAMA Praha, 1985.
- Kolektiv autorů (2018c): *Komplexní popis a zhodnocení vlivů na životní prostředí, část C.* Interní dokument DIAMO, s. p., Stráž pod Ralskem, 84 str.
- KŘÍŽ, Petr. *Šedesát let těžby na uranovém ložisku Rožná.* Diamo, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 2017.
- MAJER, Jiří. *Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku: obrazy z dějin těžby a zpracování.* Praha: Libri, 2004. ISBN 80-7277-222-8.
- MÁCHAL, Aleš. *Průvodce praktickou ekologickou výchovou: [metodická příručka pro začínající učitele a pedagogické pracovníky středisek ekologické výchovy].* Brno: Rezekvítek, 2000. ISBN 80-902954-0-1.
- *Rudné a uranové hornictví České republiky.* Ostrava: Anagram, 2003. ISBN 80-86331-67-9.
- *Uran: bude se u nás znovu těžit?.* České Budějovice: Sdružení Calla, 2008. ISBN 978-80-903910-5-5.
- VÁŠA, Jiří a Zdeněk TOMAN. *Vyhodnocení vlivu činnosti odštěpného závodu GEAM Dolní Rožínka na životní prostředí v roce 2017.* DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 2018.

- VOSTAREK, Pavel. *Stav složek životního prostředí DIAMO, s. p., za rok 2017*. DIAMO [občasník]. Stráž pod Ralskem. DIAMO, státní podnik, 4. 6. 2018, číslo 6, 4 strany [2. 7. 2018]
- *30 let Československého uranového průmyslu*. Generální ředitelství Československého uranového průmyslu, 1975.

Internetové zdroje:

- CHMELÍKOVÁ, Ludmila. *Půdní reakce ve vybraných lokalitách Českomoravské vrchoviny*. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, bakalářská práce, Ing. Martin Brtnický, 2012. Dostupné z <https://docplayer.cz/44992215-Pudni-reakce-na-vybranych-lokalitach-ceskomoravske-vrchoviny-bakalarska-prace.html>
- CÍLEK, Václav. ČESKÁ TELEVIZE. Podzemní Čechy II: Uran – konec nebo budoucnost hornictví [online]. Dostupné z <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10214730223-podzemni-cechy-ii/209572230140010-uran-konec-nebo-budoucnost-hornictvi/>
- PAŘÍZEK, Jiří. *Uran – skrytá energie*. Minerální suroviny [časopis]. Brno. Těžební unie, 2011, 12 (2) 28 – 31. ISSN 1212 – 7248. Dostupné z <http://tezebni-unie.cz/index.php/publikace/mineralni-suroviny/mineralni-suroviny-archiv>
- Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [online]. Praha: MŠMT, 2017. 164 s. [cit. 2018-07-10]. Dostupné z <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-zakladni-vzdelavani>
- ZELENÁ KŘÍŽOVÁ, Helena. *Poslední vozík s uranovou rudou byl vyvezen na povrch. Důl Rožná 1 končí*. Žďárský deník, 27. 4. 2017. Dostupné z [http://zdarsky.denik.cz/zpravy\\_region/posledni-vozik-s-uranovou-rudou-byl-vyvezen-na-povrch-dul-rozna-1-konci-20170427.html](http://zdarsky.denik.cz/zpravy_region/posledni-vozik-s-uranovou-rudou-byl-vyvezen-na-povrch-dul-rozna-1-konci-20170427.html)



## **10 Seznam příloh**

Příloha č. 1: Vymezení rudního pole Rožná – Rozsochy

Příloha č. 2: Geologický řez ložiskem Rožné

Příloha č. 3: Schéma rozfárání a propojení jam ložiska Rožná

Příloha č. 4: Řez hlavní hrází K I v profilu vrtů B

Příloha č. 5: Situace odkaliště K I

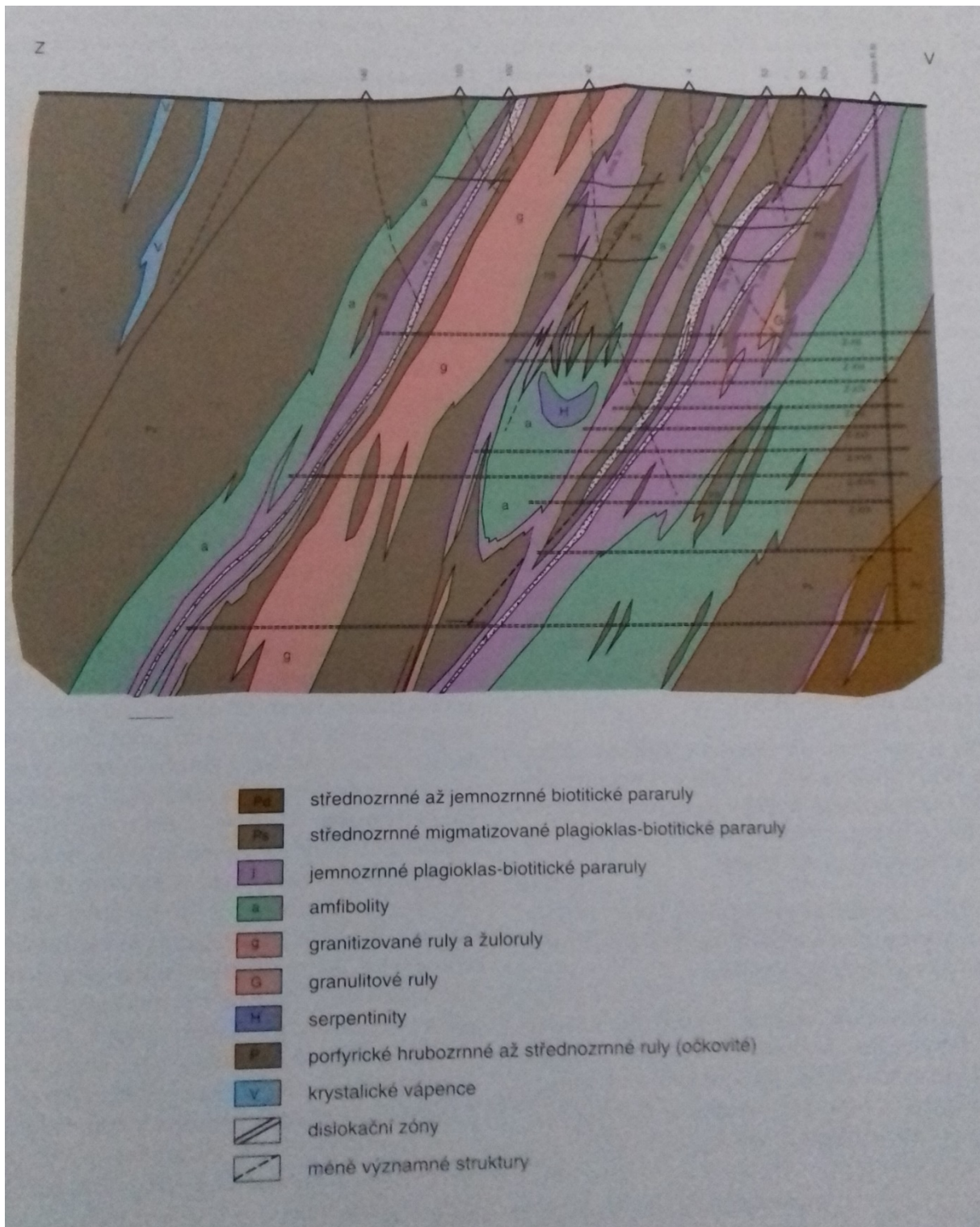
Příloha č. 6: Situace odkaliště K II

Příloha č. 7: Řez hrází A na odkališti K II

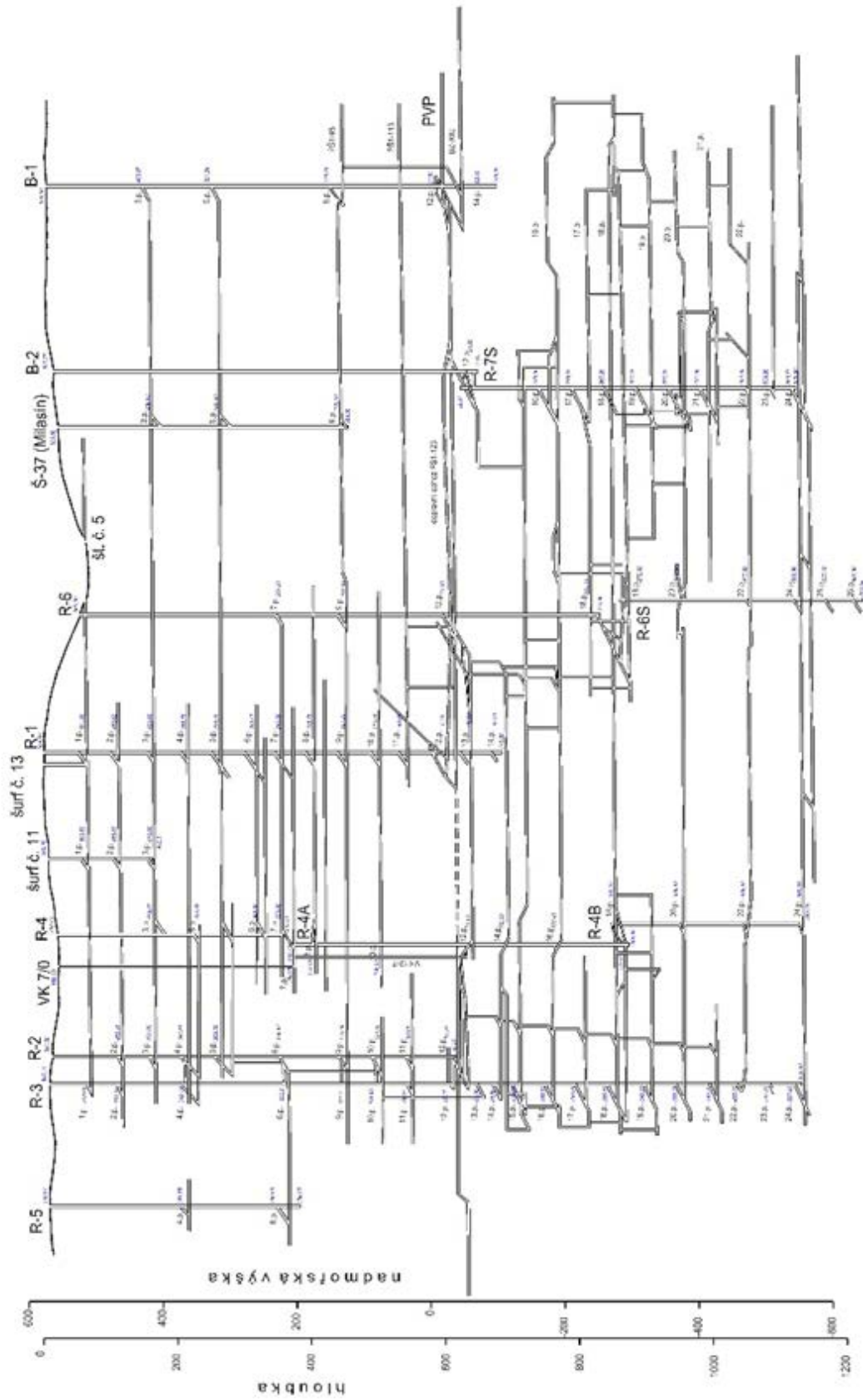
Příloha č. 1: Vymezení rudního pole Rožná - Rozsochy (zdroj: DIAMO, s. p.)



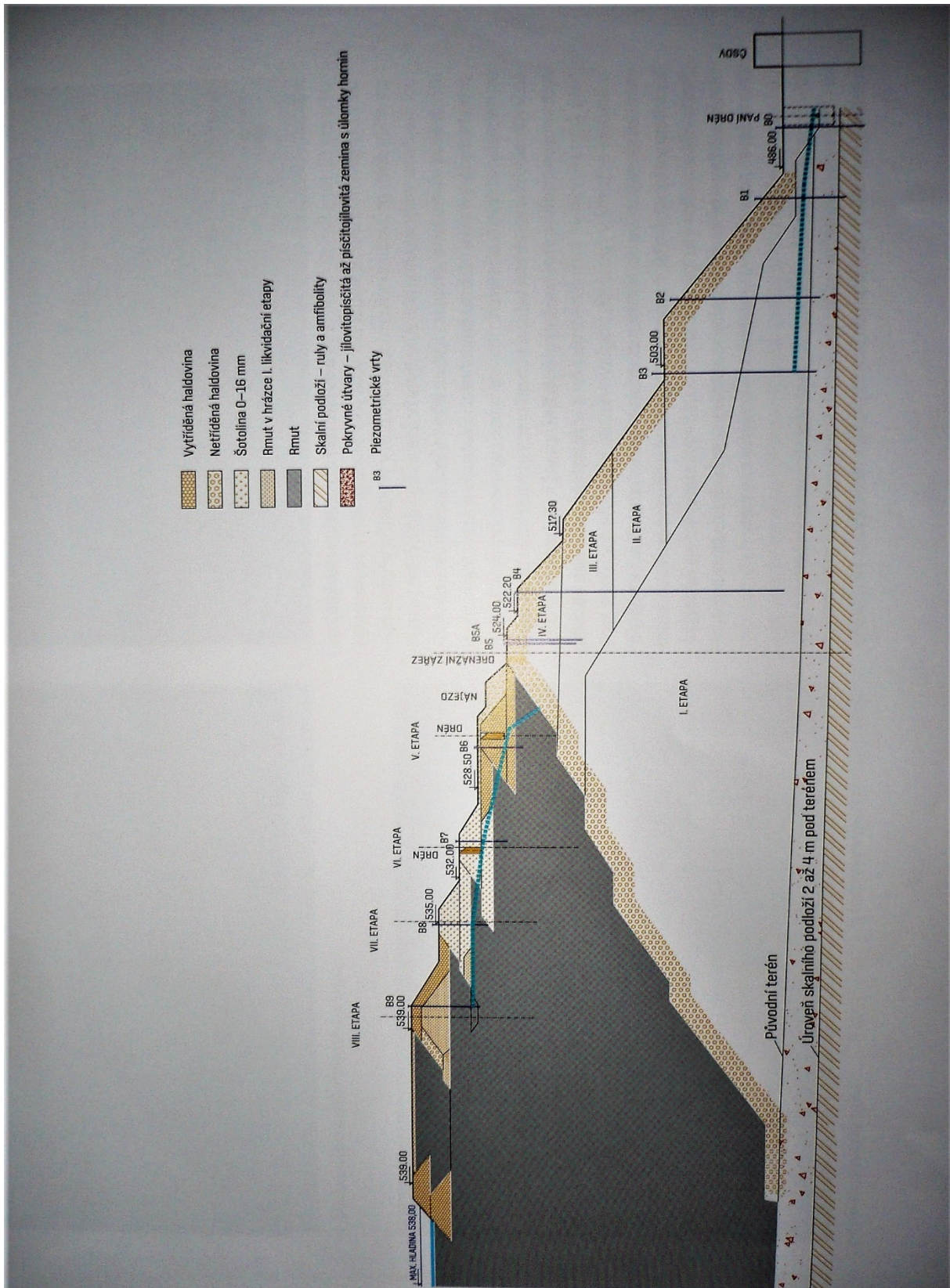
Příloha č. 2: Geologický řez ložiskem Rožné (zdroj: DIAMO, s. p., 2003)



Příloha č. 3: Schéma rozfárání a propojení jam ložiska Rožná (zdroj: Kříž, 2017)



Příloha č. 4: Řez hlavní hrází K I v profilu vrtů B (zdroj: Kříž, 2017)



Příloha č. 5: Situace odkaliště K I (zdroj: Kříž, 2017)



Příloha č. 6: Situace odkaliště K II (zdroj: Kříž, 2017)



Příloha č. 7: Řez hrází A na odkališti K II (zdroj: Kříž, 2017)

