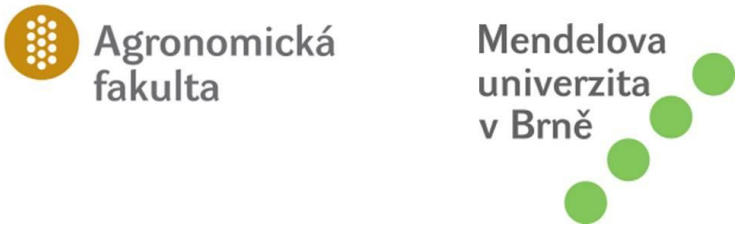
Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno 2017 **Martin Šikula**

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



Vliv odkaliště K1 – Dolní Rožínka na kvalitu vody

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Petra Oppeltová, Ph.D

Vypracoval:
Martin Šikula

Brno 2017

Agronomická fakulta

Ústav aplikované a krajinné ekologie
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel :	**Martin Šikula**
Studijní program:	Zemědělská specializace
Obor:	Agroekologie
Název tématu:	**Vliv odkaliště K1 – Dolní Rožínka na kvalitu vody**
Rozsah práce:	30 stránek textu, mapové a grafické přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše – znečišťování vod, problematika těžby uranu a její vliv na životní prostředí, související legislativa
2. Charakteristika zájmového území, těžba uranu v oblasti Dolní Rožínky
3. Zpracování metodiky práce
4. Zhodnocení jakosti vody v zájmovém území
5. Zhodnocení vlivu těžby na okolní prostředí
6. Diskuze, závěr

Mendelova univerzita v Brně

Seznam odborné literatury:

1. PITTER, P. *Hydrochemie.* 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2009. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
2. OPPELTOVÁ, P. *Ochrana vodních zdrojů.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. 103 s. ISBN 978-80-7509-218-2.
3. KAFKA, J. *Rudné a uranové hornictví České republiky.* Ostrava: Anagram, 2003. 647 s. ISBN 80-86331-67-9.
4. CIMALA, Z. *Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a Východních Čechách* . Dolní Rožínka: GEAM, 1997. 130 s.
5. GRMELA , A. – HÁJEK, A. – BABKA, O. *Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky.* Ostrava: Montanex, 2012. 312 s. ISBN 978-80-7225-372-2.
6. Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017

Agronomická fakulta
L. S.
Mendelova univerzita v Brně
-4-

Martin Šikula
Autor práce

Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Dr. Milada Šťastná
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Vliv odkaliště K1 – Dolní Rožínka na kvalitu vody**
vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne: 27. dubna 2017

……

podpis

Touto cestou bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při zpracování bakalářské práce. Především bych rád poděkoval Ing. Petře Oppeltové, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vedení této bakalářské práce.

Dále bych poděkoval vedení o. z. GEAM Dolní Rožínka za vstřícné jednání a možnost absolvování praxe v tomto podniku. Jmenovitě bych rád poděkoval panu Ing. Jaromíru Chocholáčovi, který se mi na dané praxi usilovně věnoval. Také mi předal velké množství informací a materiálů bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Abstrakt

Předmětem této bakalářská práce je zhodnocení vlivu odkaliště K1 – Dolní Rožínka na složky životního prostředí. Práce shrnuje přehled dosavadní známé literatury týkající se legislativy, těžby uranu a vodního prostředí. Dále je zde charakterizováno zájmové území, vodní plochy v areálu Rožná 1 a technologie čištění vod. Práce také popisuje jednotlivé etapy sanace a rekultivace odkaliště K1 vedoucí k úplnému uzavření díla. V praktické části jsou zpracována data z řeky Nedvědičky a chemické úpravny. Hlavním cílem je analýza vlivu vypouštěných vyčištěných vod z chemické úpravny na kvalitu vody v řece Nedvědičce. Dalším cílem je zhodnocení vlivu těžby uranu na ovzduší a krajinný ráz s návrhem možných změn na zlepšení stavu.

Klíčová slova: odkaliště, rekultivace, životní prostředí, ložisko Rožná, kontaminace vody

Abstract

The subject of this bachelor thesis is evaluation of the influence of sludge lagoon K1 – Dolní Rožínka on various parts of the environment. The thesis summarizes scientific literature focused on legislation, uranium extraction and water environment. In bachelor thesis is characterized the area of interest, bodies of water in the Rožná 1 area and water treatment technologies. The thesis also describes various stages in the remediation and restoration of the sludge lagoon K1 contributing to close down of the entire sludge lagoon. In the practical part are processed data from the river Nedvědička and chemical treatment. The main objective is to analyse the influence of the discharged treated water from chemical treatment on the water quality in the river Nedvědička. Another objective is the assessment of the impact of uranium extraction on the air quality and landscape character with a proposal of possible changes to improve the condition.

Keywords: sludge lagoon, recultivation, environment, Deposit Rožná, water contamination

Obsah

1 ÚVOD 10

2 CÍLE PRÁCE 11

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE 12

3.1 Legislativa 12

3.1.1 Legislativa geologie, radiační ochraně a nakládání s odpady 12

3.1.2 Legislativa ochrany vod a ovzduší 13

3.2 Druhy vod 14

3.2.1 Atmosférické vody 14

3.2.2 Podzemní vody 14

3.2.3 Povrchové vody 15

3.3 Fyzikálně – chemické vlastnosti vod 16

3.3.1 Teplota vody 16

3.3.2 Průhlednost (barva) 16

3.3.3 pH vody 16

3.4 Ochrana vod 18

3.4.1 Obecná ochrana 18

3.4.2 Zvláštní ochrana 18

3.4.3 Speciální ochrana 19

3.5 Uran (jako prvek) 20

3.5.1 Uranonosné minerály 20

3.6 Historie těžby uranu v ČR 21

4 METODIKA 23

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 25

5.1 Poloha Dolní Rožínky 25

5.2 Klimatické podmínky 25

5.3 Geomorfologie 25

5.4 Geologie a půdní charakteristika 25

5.5 Hydrologie 26

6 HISTORIE TĚŽBY URANU V OBLASTI ROŽNÉ 27

6.1 Aktuální stav ložiska 28

7 CHEMICKÁ ÚPRAVNA 29

7.1 Technologie zpracování rudy 29
7.2 Technologie čištění vod 30
7.2.1 Odpařovací stanice 30
7.2.2 Membránové procesy 30
7.2.3 Iontová výměna 31
8 VODNÍ PLOCHY V AREÁLU 32
8.1 Odkaliště K1 32
8.2 Odkaliště K2 32
9 SANACE POVRCHOVÝCH OBJEKTŮ 34
10 SANACE A REKULTIVACE ODKALIŠTĚ K1 35
10.1 Sanace odkaliště K1 – 1. etapa 35
10.2 Sanace odkaliště K1 – 2. etapa 37
11 JAKOST VODY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ 39
12 VÝSLEDKY A DISKUZE 42
13 ZÁVĚR 49
POUŽITÉ ZDROJE 51
SEZNAM ZKRATEK 54
SEZNAM TABULEK 55
SEZNAM GRAFŮ 55
SEZNAM PŘÍLOH 56
PŘÍLOHY 57

1 ÚVOD

Uranové hornictví má v České republice dlouholetou tradici. Na svém vrcholu patřilo k významným průmyslovým odvětvím a v celosvětovém měřítku jsme zaujímali přední místa v těžbě uranu. Vše se změnilo v 90. letech 20. století, kdy došlo k velkému útlumu hornictví. Po uzavření drtivé většiny uranových ložisek v České republice zůstal pouze jeden hlubinný důl na ložisku Rožná, který se zároveň stal i posledním v Evropě. Těžba v této oblasti už také skočila 1. dubna 2017, kdy byl na povrch vyvezen poslední vůz s uranovou rudou. Po uzavření dolů se musí stát vypořádat se všemi negativními jevy, které tato těžba způsobila, aby nedošlo k trvalému poškození naší přírody. Jak říká Antoine de Saint-Exupéry: „Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si ji půjčujeme od našich dětí.“

Pro téma věnující se Odkališti K1 jsem měl mnoho důvodů. Jako student agro-ekologie se zajímám o přírodu a není mi lhostejné, co se s ní děje. Speciálně voda je velmi drahý a ceněný artikl, a proto je ho třeba chránit. Uranové hornictví mě i přímo ovlivňuje. Bydlím v Bystřici nad Pernštejnem, která je vzdálená 11 km od Dolní Rožínky. Naše město bylo vždy zázemím pro uranovou těžbu v oblasti. Jako poslední velký vliv musím zmínit mého tátu, který přímo v uranovém hornictví pracuje. Myslím si, že to je jeden z hlavních důvodů, proč mám k hornictví a ekologii velmi blízko.

2 CÍLE PRÁCE

Prvním cílem práce je vypracovat literární poznatky týkající se vod a uranového hornictví. Této tématice se věnuje velké množství autorů, a proto se pokusím z tohoto širokého spektra vybrat co nejvhodnější informace. Nejdříve se zaměřím na legislativu týkající se obou složek. Ve stručném přehledu dále představím druhy vod, jejich vlastnosti a ochranu. Přehled uzavřu historií těžby uranu v ČR.

V druhé části se budu věnovat především chemické úpravně a monitoringu vod. Nejdříve představím zájmové území. U chemické úpravny se zaměřím na zpracování rudy a technologii čištění vod. Dále čtenáře obeznámím ohledně kvality vod v odkališti K1 a přilehlých kontrolních vrtech. Hodnoty porovnám s výstupy vod, které se z chemické úpravny vypouští do vodoteče a zhodnotím jejich vliv na kvalitu vod v okolí.

Posledním cílem je prostudování sanačních a rekultivačních plánů pro danou oblast. Především se zaměřím na odkaliště K1, u kterého se pokusím shrnou jednotlivé etapy sanací zakončených úplným překrytím odkaliště. V této části i zhodnotím vlivy těžby na jednotlivé složky životního prostředí. Případně navrhnu změny, které by se mohly uplatnit při zlepšování přírodního charakteru v okolí Dolní Rožínky.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Legislativa

Oblast uranového hornictví zasahuje do mnoha částí přírody, a proto je dotčena velkou škálou právních předpisů. Legislativa se věnuje především vlivu na kvalitu života, vodu, půdu, ovzduší, živočichy a rostliny. Cílem je zachovat a co nejméně poškodit naše životní prostředí, a proto je kladen velký důraz na rekultivace a sanace všech pozůstatků po těžbě. V následujícím přehledu se zmíním o nejvýznamnějších zákonech a vyhláškách, které danou tématiku ošetřují.

3.1.1 Legislativa geologie, radiační ochrany a nakládání s odpady

Základním zákonem týkající se hornické činnosti je **zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů.** Základním cílem je hospodárně využívat a chránit nerostné bohatství. Důraz na efektivnost se klade především u průzkumu, otvírce, přípravě a dobývání ložisek nerostů. Podle § 3 se nerosty rozdělují na vyhrazené a nevyhrazené. Drtivá většina známých a těžených nerostu v ČR spadá do kategorie vyhrazených včetně těch radioaktivních.

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů. Zákon se věnuje občanskoprávní odpovědnosti za jaderné škody. Atomový zákon upřesňuje a rozšiřuje **Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje**. Vyhláška stanovuje limity ozáření pro obyvatele, radiační pracovníky, pro žáky a studenty. Kategorizují se zde pracoviště podle nebezpečností od prvního do čtvrtého stupně (vzestupně). Vyhláška stanovuje vymezování kontrolovaných a sledovaných pásem. Dále se věnuje monitoringu pracoviště a okolí, výpustí do vodoteče a ochranou před přírodními radionuklidy ve vodě a stavebním materiálu.

Zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, který upravuje pravidla pro nakládání s těžebními odpady. Snaží se předcházet a omezovat vliv na vodu, půdu, ovzduší, rostliny a živočichy. Zákon řeší i zakládání úložných míst s těžebními odpady. Cílem je, aby byl vliv na životy, lidské zdraví a životní prostředí co nejmenší.

3.1.2 Legislativa ochrany vod a ovzduší

Voda je velmi cennou surovinou. Význam pro společnost je mimořádný a civilizace by bez ní nemohla existovat a dále se rozvíjet. V důsledku rostoucích nároků na zdroje vody a omezenosti zásob na zemi bylo nutné vytvořit právní rámec na hospodaření s podzemními a povrchovými vodami. (Oppeltová, 2015). Nejvýznamnějším vodoprávním předpisem u nás je **zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.** Hlavním cílem zákonu je chránit povrchové a podzemní vody. Klade se důraz na zachování případně i zlepšení jakosti vod. Účelem je také ochrana vodních ekosystémů a na nich závislých suchozemských ekosystémů.

Velmi důležité je i **nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.** Nařízení je v souladu s právem EU. Stanovuje emisní limity pro nebezpečné látky, dále ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod. Důležitý je §14, který se týká vypouštění důlních vod, průsakových vod ze starých ekologických zátěží a odkališť.

V oblasti uranového průmyslu nesmíme zapomínat ani na ovzduší. Této problematice se věnuje především **zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů.** Základním principem je předcházet znečišťování ovzduší, snižovat úroveň znečišťování a zátěže životního prostředí. Právní předpis rozděluje znečišťující zdroje na stacionární a mobilní, u kterých dále řeší emisní limity a stropy. Zákon se nevztahuje na vnášení radionuklidů. Tuto problematiku ošetřuje především atomový zákon.

3.2 Druhy vod

Podle původu rozdělujeme vody na přírodní a odpadní. Odpadní vody se dále člení na splaškové a průmyslové. Mezi odpadní vody řadíme i průsakové vody ze skládek a odkališť. Přírodní vody se rozčleňují na atmosférické, povrchové a podzemní. Podle využití rozdělujeme vodu na pitnou, užitkovou, provozní a odpadní. Speciální skupinu tvoří důlní vody, které jsou tvořeny vodami podzemními, povrchovými a srážkovými, které přišly do kontaktu nebo vznikly činností hlubinného případně povrchového dolu. (Pitter, 2009)

Přírodní vody

Tématikou přírodních vod se zabývá Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. 10. 2000. Stanovuje normy pro její ochranu. Cílem je, aby se zamezilo dalšímu zhoršování vod a byl dosažen jejich dobrý stav. Zmiňuje se zde i o všech nebezpečných, zvláště nebezpečných a znečišťujících látkách, které ovlivňují přírodní vody. (Pitter, 2009)

3.2.1 Atmosférické vody

Atmosférická depozice je vše, co bylo přeneseno z atmosféry na zemský povrch. Je to velmi významný proces podílející se na samočištění atmosféry. Nevýhodou je, že se znečišťující látky mohou dostat do jiných složek prostředí (hydrosféra, pedosféra, litosféra či biosféra). Rozlišujeme depozici mokrou a suchou. Suchá depozice je složena především z tuhých látek a plynů, probíhá neustále. Vyskytuje se především v blízkosti emisních zdrojů (města, průmyslové závody). Mokrou depozici tvoří srážky vertikální (déšť, sníh, kroupy) a horizontální (mlha, námraza, jinovatka). Celková depozice je tvořena součtem suchého a mokrého spadu. Základní chemické složení atmosférických vod je z kvalitativního hlediska podobné vodám podzemním a povrchovým. Chemické složení se mění podle úrovně znečištění. Velké rozdíly například najdeme mezi velkým průmyslovým centrem a pohořími. (Oppeltová, 2015)

3.2.2 Podzemní vody

Vody vyskytující se pod zemským povrchem v pásmu nasycení, které jsou v přímém kontaktu s horninami. Do této skupiny patří i vody ve studních a vrtech a vody protékající drenážními systémy. Pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou se používají

přednostně podzemní vody. Podle obsahu rozpuštěných látek je rozdělujeme na prosté a minerální vody. U prostých vod se nachází nízký obsah RL. Chemické složení podzemních vod je závislé na vzájemném působení srážkových a povrchových vod, podzemní atmosféry a horninového prostředí. Chemické složení se hlavně mění v závislosti hornin, kterými voda protéká. Složení se také mění během cirkulace v horninovém prostředí, kde dochází k vertikální a horizontální hydrochemické zonálnosti. U podzemních vod bývá dominantním kationtem hlavně vápník, ale vyskytuje se i sodík nebo draslík. U aniontů dominují hydrogenuhličitany, dále se vyskytují sírany nebo chloridy. V ČR jsou využívány jako zdroje pitné vody hlavně vody hydrogenuhličitano-vápenaté a hydrogenuhličitano-sírano-vápenaté. (Pitter, 2009)

3.2.3 Povrchové vody

Jsou všechny vody, které se přirozeně vyskytují na zemském povrchu. Rozdělují se na vodu kontinentální a mořskou. Mezi kontinentální povrchové vody řadíme prvky tekoucí (vodní toky) a stojaté (jezera, nádrže, rybníky). Podle znečišťování vod rozdělujeme citlivé a zranitelné oblasti. Máme tři druhy znečišťování vod: bodové (např. odpadní vody z městských čistíren), plošné (splachy ze zemědělsky obdělávané půdy) a difúzní (rozptýlené bodové zdroje). Kvalitativní složení povrchové vody je podobné vodám podzemním, ale jejich rozmanitost je nižší. Složení vod je závislé na geologické skladbě podloží, hydrologicko-klimatickými poměry, složení dnových sedimentů, půdně-botanických poměrech a antropogenní činnosti. Nejčastěji se vyskytují typy vod hydrogenuhličitano-vápenaté případně sírano-vápenaté. (Pitter, 2009)

3.3 Fyzikálně – chemické vlastnosti vod

Při sledování kvality vodního prostředí se stanovuje řada fyzikálně – chemických faktorů. Tito činitelé mají vliv na život vodních organismů, popisují situaci v daném území a objasňují příčiny negativních stavů vodního prostředí. (Kopp, Hilscherová a Poštulková, 2015)

3.3.1 Teplota vody

Je jeden z hlavních ukazatelů kvality vody. Teplota vody ovlivňuje řadu chemických reakcí a pochodů. Se vzrůstající teplotou klesá množství plynů rozpuštěných ve vodě, samočistící schopnost vody je nižší, výskyt a intenzita toxikantů se zvyšuje. Většina vodních organismů je velmi citlivá na vysokou teplotu a výkyvy teplot u vody, proto by se mělo předcházet jejich tepelnému znečišťování. Při vypouštění odpadních vod nesmí voda překračovat teplotu 29 °C. Teplota povrchových vod je velmi rozdílná. V jarních měsících se pohybuje v rozmezí 10 až 15 °C, v letních měsících 15 až 20 °C. U podzemních vod bývá většinou teplota stálá, která se pohybuje okolo 10 °C. K větším změnám teplot dochází pouze pokud povrchová voda rychleji proniká do podzemí. Vody, které vyvěrají s teplotou vyšší jak 25 °C označujeme jako termální. (Kopp, Hilscherová a Poštulková, 2015; Kopp, 2015)

3.3.2 Průhlednost (barva)

Vlastnost, která určuje množství světla pronikající vodním sloupcem. Liší se podle ročního období. Zpravidla je větší průhlednost v zimních měsících a menší v letních. Zákal je způsoben neživými jemně rozptýlenými částicemi nebo drobnými planktonními živými organismy. Průhlednost stanovuje, do jaké hloubky probíhá fotosyntetická asimilace. K určování mocnosti se používá Secchiho deska. Čirost je jedním ze základních nároků na jakost pitné a užitkové vody. Podpovrchové vody se zakalují jen zřídka. Daleko častěji dochází ke kontaminaci povrchových vod splachem půdních vrstev, planktonem nebo zvířenými dnovými sedimenty. (Kopp, 2015; Pitter, 2009)

3.3.3 pH vody

Určuje se podle množství H^+ a OH^- skupin. Pokud jsou v nadbytku vodíkové ionty H^+ stává se roztok kyselým. V případě nadbytku hydroxylových iontů OH^- vzniká zásaditost. Hodnota pH má velký vliv na řadu fyzikálně – chemických vlastností a na

rozpustnost látek (především solí železa, vápníku a fosforu). Nízké pH se vyskytuje u vod s malým obsahem vápníku, u kterých dochází k rozkladu organických látek (listí, jehličí), případně u důlních vod s výskytem sulfidických rud. Snížení pH má na svědomí i člověk vypouštěním kyselých odpadních vod (silážní šťávy). Vysoké hodnoty pH se vyskytují u vod s intenzivní fotosyntézou vodních rostlin, řas a sinic a u odpadních vod ze stavební činnosti. Většina vodních organismů dokáže přežít v rozmezí hodnot pH 5,5 až 9,0, a proto je i při čištění odpadních vod kladen důraz na dodržování norem ohledně vypouštění do volné krajiny. (Kopp, 2015)

3.4 Ochrana vod

3.4.1 Obecná ochrana

Základní pravidla a ustanovení, která se musí dodržovat za každých okolností bez nároků na finanční kompenzace. Mezi základní předpisy určující normy patří vodní zákon, stavební zákon, zákon o ochraně přírody a krajiny, zákon o ochraně životního prostředí a další. (Oppeltová, 2015)

3.4.2 Zvláštní ochrana

Tímto způsobem dochází k vyššímu stupni ochrany konkrétní oblasti. Vyhlášení daného území posuzuje stát dle jeho zájmu.

CHOPAV (Chráněné oblasti přirozené akumulace vod)

Vznikají na základě odborných doporučení prostřednictvím nařízení vlády. Právní zakotvení oblastí nalezneme v §28 zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění. Právní předpis zakazuje velké množství činností. Do této skupiny spadá i zákaz těžení a zpracovávání radioaktivních surovin nebo ukládání radioaktivního odpadu. Ministerstvo životního prostředí může ovšem na základě souhlasu vlády vydat výjimku. (Oppeltová, 2015)

Citlivé oblasti

Do této skupiny řadíme vodní útvary, u kterých dochází pro vysokou koncentraci živin k nežádoucímu stavu jakosti vod a zároveň jsou nebo mohou být užívány jako zdroje pitné vody. V České republice jsou všechny povrchové vody definovány jako citlivé oblasti. (Oppeltová, 2015)

Zranitelné oblasti

Na danou problematiku se vztahuje nařízení vlády č. 262/2012 Sb., stanovení zranitelných oblastí a akčního programu. U oblastí dochází k překračování hodnot dusičnanů ve výši 50 mg / l. Případně mohou být zjištěny nižší hodnoty, ale v důsledku nadměrného hnojení v zemědělství by mohlo dojít k nežádoucímu zhoršování jakosti vod. Jako zranitelná území se vyhlašují celá katastrální území a po období 4 let zde dochází k přezkoumání. V dané oblasti se vypracuje akční program, který má za cíl snížit množství dusičnanů ve vodách. (Oppeltová, 2015)

3.4.3 Speciální ochrana

Tento způsob ochrany funguje jako určité doplnění ochrany zvláštní a obecné. Dochází zde hlavně k chránění vodních zdrojů, která jsou nebo mohou být využívány jako zdroje pitné vody. V dané oblasti se poté zřizují ochranná pásma (OP) na základě § 30 zákona č. 254/2001 Sb. V okolí povrchového nebo podzemního vodního zdroje jsou zonálně vytvořena ochranná pásma ve dvou stupních. (Oppeltová, 2015)

Ochranné pásmo I. stupně chrání souvisle bezprostřední okolí odebíraného zdroje. Musí být označeno výstražnými tabulemi a u podzemních zdrojů dochází většinou k oplocování. Do daného prostoru je zakázaný vstup a vjezd nepovolaným osobám. (Oppeltová, 2015)

Ochranné pásmo II. stupně má za cíl předcházet ohrožení vydatnosti, jakosti nebo nezávadnosti vody ve vodním zdroji. Nemusí navazovat přímo na OP I. stupně ani tvořit souvislé plochy. V okolí zdroje se může vyskytovat i více OP II. st. a naopak v případě dostatečné ochrany nemusí být vůbec zřízeno. Pozemek se neoplocuje, ale musí být vyznačen výstražnými tabulemi. Ochrana zde nedosahuje tak přísného charakteru a liší se v závislosti na podmínkách území. (Oppeltová, 2015)

3.5 Uran (jako prvek)

Je tvrdý radioaktivní lesklý chemický prvek. Patří mezi kovy. Uran se poměrně hojně nachází v zemské kůře. Bohužel ale netvoří větší ložiska. Jeho primárním znakem je rozptýlenost v horninách. V jedné tuně horniny se průměrně nachází 2-4 gramy uranu. Prvek objevil v roce 1789 Martin Klaproth. V čisté formě byl uran izolován roku 1841 Melchior Peligotem. Až do konce 19. století se uran prakticky nevyužíval. Sloužil pouze jako surovina výrobě barev pro sklářské a keramické účely. Nyní se nejvíce využívá izotop 235 pro palivo v jaderných elektrárnách a na výrobu jaderných bomb. (Cimala, 1997)

3.5.1 Uranonosné minerály

Uraninit (kolomorfní-ledvinitá forma nazývaná jako smolinec) je vysoce radioaktivní minerál. Netavitelný a nerozpustitelný v kyselině chlorovodíkové. Rozpouští se ovšem v kyselině dusičné (využívá se pro získání uranu). Vzniká na hydrotermálních žílách, vyskytuje se i na vyvřelých horninách. Jeden z ekonomicky nejvýznamnějších minerálů uranu na většině nalezišť. Na ložisku Rožná-Olší se ryzí uraninit téměř nenachází. Agregáty mají více či méně patrné znaky coffinitizace. (Pellant, 2005)

Coffinit není v přírodě tak častý jako uraninit, ovšem na ložisku Rožná-Olší se vyskytuje ve větším množství. Coffinit rozdělujeme na starší a mladší. Starší agregáty jsou metasomaticky zatlačovány mladšími agregáty. (Kříbek a Hájek, 2005)

Doplňkovým uranonosným minerálem na ložisku Rožná-Olší je **brannerit.** Velké množství branneritových zrn podlehla alteraci, a proto nelze vždy prokázat, že vzniklé agregáty pocházejí právě z tohoto minerálu. (Kříbek a Hájek, 2005)

3.6 Historie těžby uranu v ČR

Za počátek těžby uranových rud v Českých zemích lze považovat těžba stříbra v oblasti Jáchymova. Jáchymovské ložisko se otevíralo roku 1516. V této době byla uranová ruda neznámá a pokud horníci narazili na uranové zrudnění, tak to považovali za smůlu (vznik názvu smolinec), protože v jeho okolí se vytrácelo stříbrno rudné žíly. K prvnímu využívání uranu došlo na počátku 19. století, kdy se začal používat na výrobu uranových barev. Roku 1896 byla objevena radioaktivita smolince a zahájila se nová éra těžby v Jáchymově. Od roku 1909 se začaly vyrábět první radiové preparáty na léčbu zářením. (Brožek a kol., 2011)

Rozmach uranového hornictví u nás je úzce spjat s vývojem mezinárodních vztahů po roce 1945. Uran se stal strategickou vojenskou surovinou potřebnou k vojenskému zbrojení, a proto se poptávka velmi zvedla. Již před válkou v Jáchymově existovaly tři doly: Svornost, Werner (Rovnost) a Štola saských šlechticů (Bratrství). V roce 1946 došlo k jejich znárodnění a vzniku Jáchymovských dolů, které byly základem organizace Československého uranového průmyslu (ČSUP). K největšímu rozmachu těžby došlo v rozmezí padesátých a šedesátých let. Například v období 1956 až 1961 se objem vytěženého uranu proti období 1945 až 1950 zvýšil dvacet čtyřikrát. V sedmdesátých letech dochází k dotěžování ložisek Jáchymov a Dolní Slavkov, a proto se otevírají menší ložiska, která mají deficit těžby vyrovnat. Ke konci osmdesátých let díky přehlcení světového trhu s uranem rapidně klesá výkupní cena této komodity. Těžba se přestala vyplácet a stát zareagoval útlumem těžby. Zavírání dolů započalo již na konci osmdesátých let, ale hlavní část spadá do let devadesátých. V letech 1946–1989 bylo v České republice nalezeno a prozkoumáno 164 ložisek uranu a 66 z nich se těžilo. Vyhloubilo se 550 průzkumných a těžebních jam, vyrazilo se 324 štol a otevřelo se 16 lomů. V tomto období se celkově z ČSR/ČSSR do SSSR dodalo 96648 tun uranové rudy a chemického koncentrátu. V níže uvedené tabulce [tab. 1]. shrnuji těžbu uranu na našem území. Do zmíněných dat jsem započítal i hodnoty po roce 1989. (Kafka a kol., 2003)

Tabulka 1 Množství vytěženého uranu (v přepočtu) z jednotlivých nalezišť v ČR v období 1945-2016

Podnik/naleziště	Zahájení	Ukončení	Vytěženo (v přepočtu) tun uranu
Jáchymov	1945	1964	7189
Horní Slavkov	1948	1962	2553
Příbram	1950	1990	41527
Zadní Chodov	1952	1991	9936
Dolní Rožínka	1953	2016	20315
Hamr na Jezeře	1967	1995	22233
Geologický průzkum	1948	1989	1629
		Celkem	**105382**

(Zdroj dat: Brožek a kol.)

4 METODIKA

V roce 2016 jsem na oddělení ekologie o. z. GEAM Dolní Rožínka absolvoval v rámci studia na Mendlově univerzitě praxi. S ohledem na tématiku bakalářské práce, kterou jsem začínal psát mi vedení v Dolní Rožínce vyšlo vstříc a mohl si ověřit teoretické znalosti v praxi. Podílel jsem se na zpracování dat týkajících se kvality vod z roku 2015, která budu dále vyhodnocovat. V průběhu terénních prací jsme prováděli odběry vzorků ze sledovaných míst. V povodí a okolí řeky Nedvědičky se pravidelně monitoruje kvalita vody u mnoha míst. Pro nejobjektivnější zhodnocení vlivu jsem si vybral vzorky odebrané z Nedvědičky nad chemickou úpravnou, dále vzorek z výpustě vyčištěných vod z chemické úpravny a DS RI a ze soutoku vyčištěných vod s Nedvědičkou. Vzorky se převezou na chemickou úpravnu, kde se nachází laboratoře. Zkušební laboratoře mají od roku 2002 zajištěnou akreditaci pro vykonávání kvalitativních testů, a proto se vzorky nemusejí posílat na vyhodnocování. V rámci praxe jsem se také seznámil s technologií zpracování rud a čištění vod na chemické úpravně.

Data, která zpracovávám v rámci bakalářské práce mi poskytlo z interních zdrojů oddělení ekologie o. z. GEAM Dolní Rožínka. V průběhu mé praxe na oddělení ekologie byla v průběhu terénních prací pořizována fotodokumentace. Dané fotografie mi pro účely bakalářské práce poskytli z oddělení ekologie. Vyhodnocení získaných dat je provedeno tabelární formou v rámci programu Microsoft excel. U každého monitorovaného místa, která vyberu, zpracuji čtyři měření v průběhu roku 2015. Vzorkování se provádí podle harmonogramu s četností stanovenou ve schváleném programu monitorování. U vypouštěných vod je největší důraz kladen na sledování obsahu částic U a ^{226}Ra. Podle schváleného programu monitoringu jsou stanoveny mezní hodnoty pro tyto částice [tab. 2,3]. U vzorků budu dále hodnotit tyto ukazatele: Teplotu, pH, RL, SO_4^{2-} a $N - NH_4^+$. Pro všechny hodnoty jsou stanoveny normy environmentální kvality dle NV č. 401/2015 Sb. [tab. 4].

Tabulka 2 Sledované úrovně pro U a ^{226}Ra u vyčištěných vod

	U [mg/l]	^{226}Ra[mBq/l]
Záznamová úroveň	0,010	30
Vyšetřovací úroveň	0,300	400
Zásahová úroveň	0,400	800

(Zdroj dat: NV č. 401/2015 Sb.)

Tabulka 3 Sledované úrovně pro U a ^{226}Ra u vodních toků

	U [mg/l]	^{226}Ra[mBq/l]
Záznamová úroveň	0,010	30
Vyšetřovací úroveň	0,110	400
Zásahová úroveň	0,210	800

(Zdroj dat: NV č. 401/2015 Sb.)

Tabulka 4 Normy environmentální kvality vypouštěných vod (doporučené celoroční průměry)

	Teplota °C	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
Hodnota ukazatele	29,00	6-9	0,024	100	750	200	0,23

(Zdroj dat: NV č. 401/2015 Sb.)

5 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

5.1 Poloha Dolní Rožínky

Dolní Rožínka dříve zvaná jako Zámecká Rožínka se nachází ve východní části Českomoravské vrchoviny. Obec leží 11 km JZ od města Bystřice nad Pernštejnem, spadá do okresu Žďár nad Sázavou a kraje Vysočina. Nachází se v nadmořské výšce 502 m n. m. (Jurman, 2000)

5.2 Klimatické podmínky

Zájmové území se řadí do mírného klimatického pásu. Podnebí je mírně suché a mírně teplé. Teplota se v dlouhodobém průměru kolísá v rozmezí 6,5 až 7,0 °C. Počet letních dnů se odhaduje na 20-40 a počet mrazových dní na 120-140. V zimě se zde sníh většinou hojně vyskytuje a souvislou sněhovou pokrývku vytváří v 60-100 dnech. Podle hydrologických údajů se úhrny ročních srážek v oblasti pohybuje okolo 625 mm. (Tomášek a kol., 1998; Jurman, 2000)

5.3 Geomorfologie

Území se rozkládá ve východní části Českomoravské vrchoviny. Charakter území je pahorkovitý. Zájmová oblast leží na rozhraní dvou geomorfologických podcelků Bítešské a Nedvědické vrchoviny. Samotné ložisko je z východní strany ohraničené údolím řeky Nedvědičky a ze západní strany řekou Bobrůvka. Centrem území prochází rozsošsko-střítežský hřbet. Nadmořská výška ložiska se pohybuje v rozmezí +460 až +560 m n. m. (Grmela a kol., 2012)

5.4 Geologie a půdní charakteristika

Půda v mikroregionu Bystřicko není příliš úrodná. Obsahuje málo humusových a minerálních látek, a proto se tu pěstují především brambory, obiloviny a pícniny. Obsah humusu se pohybuje v rozmezí 2 až 5 %. Hlavními půdními typy zde jsou hnědé lesní půdy a horské podzolové půdy s částečným obsahem štěrku (10-15 %). Typický půdní druh v oblasti je hlinitopísčitý až písčitohlinitý s pH kyselou až neutrální. Tento druh řadíme mezi půdy snadno obdělávané. Mocnost ornice je ovšem velmi malá. Tvoří vrstvy

do 30 cm, a proto vykazují malou úrodnost. Nejúrodnější půdy v oblasti nalezneme podél toků. Vyskytují se zde půdy středně hlinité s větší vrstvou ornice. (Petrlík a kol., 1980)

Z geologického hlediska se území ložiska nachází na střetu strážeckého moldanubika a svrateckého krystalinika. Obě geologické jednotky jsou tvořené metamorfovanými, místy silně migmatizovanými horninami. V Rožné je zastoupena pestrá skupina moldanubika hlavně plagioklas-biotické ruly a amfiboly. Hlavní horniny doplňují mramory, erlány, svorové ruly, serpentinity a pyroxenity. Ložisko Rožná se vyskytuje v rudním poli Rožná-Olší. Mimo ložiska Rožná sem ještě patří Olší a Slavkovice-Petrovice. (Tomášek a kol., 1998)

V Rožné se uranové zrudnění vyskytuje hlavně v tektonických poruchách. Vytvářejí se rudní tělesa v zónách nebo žílách. Hlavní uranovou mineralizaci tvoří smolinec a coffinit. Rozsah ložiska je vertikálně přibližně 1400 m, směrná délka přibližně 10 km a mocnost 500 m. (Grmela a kol., 2012)

5.5 Hydrologie

Zájmové území náleží do úmoří Černého moře a povodí řeky Svratky. Z oblasti Rožné odvádějí vodu dvě řeky. Dobývací prostor z větší části leží v povodí řeky Nedvědičky. Cca 5 % území je odváděno Bukovským potokem do řeky Bobrůvky, která se od soutoku s Libochovkou nazývá Loučka. Oba vodní toky jsou pravostrannými přítoky Svratky. Největší plochy vody v oblasti zaujímají odkaliště K1 a K2, kterým se budu věnovat v dalších kapitolách. (Ingerle a kol., 1999)

Současná hladina podzemních vod na Ložisku Rožná je v důsledku těžby regulována, a proto neovlivňuje neřízeným přetokem žádnou vodoteč. Veškerá vyčerpaná voda (cca 103 l / s) je čištěna na dekontaminačních stanicích a následně vypuštěna do vodoteče. Množství čerpané vody, závisí na množství srážek, průsacích, toku podzemních vod a dalších faktorech. (Grmela a kol., 2012)

6 HISTORIE TĚŽBY URANU V OBLASTI ROŽNÉ

K objevení ložiska došlo při pěším a autogama průzkumu v roce 1954. K podrobnějšímu zkoumání došlo v letech 1954-1958. Práce prováděly Jáchymovské doly prostřednictvím závodu IV Nové Město na Moravě. V oblasti se hlavně používaly metody: geologické mapování, povrchové geologické práce, vrtné práce a geofyzikální práce. (Hájek, 2007)

Uranový důl v průběhu své historie vystřídal několik podob a názvů, které se pokusím stručně shrnout. V roce 1959 vzniká místní řídící útvar národní podnik Jáchymovské doly Rožná se sídlem v Dolní Rožínce. V roce 1966 dochází k změně názvu na n. p. UD Dolní Rožínka, které je v rámci reorganizace roku 1969 změněno na o. z. UD Dolní Rožínka. Po zrušení odštěpných závodů roku 1976 a zřízení koncernových podniků se název mění na Uranové doly Dolní Rožínka, k. p. Po změně režimu dostává podnik roku 1991 finální název o. z. GEAM, Dolní Rožínka. (Ingerle a kol., 1999)

První investiční akce proběhla v říjnu 1957, kdy byla postavena těžební věž R 1 na ložisku Rožná. V roce 1958 vzniká důlní závod Karel Havlíček Borovský (R I). Ve stejném roce je založen závod Olší. Samostatný důlní závod R II (Jasan) vzniká v roce 1963. V této době zaznamenává podnik velký nárůst objemu těžby. (Hájek, 2007)

Z důvodu pozitivního průzkumu v ložisku Rožná a Olší se roku 1965 začala stavět chemická úpravna DIAMO u Dolní Rožínky. Již v roce 1968 se zahájil zkušební provoz a od roku 1969 byla úpravna v plném provozu. Jelikož objem vytěžených rud byl větší než kapacita zdejšího provozu, tak se na zpracování rudy až do roku 1982 podílela CHÚ MAPE Mydlovary. (Ingerle a kol., 1999)

Období let 1966 a 1967 lze považovat za vrchol těžby v této oblasti i v republice. V roce 1967 se dosáhlo nejvyšší těžby uranu v celé historii. 70. léta jsou ve znamení vyrovnané těžby tří důlních závodů: R I, R II a RŘ Olší. Postupně dochází k poklesu těžby v ložisku Olší, a naopak rozvoji dolu Rožná II. V roce 1973 dochází k dohloubení jámy R 3 na 24. patro a stalo se svou hloubkou 1201 m nejhlubší vyhloubenou jámou na ložisku Rožná. (Hájek, 2007)

V druhé polovině 80. let začalo období postupného útlumu těžby. Hlavním důvodem bylo mírové jednání velmocí a pokles cen uranu na světovém trhu. Roku 1989 je uzavřeno ložisko Olší. Zásadní zlom nastal po změně režimu, kdy dochází k radikálnímu poklesu zaměstnanců i objemu těžby. (Hájek, 2007)

90. léta jsou především obdobím útlumu, slučování a uzavírání dolů. Zároveň je věnována stále větší pozornost vlivu hornictví na životní prostředí. Z této doby pocházejí první studie ohledně vlivu odkališť na okolní prostředí. Zpracoval se i program monitoringu životního prostředí a navrhly se pásma hygienické ochrany závodů a odkališť. V roce 1995 došlo ke sloučení dolu Rožná I a Rožná II do jedné organizační jednotky, který funguje do současnosti. Na počátku 20. století docházelo k postupnému prodlužování těžby vládou ČR. Důvodem bylo objevení dalších zásob uranu v ložisku i zvyšování cen uranu na světovém trhu. (Ingerle a kol., 1999)

6.1 Aktuální stav ložiska

Vláda ČR v usnesení č. 50 z 25. ledna 2016 schválila postupnou uzavírku dolu Rožná I do konce roku 2017. Aktivní těžba na ložisku byla ukončena 31. 12. 2016. Do 1. dubna 2017 v dole probíhaly dotěžovací práce a příprava na uzavírku dolu. Těžba na Dole Rožná I je nyní minulostí. Současně s koncem těžby se zahájí sanační práce. Nedojde prozatím k zatápění dolu z důvodu probíhající výzkumné činnosti na Podzemním výzkumném pracovišti Bukov. V průběhu roku 2017 bude propuštěno až 300 pracovníků (především horníků). Zbylí zaměstnanci budou nadále pracovat především na zahlazování hornické činnosti. Dojde k bourání budov, odstranění veškerého kontaminovaného materiálu a následné lesnické rekultivaci. (Daněk, 2017)

7 CHEMICKÁ ÚPRAVNA

V roce 1964 se díky rozvoji ložiska Rožná začala vypracovávat studie ohledně vybudování chemické úpravny. 1. 1. 1965 vznikla účelová organizace Výstavba chemické úpravny DIAMO Dolní Rožínka. Od 28. 5. 1968 byl spuštěn zkušební provoz a následně od 1. 1. 1969 trvalý provoz. Kapacita závodu byla určena na hodnotu 300 tisíc tun rudy za rok. Pro získávání uranu byla navržena kombinovaná technologie složená z kyselého a karbonátového procesu. Pro malou účinnost byla kyselá linka zrušena a dále se používá pouze karbonátový proces. (Kafka a kol., 2003)

7.1 Technologie zpracování rudy

Vytěženou a rozdrcenou aktivní rudu nákladní automobily převezou do depa chemické úpravny. Pomocí pásového dopravníku se transportují do kulových mlýnů, kde je rozemleta na dvoustupňové mlecí lince v uzavřeném cyklu se spirálovými klasifikátory a kontrolním tříděním v hydrocyklónech. Limity zrnitosti části jsou 70 % - 0,075 mm a max. 5 % - 0,150 mm. Podíl kapalné a pevné fáze je 6:1. Snížení kapalného podílu docílíme přidáním flokulačního činidla. Cílem je získat zahuštěnou horninu v poměru 1:1. Následuje alkalické loužení, kde získáme uran pomocí uhličitanu sodného za přítomnosti tetraamoměďnatého katalyzátoru. Vše probíhá za atmosférického tlaku a směs je ohřívána na 85 °C. Vyloužený uran ve formě urannyltrikarbonátu se dále zpracovává v osmikolonové lince alkalické sorpce, kde dojde ke vstřebání na silně bazický ionex díky protiproudému pohybu rmutu a ionexu. Následuje oddělení vyloužených kapalných i pevných frakcí rmutu, který se ukládá na odkaliště. Eluce (vymývání uranu) z ionexu probíhá ve dvou pulzačních kolonách. Jako eluční činidlo se používá 15 % roztok síranu sodného. Pro získání uranu ve formě diuranátu amonného je zapotřebí eluát okyselit kyselinou sírovou a vysrážet čpavkem. Pokud nemá produkt předepsanou kvalitu, tak ještě proběhne rafinace a promytí, aby se docílilo daných hodnot. K usušení koncentrátu se používá rozprašovací sušárna. Jako sušící médium jsou využívány spaliny zemního plynu. Poslední fází je umístění diuranátu amonného do sudů a export ke koncovému odběrateli. (Kafka a kol., 2003)

7.2 Technologie čištění vod

Při projektování uzavřeného cyklu technologických vod na chemické úpravně se předpokládala vyrovnaná vodní bilance. Přebytek vod je ovšem každý rok přes 300 000 m^3. Hlavními zdroji jsou podzemní vody jímané drenážemi v okolí odkališť a převažující atmosférické srážky nad výparem. V cirkulační technologické vodě je také problém se zvyšující se koncentrací solí (především síranů a dusičnanů), které způsobují nižší účinnost sorpce. Pro zvýšení výtěžnosti a vyrovnané vodní bilanci je nutné vody čistit. (Kafka a kol., 2003)

Na chemické úpravně se používají tři metody technologií na úpravu kontaminovaných vod:

- Odpařovací stanice: 210 000 m^3 / rok
- Membránové procesy: 220 000 m^3 / rok
- Iontová výměna: 70 000 m^3 / rok

Kombinace těchto tří technologii je ve světovém měřítku unikátní a obdivovaná. Potenciál kapacity úpravny není při nynějším stavu nadbilančních vod naplněn. (Jež, 2008)

7.2.1 Odpařovací stanice

Jako první byla v roce 1972 do provozu uvedena odpařovací stanice. Výsledným produktem je čistá voda, která je vypouštěna do vodoteče. Má ovšem poměrně vysokou teplotu, a proto jej musíme před vypuštěním do vodoteče nejdříve ochladit. Jako vedlejší produkt zde vznikne krystalický síran sodný o přibližném objemu 8 000 t za rok. Ten je prodáván především jako surovina na výrobu pracích prášků, případně pro využití ve sklářství. (Jež, 2008)

7.2.2 Membránové procesy

Metoda membránových procesů je v provozu od 90. let. Dochází zde k separaci nabitých částí solí přes iontově-selektivní membrány působením stejnosměrného elektrického pole (elektrodialýza) nebo tlaku (reverzní osmóza). Získáme vyčištěnou vodu, která se smíchá s vodou z odpařovací stanice (snížení teploty) a vypustí se do vodoteče. Na druhé straně procesu vznikne velmi koncentrovaný roztok, který se dále zpracovává v odpařovací stanici. (Jež, 2008)

7.2.3 Iontová výměna

Nejnovější technologií je iontová výměna. Spuštění proběhlo v roce 2000. Tato technologie není příliš účinná, a proto se používá především na srážkové vody a málo kontaminované vody. Uran z těchto vod je zachycován na ionexech. Ten je dále transportován do fáze eluce na chemické úpravně, kde je tohoto uranu zbaven. Vyčištěná voda je vypuštěna do vodoteče. (Jež, 2008)

8 VODNÍ PLOCHY V AREÁLU

8.1 Odkaliště K1

Nachází se v blízkosti chemické úpravny a provoz byl zahájen v roce 1968. Slouží především k ukládání produktů hornické činnosti z výroby uranu a čištění vod. Drtivou většinu tvoří uranový rmut, který vzniká při zpracování rudy. Kaly ve formě hydrosměsi se rozvádějí po obvodu hráze a řízeně se vypouštějí do odkaliště. Vyčeřená voda se opětovně používá v technologickém procesu. Odkaliště dále slouží k akumulaci technologických vod a k vyrovnání jejich sezonních výkyvů. Obvodové hráze, které byly budovány ve čtyřech etapách tvoří haldovina. Hrázový systém byl budován jako propustný a je těsněn pouze naplaveným rmutem. Průsakové vody jsou patními drény přečerpávány zpět do odkaliště. Základní hráz je vysoká 40 m a v základové spáře široká 160 m. Do roku 1997 se hráz navyšovala ve čtyřech etapách na celkovou výšku 54 m. Koruna hráze je 539 m n. m. Shrnující informace o odkališti nalezneme v přiložené tabulce [tab. 5]. Obvodové haldovinové hráze byly umisťovány na pláží uloženého rmutu (tzv. technologie proti vodě). V roce 1992 se změnila technologie naplavování rmutu. V odkališti byly vytvořeny mezihrázky, které celou plochu rozdělují na 7 menších komor a naplavovaný rmut se může efektivněji ukládat. Poslední vizuální změna proběhla v roce 2009. Po obvodu koruny hráze vybudoval soukromý investor fotovoltaickou elektrárnu, která by zde měla fungovat až do roku 2035. (Kantor a Žatecký, 2012; Jež, 2008)

8.2 Odkaliště K2

Vzniklo z důvodu obavy pro nedostatečnou kapacitu Odkaliště K1. Stavba proběhla v letech 1976–1980. Odkaliště K2 se nachází v údolnici Josefovského potoka, který ústí do řeky Nedvědičky. Vzniklo přehrazením původního údolí dvěma hrázemi o výšce 18 a 33 m. Koruna hráze je ve výšce 516 m n. m. Hráze jsou vyztuženy asfaltomikrobetonovými těsnícími prvky pro snížení propustnosti. Patní drény zadržují průsakové vody, které se dostanou přes hráz jsou sváděny do jímek čerpacích stanic. Odtud se čerpá zpět do odkaliště. Čištění nadbilančních vod z odkaliště K2 probíhá také v chemické úpravně, kam se dopravuje pomocí potrubí. Ukládání rmutu zde probíhalo pouze do roku 1986.

Poslední aktivní využiti bylo v letech 1994 až 1998. Provozovala se zde meziskládka galvanických kalů z Prechezy Přerov. Po ukončení této zakázky už odkaliště nenalezlo dalšího využití a nyní zde probíhá sukcese. (Ingerle a kol., 1999)

Tabulka 5 shrnující parametry odkaliště K1 a 2 u Dolní Rožínky:

	Objem vody [m^3]	Celková plocha [ha]	Plocha hladiny [ha]	Množství rmutu [t]	Množství rmutu [m^3]	Výška rmutu [m]	Výška vody [m]
K I	340 tis.	64,5	22	14.3 mil.	10,7 mil.	53	4,7
K II	302 tis.	27,4	3,5	1.1 mil.	0.9 mil.	28	0,6

(Zdroj dat: Váša a kol.)

9 SANACE POVRCHOVÝCH OBJEKTŮ

Likvidace povrchových objektů závisí především na nezbytnosti pro další fungování o. z. GEAM Dolní Rožínka. Stavby se podle účelu užívání, jejich aktuálním stavu a významu pro další provozování rozdělují na tři kategorie:

"A" – Do této skupiny řadíme především objekty, u kterých dosavadní účel užívání nebrání dalšímu využívání (bez vyšších nároků na úpravy). Jedná se hlavně o účelové komunikace mezi provozy v oblasti, které mají návaznost na státní a místní komunikace. Dále stavby s jasným významem pro další užívání. (Ingerle a kol., 1999)

"B" – Jedná se o stavby podmíněně využitelné, u nichž byl provoz z části závislý na důlní činnosti. Jejich význam nemusí být ukončením hornické činnosti zrušen. Objekty musí být položeny mimo areály těžebních jam, aby bylo sníženo riziko kontaminace staveb navážkou hlušinového materiálu během budování. Objekty, pro které by podnik nenašel uplatnění se nabídnou k brzkému odprodání. Nový majitel by si ovšem sám hradil všechny náklady spojené s úpravami pro další využívání. Jedná se především o objekty závodu Dopravy a mechanizace a správy o. z. GEAM. Budovy, o které nebude projeven zájem se zlikvidují. (Ingerle a kol., 1999)

"C" – U této kategorie dojde k likvidaci objektů. Účel provozování staveb je více či méně závislý na důlní činnosti. Budovy se většinou nachází v areálech těžebních jam. Jejich fyzický stav neodpovídá dalšímu využívání, případně se nachází na území s kontaminovaným podložím nebo na poddolovaném území. (Ingerle a kol., 1999)

Většina budov určených k bourání se konstrukčně i dispozičně navrhly k hornické činnosti s maximální životností 20 let, která je již několikanásobně přesahována. Největší zřetel při likvidaci se musí brát na skutečnost toho, že veškerý materiál pochází z uranového hornictví a podle toho se s ním musí zacházet. (Ingerle a kol., 1999)

10 SANACE A REKULTIVACE ODKALIŠTĚ K1

Kompletní rekultivace je naplánována ve čtyřech navzájem propojených etapách. Cílem je konečné překrytí odkaliště K1 pro eliminaci průniku srážkových vod a k oclonění výplně odkaliště od okolního prostředí. Naplánovanou činností vznikne konečný tvar rekultivovaného odkaliště. Projektová dokumentace k sanaci 1. etapy odkaliště byla vypracována v roce 2005. Samotné práce započaly v roce 2006 a dokončení se předpokládá v průběhu roku 2019. Druhá etapa sanace odkaliště K1 byla navržena roku 2014 a zahájení prací došlo v roce 2016.

10.1 Sanace odkaliště K1 – 1. etapa

Přípravné práce

Před zahájením rekultivačních prací proběhlo dotvarování předpolí i tělesa odkaliště K1, aby nic nebránilo bezproblémovému provedení. Jmenovitě došlo k odstranění dřevin v zájmové oblasti, demontáži čerpací stanice „Sever“, odtěžení materiálu převážně Prechezy z předpolí odkaliště a demolici objektu čerpací stanice drenážních vod „Západ“. (Pýcha, 2005)

Prvním krokem bylo odstraní především náletových dřevin, které se přímo na místě likvidovaly štěpkováním. Následovalo vytrhání kořenů. (Pýcha, 2005)

Čerpací stanice „Sever“ sloužila k přečerpávání průsakových vod, které se shromažďovaly v prostoru ohraničeném patou hráze a záchytným příkopem. Četnost čerpání byla jednou až dvakrát za měsíc podle rychlosti nastoupání vody. Čerpací stanice po uskutečnění sanačních opatření v rámci 1. etapy sanace a vytvoření nové drenážní větve nebude nutná. Došlo k odpojení a vytažení čerpadla. Zároveň se zlikvidoval ponton z volné hladiny. (Pýcha, 2005)

Na západní straně odkaliště K1 byl dočasně uložen materiál k detoxikaci složený převážně ze zátěží Prechezy Přerov, který je vhodným sanačním materiálem. Nacházel se v lokální prohlubni, která se průběžně odtěžovala a materiál se ukládal do mezihráze. Hmota se bude dále používat u sanačních prací jako podklad pod těsnící prvky díky svojí jemnozrnnosti. Po odtěžení zeminy dojde v prohlubni ještě k dočištění (odebere se cca 20 cm zeminy, která se uloží do odkaliště). Poté se jáma zaveze haldovinou po úroveň terénu. (Pýcha, 2005)

Nutná byla i demolice čerpací stanice drenážních vod „Západ“, která už byla z hlediska stavebního i technologického na hranici životnosti. Před samotným bouráním došlo k zajištění provizorního čerpání drenážních vod z přilehlých šachtic. Proběhla kompletní demolice nadzemní části a betonové plochy kolem objektu. Materiál byl uložen do odkaliště. Podzemní jímka nebude demolována, prostor se vyplní betonem. Povrch se na závěr zarovnal hutněným zásypem z haldoviny. (Pýcha, 2005)

Před zahájením samotných prací byla důležitá úprava terénu na odkališti. Kladl se důraz na to, aby se mohly správně položit těsnící a drenážní materiály. Dále aby se srážkové vody řízeně odváděly z povrchu sanovaného odkaliště do obvodových příkopů. Na obvodovou hráz se muselo navést velké množství zeminy, aby se zmírnil sklon hrázového systému na sklon 1:2,4. Směrem od odkaliště došlo k vyspádování povrchu koruny ve sklonu 2 %, aby voda odtékala směrem k obvodovým příkopům. (Pýcha, 2005)

Realizace sanace

Před samotným pokládáním krycích prvků se musí provést kontrola, zda je svah upraven, zhutněn a zbaven všech ostrohranných předmětů, kořenů, drátů (všech cizorodých předmětů, které můžou geotextílie poškodit). V případě objevení těchto objektů je nutné navézt vyrovnávací vrstvu zeminy o mocnosti 20 cm, která je složena z částic se zrnitostí do 63 mm. (Pýcha, 2005)

Na zeminu se pokládá geosyntetický minerální těsnící prvek – bentonitová sendvičová rohož [obr. 1]. Ta se skládá z dvou vrstev geotextílie. Mezi nimi se nachází vrstva aktivovaného bentonitu sodného. Spodní vrstva je tvořena mechanicky velice odolnou geotextilií, aby se zamezilo případným poškozením, horní vrstvu tvoří tkaný polypropylén. Obě vrstvy jsou vzájemně propojeny prošitím. Izolační bentonitová vrstva se aktivuje při kontaktu s vlhkostí. Bentonit začne absorbovat vodu a nabírat objem, tím dosáhne plné funkčnosti izolace. Velkým kladem rohoží je jejich průtažnost, která se pohybuje v podélném směru v rozmezí od 60 % do 130 % a v příčném směru od 50 % do 100 %. Při pokládání izolačních pásů je důležité dbát na to, aby byl minimálně 20 cm přesah u všech spojů. Rohože se musí i na koruně každé zvyšovací hráze ukotvit, aby byla zajištěna lepší stabilita krycího a těsnícího prvku. Na bentonitové rohože se položí nestlačitelné drenážní mřížky s oboustrannou netkanou geotextilií. Jejich účelem je odvádět srážkové vody z povrchu odkaliště K1 a dále slouží k ochraně rohoží pod nimi. (Pýcha, 2005)

Posledním krokem je zakrýt izolaci zeminou. Pro dosažení správné funkčnosti bentonitových rohoží je potřeba vytvořit dostatečný tlak, který dosáhneme minimální výškou zeminy o výšce 50 cm. Celková mocnost je navržena na 80 cm. 60 cm se skládá z rekultivační vrstvy zeminy a 20 cm biologicky oživitelné zeminy. V rámci rekultivační vrstvy zeminy se nejdříve naveze 40 cm zeminy, na kterou se položí geomříž (vyztužovací prvek). Následně se naveze zbylých 20 cm zeminy. Posledním krokem je pokrýt povrch 20 cm vrstvou biologicky oživitelné zeminy. V případě odkaliště K1 dojde k zatravnění. Před uchycením vegetačního krytu zde bude sloužit k stabilizaci svahu protierozní mřížka. (Pýcha, 2005)

Obrázek 1 Bentonitová rohož
(Pýcha, 2005)

10.2 Sanace odkaliště K1 – 2. etapa

Kolem celého odkaliště byl vybudován funkční drenážní systém, který odvádí průsakové vody do čerpací stanice aktivní kanalizace a do hlavní čerpací stanice drenážních vod nacházejících se pod hlavní hrází na jižní straně. Stávající drenáž, která vznikla na samém začátku stavby odkaliště přestala funkčně vyhovovat. Drenáž byla již zastaralá, místy hrozilo kvůli rozpadající se dřevěné výztuži zasypání šachtic. Některé úseky drenáží byly dokonce postaveny do protispádu, a proto zde docházelo ke stagnaci drenážní vody. Proto započala výstavba nového drenážního odvodnění podél východní hrany paty odkaliště souběžně se stávající drenáží. Všechny vody se budou svádět do stejných objektů jako u staré drenáže. (Maršál a Pýcha, 2014)

Samotná výstavba probíhá od nejnižšího místa, aby mohly být drenážní vody odváděny do čerpací stanice drenážních vod a odtud se čerpat zpět do odkaliště. Vzhledem k velkým hloubkám výkopů drenáže, které dosahují i 8 m se po celém obvodu trasy používá záporové pažení, aby se zabránilo zřícení výkopů. V průběhu prací je zapotřebí odčerpávat poměrně velké množství průsakových vod, které se zde vyskytují. Samotné potrubí se bude pokládat na štěrkové lože. Štěrkem se nakonec vyplní prostory okolo potrubí do minimální výšky 30 cm. Zbytek výkopu se zaveze hutněným zásypem z kamenitého propustného materiálu. Nová drenáž se napojí na stávající drenáž provedenou v 1. etapě sanace. (Maršál a Pýcha, 2014)

11 JAKOST VODY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

Kvalita vody je velmi sledovaným faktorem. Povrchové vody využívá člověk jako zdroj pitné a užitkové vody, pro rekreační účely, chov ryb atd. Nesmíme ale zapomínat na faunu a floru. Obě složky ke svému životu potřebují nekontaminovanou vodu. Proto se určují přípustné hodnoty znečištění vod, které se musí dodržovat.

V zájmové oblasti se vyskytují dvě velká vodní díla Odkaliště K1 a K2. Největší koncentraci toxických látek nalezneme v Odkališti K1 [tab. 6]. Kontaminovaná voda se používá v areálu chemické úpravny jako technologická voda. Musí se ovšem brát zřetel na to, aby se tyto vody nedostaly bez vyčištění do životního prostředí (technologie čištění vod je blíže popsána v kapitole 7.2). V blízkém okolí Odkaliště K1 se vyskytuje 39 kontrolních vrtů. U většiny vrtů je chemizmus stálý a nepřekračuje povolené hodnoty. V Případě překročení norem se tyto vody zpětně čerpají do odkaliště.

Tabulka 6 Chemické složení technologických vod v Odkališti K1

Datum	Ukazatel					
	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
16.03.2015	8,30	5,980	200	27000	16800	198
25.06.2015	8,10	7,560	190	25000	16000	171
14.09.2015	8,10	6,830	440	28000	18950	185
02.12.2015	8,30	6,200	490	30000	19600	236

Odkaliště K2 se aktivně nevyužívá od roku 1998. Od tohoto data zde nebyl ukládán žádný toxický materiál. Tomuto stavu odpovídá i chemizmus vod z odkaliště [tab. 7]. V okolí Odkaliště K2 se vyskytuje 18 monitorovacích vrtů. U odebraných vzorků se ojediněle vyskytuje zvýšené množství ^{226}Ra. Chemické složení vzorků z vrtů je stálé a odpovídá všem normám.

Tabulka 7 Chemické složení technologických vod v Odkališti K2

Datum	Ukazatel					
	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
16.03.2015	8,90	0,922	<30	5900	4000	0,86
25.06.2015	8,30	0,880	<30	6400	4220	1,12
14.09.2015	8,80	0,765	40	7600	4700	1,02
02.12.2015	8,50	0,839	<30	7000	4420	0,81

Na ložisku Rožná se pravidelně kontrolují všechny výpustné profily. Čištění důlních vod probíhá především v DS R I a DS Bukov. Vody z Bukova se vypouštějí do Loučky. Já se zaměřím na řeku Nedvědičku, do které se vypouští většina vyčištěných vod z ložiska. Pro objektivní zhodnocení vlivu je důležité odebrat vzorky vod nad chemickou úpravnou [tab. 8]. Pod areálem se nachází výpustný profil DS R I a vyčištěných vod z chemické úpravny [tab. 9]. Pod soutokem s řekou Nedvědičkou zjistíme vliv na vodní tok [tab. 10].

Tabulka 8 Chemické složení vod řeky Nedvědičky nad areálem chemické úpravny

Datum	Ukazatel						
	Teplota °C	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
21.01.2015	2,70	7,30	<0,010	<30	230	35	0,26
15.06.2015	20,40	7,60	<0,010	<30	200	35	0,31
08.09.2015	9,80	7,80	<0,010	<30	250	42	0,13
09.11.2015	6,70	7,50	<0,010	<30	290	50	0,35

Tabulka 9 Výpustný profil vyčištěných odpadních vod z chemické úpravny a vyčištěných důlních vod z DS R I

Datum	Ukazatel						
	Teplota °C	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
21.01.2015	12,0	8,10	0,124	60	1100	620	0,43
15.06.2015	17,7	8,20	0,163	50	1200	670	0,05
08.09.2015	19,3	8,00	0,054	150	910	500	0,08
09.11.2015	17,4	8,10	0,031	<30	1100	560	0,05

Tabulka 10 Chemické složení vod řeky Nedvědičky pod výpustným profilem vyčištěných odpadních vod z chemické úpravny a vyčištěných důlních vod z DS R I

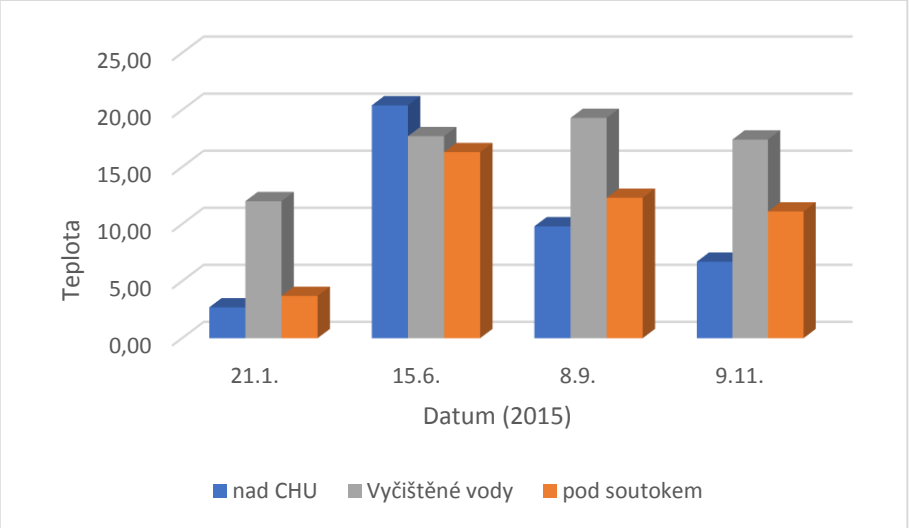
Datum	Ukazatel						
	Teplota °C	pH	U [mg/l]	^{226}Ra [mBq/l]	RL [mg/l]	SO_4^{2-} [mg/l]	$N\text{-}NH_4^+$ [mg/l]
21.01.2015	3,70	7,40	<0,010	<30	300	96	0,21
15.06.2015	16,30	7,90	0,075	<30	680	330	0,12
08.09.2015	12,30	7,90	0,036	<30	680	350	0,11
09.11.2015	11,10	7,80	0,011	<30	540	200	0,56

V okolních obcích dochází i k pravidelnému kontrolování vybraných studní. Z odebraných vzorků se chemizmus nevymykal stanoveným normám pro pitnou vodu. Obsahy radionuklidů se pohybovaly na hranici detekce analytických metod.

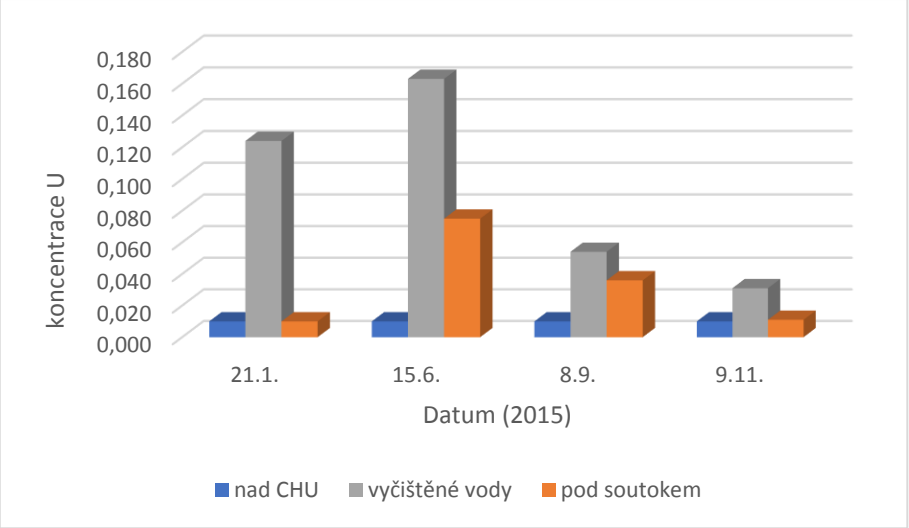
12 VÝSLEDKY A DISKUZE

Vliv na vodu

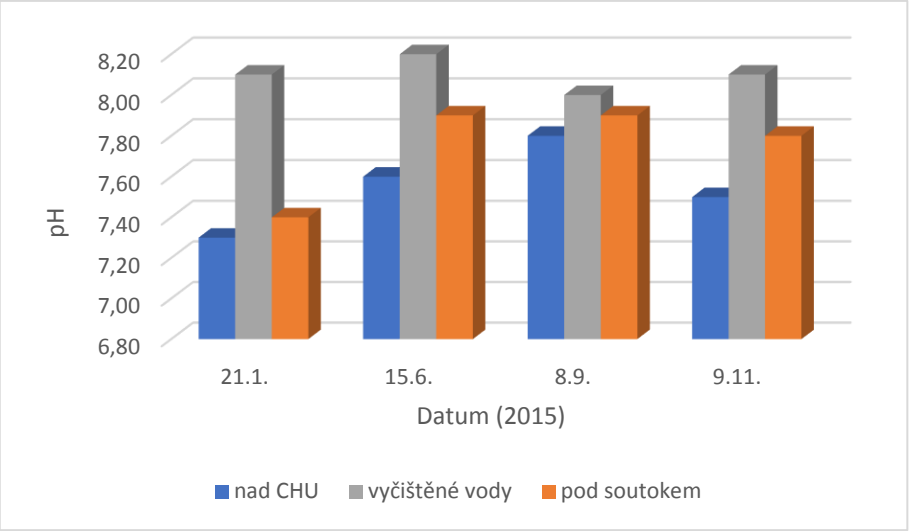
Pro objektivní zhodnocení vlivu vypouštěných vod na vodní tok jsem si vybral vzorky odebrané z řeky Nedvědičky ležící nad chemickou úpravnou a vzorky pod soutokem vyčištěných vod s Nedvědičkou. Pro úplný přehled připojím i hodnoty vzorků vyčištěných vod. V grafické části zhodnotím vliv všech měřených hodnot na složky životního prostředí.



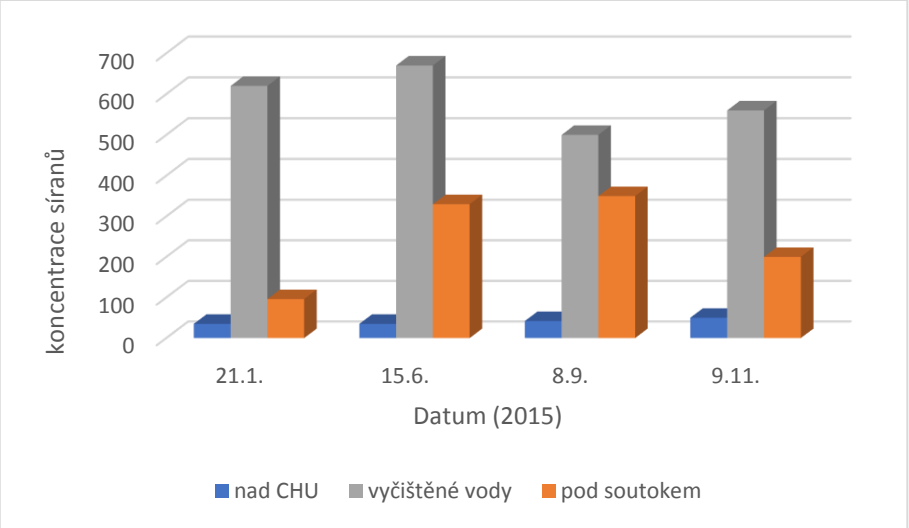
Graf 1 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na teplotu vody v řece Nedvědičce



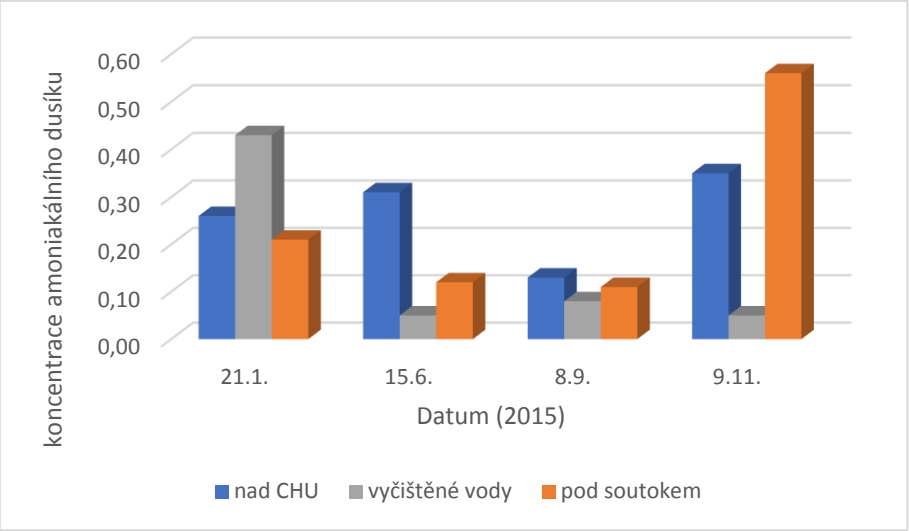
Graf 2 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na koncentraci uranu v řece Nedvědičce



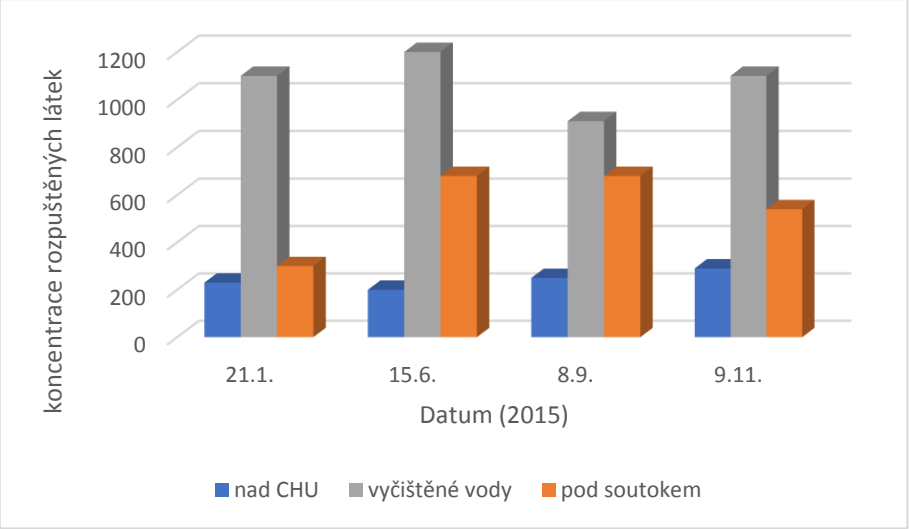
Graf 3 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na pH v řece Nedvědičce



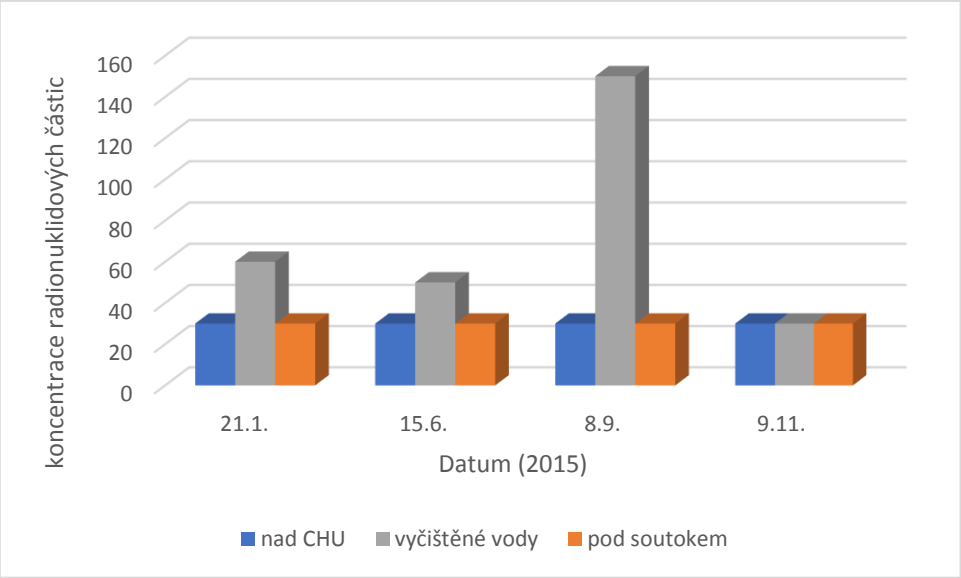
Graf 4 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na koncentraci síranů v řece Nedvědičce



Graf 5 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na koncentraci amoniakálního dusíku v řece Nedvědičce



Graf 6 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na koncentraci rozpuštěných látek v řece Nedvědičce



Graf 7 Vliv vypouštěných vod z chemické úpravny na koncentraci radionuklidových částic v řece Nedvědičce

V zmíněných grafech se můžeme přesvědčit o tom, že vypouštěné vody mají prokazatelný vliv na kvalitu Nedvědičky. Žádné vzorky ovšem nepřekračují hodnoty dané platnou legislativu týkající se vypouštění odpadních vod. Některé hodnoty porušují normy environmentální kvality dle NV 401/2015 Sb., v platném znění. Musíme brát v úvahu jaké vody se čistí. V odkališti K1 je velmi kontaminovaná voda. Koncentrace SO_4^{2-} zde dosahují hodnot 19000 mg, uran 7 mg a amoniakální dusík 200 mg. Čistírna vod na chemické úpravně dokáže takto ovlivněné vody vyčistit na průměrné koncentrace u SO_4^{2-} 600 mg, u uranu 0,08 mg a amoniakálního dusíku 0,08 mg. Z těchto výsledků vyplývá, že zvolené technologie jsou účinné.

Nejmenší vliv pozoruji u hodnot ^{226}Ra [graf 7], pH [graf 3] a $N\text{-}NH_4^+$ [graf 5]. U amoniakálního dusíku je norma environmentální kvality mírně překročena. Dle mého názoru toto překročení způsobuje splach zemědělské půdy do vodoteče, případně jiné zdroje, jelikož hodnoty vyčištěných vod z chemické úpravny mají ve většině případů vyšší kvalitu než u samotného toku Nedvědičky. U vody pozorujeme i konstantní navýšení pH. Hodnoty se pohybují v tolerovaném rozmezí, a proto nehrozí negativní ovlivnění životního prostředí. Hodnoty radionuklidových částic z vyčištěných vod jsou mírně zvýšeny, ale nemají prokazatelný vliv na kvalitu vody v řece Nedvědičce.

K poměrně velkému nárůstu dochází u koncentrace uranu [graf 2], síranů [graf 4] a rozpuštěných látek [graf 6]. Výsledky některých vzorků překračují normy environmentální kvality. I přes velmi propracovanou technologii čištění vod není možné se úplně zbavit těchto toxikantů.

Poslední sledovanou vlastností je teplota [graf 1]. Hodnoty vypouštěné vyčištěné vody z chemické úpravny nedosahují maximálních povolených norem, takže z legislativního hlediska je vše v pořádku. Pokud se ovšem zaměřím na teplotní skok, který nastane na soutoku řeky Nedvědičky a vyčištěné vody z chemické úpravny, tak zjistíme poměrně velký rozdíl. K největším rozdílům dochází v období od podzimu do jara, kdy může teplotní skok dosáhnout hodnoty 4 °C. Takový rozdíl už může negativně působit na vodní společenstva, a proto si myslím, že by se ve zmiňovaném období měl klást větší důraz na ředění vypouštěných vod.

Vliv na ovzduší

Hlavním zdrojem znečišťování ovzduší v okolí chemické úpravny je čpavek, který souvisí s technologií zpracování uranových rud. V roce 1996 byl nainstalován absorbér pro snížení emisí čpavku. Díky tomuto zařízení pokleslo množství vypouštěných emisí čpavku z 46 t / rok na 5,9 t / rok. Po ukončení úpravy uranových rud tento zdroj znečištění pomine. Dalším zdrojem tuhých znečišťujících látek je odkaliště. Při naplavování rmutu vznikaly na okrajích odkaliště vyschlé pláže. Ty se museli ošetřovat postřikem, aby se zabránilo sprašování kontaminovaného materiálu do okolí. Po výstavbě mezihrázek na díle v roce 1992 došlo ke zlepšení stavu. Rovnoměrné ukládání rmutu přispělo k omezení vzniku vyschlých pláží. K vylepšení stavu ještě došlo v průběhu roku 2014, kdy bylo vyústěno plavící potrubí rmutu do středu jednotlivých komor (naplavování rmutu je prováděno do tzv. tekutého středu).

V rámci hodnocení úrovně znečištění ovzduší se konstruují mapy 1 x 1 km, které zveřejňuje Ministerstvo životního prostředí prostřednictvím ČHMÚ. Mapy se tvoří z průměru koncentrace znečišťujících látek za předchozích 5 let. Z plánů jsem vytvořil tabulku [tab 10], která zhodnocuje znečištění ovzduší v zájmovém území

Tabulka 10 Průměry koncentrací znečišťujících látek za období 2010-2014 v zájmovém území

znečišťující látka – průměr	limit dle přílohy č. 1 k zákonu 201/2012 Sb.	hodnoty odečtené z map
	$\mu g/m^3$	$\mu g/m^3$
PM_{10} – roční průměrná koncentrace	40	19,4 - 21,3
PM_{10} - 36. nejvyšší hodnoty 24hod. průměrné koncentrace v kalendářním roce	50	35,1 - 37,9
$PM_{2,5}$ - roční průměrná koncentrace	25	15,3 - 16,7
NO_2 – roční průměrná koncentrace	40	9,1 - 9,7
SO_2 - 4. nejvyšší hodnoty 24hod. průměrné koncentrace v kalendářním roce	125	17,9 - 18,2
benzen – roční průměrná koncentrace	5	1,0 - 1,1

(Zdroj dat: ČHMÚ)

V území nedochází k překračování emisních limitů znečišťujících látek stanovených legislativou.

Vliv na krajinu

Současná krajina v širším okolí zájmového území je velmi rozmanitá. Typickým obrazem je zemědělská až zemědělsko-lesní krajina. Samotný areál Rožné je silně narušen těžebním průmyslem. Ráz krajiny negativně ovlivňuje především areál R1, odkaliště K1, areál chemické úpravny a solární elektrárny. Po úplném uzavření dolu Rožná se připravuje kompletní rekultivace areálu. Plánuje se odstranění odvalu R1, odstranění nepotřebných objektů a následná lesotechnická rekultivace. Cílem je co nejvíce minimalizovat viditelné následky těžby a začlenit areál do okolní krajiny. (Tomášek a kol., 2016)

Je nezbytně nutné, aby veškerý kontaminovaný materiál včetně budov byl odstraněn. Dle mého názoru by byla velká škoda celý areál kompletně zlikvidovat. S ohledem na dlouholetou historii hornictví a těžby uranu v ČR si toto odvětví zaslouží svoji pozornost. Nesmíme ani zapomínat, že tento důl je již posledním v celé Evropě, a proto by expozice ohledně těžby uranu mohla být dobrým turistickým lákadlem. Pro samotné

muzeum by se mohla použít již stojící budova. V případě nevyhovujících vlastností postavit nový objekt. Ten by svojí velikostí i umístěním byl zakomponován do budoucí rekultivace celého areálu. Následující generace by mohly díky této expozici objektivně posoudit, jak se území velmi ovlivněné těžbou uranu dokázalo začlenit do okolní přírodní krajiny.

13 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zhodnocení vlivu odkaliště K1 na složky životního prostředí. Před samotným posuzováním vlivů proběhlo nezbytné uvedení do dané problematiky. Následovala obecná charakteristika zájmového území. Podrobněji jsem popsal dva největší vodní objekty v areálu odkaliště K1 a K2. Nadbilanční vody z odkališť jsou čištěny v chemické úpravně.

Z výsledků je patrné, že vypouštěné vyčištěné vody mají prokazatelný vliv na kvalitu vody v řece Nedvědičce. V odkališti K1 se nacházejí velmi kontaminované vody. Pro jejich vyčištění se používá odpařovací stanice, membránové procesy a iontová výměna. I přes vysoce účinnou technologii čištění vod dochází ke zhoršení kvality vody v řece Nedvědičce. Všechny hodnoty ovšem splňují legislativní normy České republiky. V některých případech jsou ale porušovány limity environmentální kvality. K největšímu nárůstu koncentrací dochází u uranu a síranů. Limity environmentální kvality porušuje také amoniakální dusík. Překročení není ovšem způsobeno nedostatečným čištěním vod v chemické úpravně, jelikož hodnoty vyčištěných vod mají ve většině případů vyšší kvalitu než u samotného toku Nedvědičky. Porušení environmentální normy u amoniakálního dusíku bude pravděpodobně způsobeno splachem ze zemědělské půdy, případně z jiných zdrojů.

Vliv na ovzduší je spojen především s těžbou uranu a jeho zpracováním. Mezi hlavní zdroj znečišťování ovzduší řadíme čpavek, který se používá u technologie zpracování rudy. V areálu R1 jsou podrobně sledovány znečišťující látky v ovzduší. Ty ovšem nepřekračují emisní limity stanovené zákonem č. 201/2012 Sb., v platném znění.

V průběhu těžby docházelo i k silnému narušení rázu přírodní krajiny v okolí Dolní Rožínky. Po úplném uzavření dolu Rožná se připravuje kompletní rekultivace. V samotném areálu R1 dojde k likvidaci drtivé většiny povrchových objektů, odstranění odvalu R1 a kompletní lesotechnické rekultivaci. Hlavním cílem je začlenění celého areálu do okolní krajiny.

Negativní vliv na další složky životního prostředí je spojen především se samotnou těžbou. Ta ovšem k 1. dubnu 2017 skončila, a proto i tyto vlivy pominou, případně se výrazně omezí. Jedná se především o prašnost, hluk a dopravu. S koncem těžby je neodmyslitelně spojena nutnost sanace a rekultivace. V samotném areálu už nyní probíhají akce, které mají za úkol co nejdůkladněji zahladit negativní vlivy těžby uranu. Mezi

největší probíhající projekty patří Sanace a rekultivace odkaliště K1 – 1. a 2. etapa, které budou postupně pokračovat 3. a 4. etapou. Naplánovanou činností vznikne konečný tvar rekultivovaného odkaliště.

Je zřejmé, že zaměstnanci o. z. GEAM Dolní Rožínka svědomitě pracují, aby následky těžby pro celý region byly co nejmenší. V posledních 20 letech bylo státem do oblasti ekologie vloženo velké množství financí. Tyto prostředky umožnily zdokonalení technologie čištění vod a velkou řadu projektů zaměřující se na sanaci a rekultivaci pozůstatků hornické činnosti.

POUŽITÉ ZDROJE

BROŽEK V. a kol., 2011: Příspěvek k historii těžby a zpracování českého uranu, In: VŠCHT Praha [online], [cit. 2017-3-7], dostupné z: http://kuhv.vscht.cz/files/uzel/0017043/P%C5%99%C3%ADsp%C4%9Bvek%20k%20historii%20t%C4%9B%C5%BEby%20a%20zpracov%C3%A1n%C3%AD%20%C4%8Desk%C3%A9ho%20uranu.pdf?redirected

CIMALA Z., 1997: Po stopách průzkumu a těžby uranových ložisek na Moravě a Východních Čechách, Dolní Rožínka 130 s.

DANĚK R., 6.2.2017: Poslední uranový důl v Česku po 60 letech končí, In: Česká televize [online], [cit. 2017-3-15], dostupné z: http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/2029912-posledni-uranovy-dul-v-cesku-po-60-letech-konci

HÁJEK A. a kol., 2007: 50. výročí zahájení těžby uranu na ložisku Rožná. Dolní Rožínka: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 60 s.

INGERLE J., 1999: Technický projekt likvidace a sociální program, Dolní Rožínka: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 346 s.

JEŽ J., 2008: Sanace následků těžby a úpravy uranové rudy v oblasti Dolní Rožínky, In: DIAMO státní podnik [online], [cit. 2017-3-15], dostupné z: http://slon.diamo.cz/hpvt/2008/sanace/S01.pdf

GRMELA A. a kol., 2012: Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky, Ostrava: MONTANEX, 312 s, ISBN: 978-80-7225-372-2

JURMAN H., 2000: Bystřicko, Tišnov: Sursum, 338 s., ISBN: 80-55799-53-7

KAFKA J. a kol., 2003: Rudné a uranové hornictví České republiky, Ostrava: Anagram, 647 s, ISBM: 80-86331-67-9

KANTOR T. a ŽATECKÝ S., 2012: studie VD Dolní Rožínka a VD Zlatkov – Území ohrožené zvláštní povodní, Brno: VODNÍ DÍLA – TBD a.s., 22 s.

KOPP R., 2015: Hydrochemie – nejen pro rybáře, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 120 s., ISBN: 978-80-7509-352-3

KOPP R., HILSCHEROVÁ K. a POŠTULKOVÁ E., 2015: Základy vodní ekotoxikologie, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 152 s., ISBN: 978-80-7509-334-9

KŘÍBEK B., HÁJEK A. a kol. 2005: Uranové ložisko Rožná – Model pozdně variských a povariských mineralizací, Praha: Česká geologická služba, ISBN:80-7075-629-2

MARŠÁL J. a PÝCHA R., 2014: projekt Sanace odkaliště K1 – 2. etapa, Praha: Interprojekt odpady, s.r.o.

OPPELTOVÁ P., 2015: Ochrana vodních zdrojů, Brno: Mendelova univerzita v Brně, 104 s., ISBN: 978-80-7509-218

PELLANT Ch., 2005: Horniny a minerály, Praha: Knižní klub, 256 s., ISBN: 80-242-1416-4

PETRLÍK J., SKUTIL J., ŠTARHA I., ZEMÁNEK J., ZEMEK M. a ZIMÁKOVÁ A., 1980: Bystřice nad Pernštejnem: Od minulosti k současné revoluční přeměně města, Brno: Blok, 278 s.

Průměrné koncentrace znečišťujících látek v letech 2010–2014, In: ČHMÚ [online], [cit. 2017-4-8], dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/14petileti/png/vysocina_CZ.html

PITTER P., 2009: Hydrochemie, 4. vydání, Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 592 s., ISBN: 978-80-70-80-701-9

PÝCHA R., 2005: projekt Sanace odkaliště K I – 1. etapa, Praha: Interprojekt odpady, s.r.o.

TOMÁŠEK a kol., 1998: Sanace a rekultivace odkališť Dolní Rožínka, Praha: Středisko odpadů Mníšek, s.r.o.

TOMÁŠEK J. a kol., 2016: Sanace a rekultivace areálu R1 včetně odvalu, Mníšek pod Brdy: Středisko odpadů Mníšek s.r.o., 135 s.

VÁŠA J., TOMAN Z., ŠPATKA R., CHOCHOLÁČ J. a TOMANOVÁ L., 2016: Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. GEAM za rok 2015, Dolní Rožínka: DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 112 s.

Právní předpisy:

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje

Zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů

SEZNAM ZKRATEK

ČR – Česká republika

UD – uranový důl

o. z. – odštěpný závod

n. p. – národní podnik

DS – dekontaminační stanice

U – uran(prvek)

^{226}Ra – Radionuklidové částice

RL – rozpuštěné látky

SO_4^{2-} – sírany

$N\text{-}NH_4^+$ – amoniakální dusík

CHU – Chemická úpravna

PM_{10} – suspendované částice frakce PM_{10}

$PM_{2,5}$ – suspendované částice frakce $PM_{2,5}$

NO_2 – oxid dusičitý

H^+ – vodíkové ionty hydroxylových iontů

OH^- – hydroxylové ionty

ČSR – Československá republika

ČSSR – Československá socialistická republika

SSSR – Svaz sovětských socialistických republik

DIAMO – pojmenování převzato s názvu diuranát amonný

ČHMÚ – Český hydrometeorologický úřad

o. z. GEAM Dolní Rožínka – úplný název DIAMO Stráž pod Ralskem s. p., o. z. GEAM Dolní Rožínka

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Množství vytěženého uranu (v přepočtu) z jednotlivých nalezišť v ČR v období 1945-2016 ..... *22*
Tabulka 2 Sledované úrovně pro U a ^{226}Ra u vyčištěných vod *24*
Tabulka 3 Sledované úrovně pro U a ^{226}Ra u vodních toků *24*
Tabulka 4 Normy environmentální kvality vypouštěných vod *24*
Tabulka 5 shrnující parametry odkaliště K1 a 2 u Dolní Rožínky: *33*
Tabulka 6 Chemické složení technologických vod v Odkališti K1 ..... *39*
Tabulka 7 Chemické složení technologických vod v Odkališti K2 ..... *40*
Tabulka 8 Chemické složení vod Nedvědičky nad areálem chemické úpravny *40*
Tabulka 9 Výpustný profil vyčištěných vod z CHU a vyčištěných důlních vod z DS R I *41*
Tabulka 10 Chemické složení vod Nedvědičky pod výpustným profilem vyčištěných odpadních vod z chemické úpravny a vyčištěných důlních vod z DS R I *41*
Tabulka 10 Průměry koncentrací znečišťujících látek za období 2010-2014 ..... *47*

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Vliv vypouštěných vod z CHU na teplotu vody v Nedvědičce *42*
Graf 2 Vliv vypouštěných vod z CHU na koncentraci uranu v Nedvědičce *42*
Graf 3 Vliv vypouštěných vod z CHU na pH v Nedvědičce *43*
Graf 4 Vliv vypouštěných vod z CHU na koncentraci síranů v Nedvědičce *43*
Graf 5 Vliv vypouštěných vod z CHU na koncentraci N-NH_4^+ v Nedvědičce *44*
Graf 6 Vliv vypouštěných vod z CHU na koncentraci rozpuštěných látek v Nedvědičce *44*
Graf 7 Vliv vypouštěných vod z CHU na koncentraci ^{226}Ra v Nedvědičce *45*

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Odkaliště K2 ..... *57*
Příloha 2 Budování mezihrázek v Odkališti K1(1994) *57*
Příloha 3 Odkaliště K1 ..... *58*
Příloha 4 Plavení rmutu do středu komory odkaliště K1 ..... *58*
Příloha 5 Závod chemické úpravny *59*
Příloha 6 Výpustný profil vyčištěných vod z CHÚ *59*
Příloha 7 Soutok vyčištěných vod s řekou Nedvědičkou *60*
Příloha 8 Reverzní osmóza *60*
Příloha 9 elektrodialýza *61*
Příloha 10 Nečistoty na lamelách dialyzační jednotky *61*
Příloha 11 Pokládání bentonitových rohoží u 1. etapy sanace odkaliště K1 ..... *62*
Příloha 12 Uložené drenážní potrubí u 2. etapy sanace odkaliště K1 ..... *62*
Příloha 13 Hloubení rýhy pro uložení drenážního systému pod hlavní hrází odkaliště K1 ..... *63*
Příloha 14 Čerpání průsakových vod z šachtice u odkaliště K1 ..... *63*
Příloha 15 exkurze v dolu Rožná I (24. patro u výtahu) *64*

PŘÍLOHY

Příloha 1 Odkaliště K2, na snímku patrné pozůstatky galvanických kalů z Prechezy Přerov

Příloha 2 Budování mezihrázek v Odkališti K1(1994)

Příloha 3 Odkaliště K1 s chemickou úpravnou (v popředí likvidovaný důl R II – Jasan, v pozadí odkaliště K2)

Příloha 4 Plavení rmutu do středu komory odkaliště K1 (v pozadí solární panely)

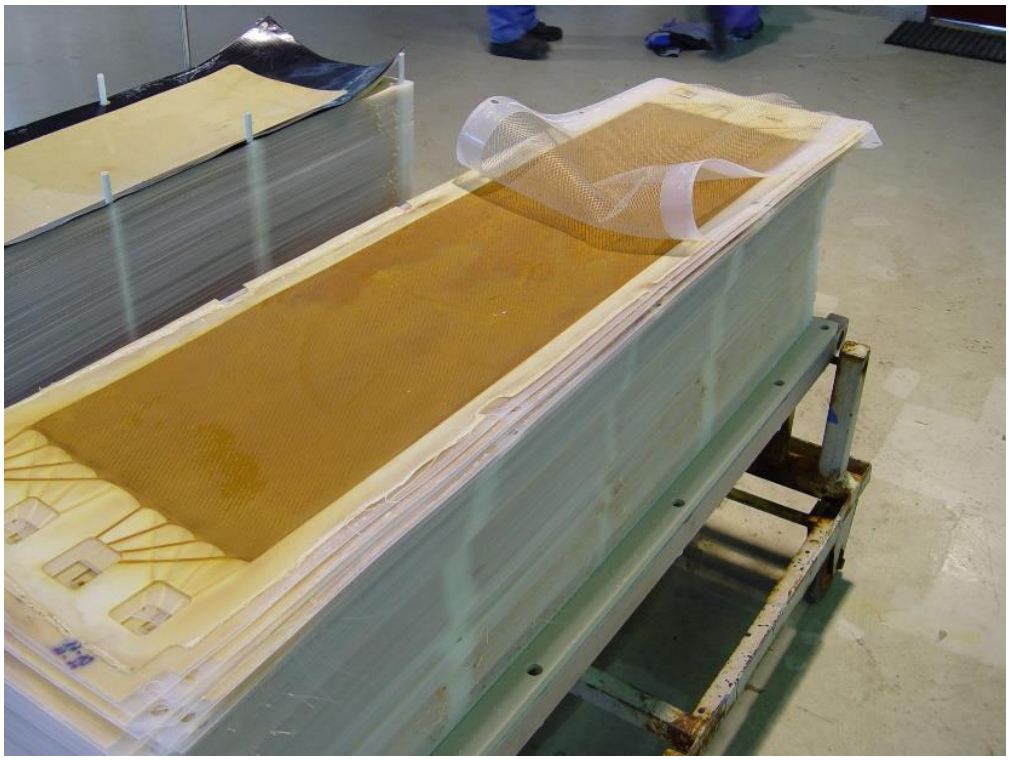
Příloha 5 Závod chemické úpravny (v popředí čerpací stanice technologických vod)

Příloha 6 Výpustný profil vyčištěných vod z CHÚ

Příloha 7 Soutok vyčištěných vod s řekou Nedvědičkou

Příloha 8 Technologie čištění vod pomocí membránových procesů – reverzní osmóza

Příloha 9 Technologie čištění vod pomocí membránových procesů – elektrodialýza



Příloha 10 Nečistoty na lamelách dialyzační jednotky

Příloha 11 Pokládání bentonitových rohoží a zakrytí zeminou u 1. etapy sanace odkaliště K1

Příloha 12 Uložené drenážní potrubí u 2. etapy sanace odkaliště K1

Příloha 13 Hloubení rýhy pro uložení drenážního systému pod hlavní hrází odkaliště K1

Příloha 14 Čerpání průsakových vod a dočasné uzavírání potrubí vzduchovými vaky z šachtice u odkaliště K1

Příloha 15 Exkurze v dolu Rožná I (24. patro u výtahu)