

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**VYUŽITÍ DŮLNÍCH VOD JAKO ZDROJE
PITNÉ VODY**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Josef Sobota, CSc.

Diplomant: Šárka Větrovská

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Větrovská Šárka

Regionální environmentální správa - kombinované Praha

Název práce

Využití důlních vod jako zdroj pitné vody

Anglický název

Mining water utilization as source of drinking water

Cíle práce

- 1) Shromáždíte teoretické podklady o důlních vodách, jejich čištění a o možnostech jejich využití
- 2) Navštívíte čistírnu důlních vod Příbram a seznámte se s jejím provozem
- 3) Na základě monitoringu vyhodnotíte jakost důlních vod před čištěním a po čištění. Porovnejte data s limity pitné vody
- 4) Vyhodnotíte možnosti použití důlních vod jako vod pitných, popř. navrhněte změny v technologii

Metodika

- 1) Zpracování rešerše o důlních vodách
- 2) Rekognoskace na čistírně důlních vod Příbram
- 3) Shromáždění podkladů o znečištění vod v laboratoři čistírny
- 4) Doporučení technologických změn pro využití důlních vod jako vody pitné
- 5) Sepsání DP podle směrnice FŽP ČZU

Harmonogram zpracování

Datum zadání diplomové práce: únor 2013

Datum odevzdání diplomové práce: 23.4.2014

Rozsah textové části

bude upřesněn v průběhu zpracování

Klíčová slova

důlní vody, čištění, úprava na vody pitné

Doporučené zdroje informací

Grmela, A.-Blažko, A. (2004): Důlní vody a jejich začlenění v legislativě ČR. Hornická Příbram ve vědě a technice. Příbram.
Kramář, L. (2012): Manipulační a provozní řád čistírna důlních vod Příbram II. DIAMO s.p. Příbram
Sobota, J. (2008): Úprava pitných a čištění odpadních vod. Studijní texty ČZU Praha

Vedoucí práce

Sobota Josef, Ing., CSc.

Elektronicky schváleno dne 7.4.2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Josefa Soboty, CSc. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Lazec 23. dubna 2014

.....
Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Josefu Sobotovi, Csc. za odborné vedení mé práce. Rovněž děkuji Ing. Ladislavu Kramářovi, vedoucímu ČDV Příbram, za poskytnutí informací, materiálů a cenných rad. Především bych chtěla poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu při studiu a psaní této práce.

Lazec 23. dubna 2014

Abstrakt

Diplomová práce je rozdělena do dvou teoretických a jedné praktické části. Teoretické části se věnují historii, vzniku, charakteru důlních vod a legislativě daného tématu z dostupných literárních zdrojů. Praktická část práce popisuje princip čištění důlních vod na čistírně ve správě DIAMO s. p., odštěpného závodu Správa uranových ložisek (SUL) Příbram. V diplomové práci jsou zhodnoceny výsledky kvality vody na výstupu z čistírny a je předložen návrh využití důlních vod jako pitné vody. K tomu, aby byla splněna vyhláška o pitných vodách, budou důlní vody ředěny super čistou vodou z reverzní osmózy.

Klíčová slova

Pitná voda, důlní voda, čistírna důlních vod, reverzní osmóza

Abstract

The thesis is divided into two theoretical and a practical part. The theoretical part is devoted to the history, origin, nature mine water legislation and the topic of the available literature sources. The practical part describes the principle of treatment of mine water treatment plant in the administration DIAMO s.p., Branch Administration uranium deposits (SUL) Příbram. In this thesis the results are evaluated water quality at the outlet of sewage and there is a proposal for the use of mine water as drinking water. In order to meet the ordinance on drinking water, mine water will be diluted with super pure water from reverse osmosis.

Key words

Drinking water, mine water, mine water treatment plant, reverse osmosis

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍLE PRÁCE	10
3. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	11
3.1 Důlní vody	11
3.2 Legislativa	13
3.2.1 Mezinárodní legislativa.....	13
3.2.2 Legislativa České republiky	14
3.2.3 Legislativa související s problematikou důlních vod	16
3.3 Rozdělení důlních vod.....	17
3.4 Složení důlních vod	17
3.5 Čištění důlních vod.....	18
4. REVERZNÍ OSMÓZA	19
4.1 Objasnění funkce reverzní osmózy	19
4.2 Předúprava vody.....	22
4.3 Základní prvky úpravny RO.....	22
5. POSTUPY PŘI UŽITÍ DŮLNÍCH VOD	23
– ZPRACOVÁNÍ VYUŽITÍ DŮLNÍCH VOD NA LOŽISKU	
PŘÍBRAM	23
5.1 Charakteristika vybrané lokality	23
5.2 Historie těžby	24
6. ČISTÍRNA DŮLNÍCH VOD	25
6.1 Přívod důlní vody	26
6.1.1 Oxidace a filtrace.....	27
6.1.2 Sedimentace a filtrace	28
6.2 Iontoměničová technologie	31
6.2.1 Sorbce.....	32
6.2.2 Promývání ionexu.....	33
6.3 Reaktory	35
6.3.1 Rozkyselování a srážení	36
6.3.2 Nádrže uranové sráže.....	36
6.4 Komorový kalolis	37
6.4.1 Příprava a přečerpání suspenze	38
6.5 Vypouštění vyčištěné důlní vody	38
7. METODIKA	39
8. KVALITA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VOD Z ČDV	40
8.1 Porovnání výsledků s vyhláškou o pitných vodách a vyhláškou o vodovodech a kanalizacích	44
9. NÁVRH ÚPRAVY TECHNOLOGIE DŮLNÍCH VOD NA PITNOU VODU	45
9.1 Využití reverzní osmózy	46
10. DISKUZE	46
11. ZÁVĚR	48
12. LITERATURA	49
13. PŘÍLOHY	53

1. ÚVOD

Řecký filozof Thales Milétský kdysi řekl: „Původ veškerého bytí je voda.“ Toto bylo použito i v prvním článku Evropské vodní charty (Štrasburk 1968): „Bez vody není života, voda je drahocenná a nenahraditelná.“ Voda je považována za strategickou surovinu, základní složkou přírodního prostředí, základní podmínkou existence života a sociálního rozvoje. Zásoby vody nejsou nevyčerpatelné, a proto je třeba o vodu neustále pečovat a hospodařit s ní. (Vostrčil a kol. 2005)

Hlavním zdrojem pro lidský život je sladká voda. Sladká voda je rovněž nezbytná pro mnoho přírodních systémů, které podporují lidské pohodlí. Rozšiřování lidské činnosti značně změnilo parametry ve sladkých vodách, s úpravami ovlivňující fyzické, chemické a biologické vlastnosti vodního systému. (Carpenter a kol. 2011)

Celkově planeta má zásobu vody přibližně 1,4 miliardy kubických kilometrů, z nichž většina (téměř 97%) je voda v oceánech. Svět je mnohem omezenější na sladkovodní zásoby. Ty se odhadují na přibližně 35 milionů kubických kilometrů. Většina čerstvé vody, je na ledovcích v Antarktidě a Grónsku. Celkových globálních odběrů vody bylo přibližně 3; 700 km³ ročně, to je malý zlomek z odhadovaných zásob sladké vody. (Gleick a Palaniappa 2010)

Se změnami klimatu jsou spojené výskyty období sucha. Polovina pitné vody je z povrchových zdrojů, kde se sucho projevuje nejrychleji a proto je třeba hledat možnosti alternativních zdrojů vod pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Jednou z možností je využití důlních vod v lokalitách s ukončenou těžbou. (Heviánková a kol. 2012)

Během dlouhého období hlubinné těžby dochází k devastaci krajiny zejména hlušinou, jejíž skládkování nabývá velkých rozměrů. V revírech Jáchymova, Tachova, Horního Slavkova a Příbrami je více než 38 velkých skládek odpadu. Tyto skládky odpadu, tzv. haldy, mají negativní dopad na prostředí, včetně povrchových a podzemních vod a půdy. (Tomas 1997).

2. CÍLE PRÁCE

- shromáždit teoretické podklady o důlních vodách jejich čištění a o možnostech jejího využití
- navštívit Čistírnu důlních vod Příbram a seznámit se s jejím provozem
- na základě monitoringu vyhodnotit jakost důlních vod před čištěním, a po čištění. Porovnat data s limitem pitné vody.
- vyhodnotit možnosti použití důlních vod jako vod pitných, popř. navrhnout změny v technologii

3. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Důlní vody

Mnohotvárnost forem důlních vod je pravou příčinou problémů s vytvořením jednotné definice, která by jasně vystupovala ve vodohospodářské, báňské, odpadové a enviromentální legislativě. Důsledkem uváděné specifické tvorby důlních vod vzniká v jejich hodnocení problém nejen mezirezortní, ale také problém interdisciplinární. Jeden z příkladů: přírodní vědy versus technické (báňské) vědy. (Grmela a Blažko 2004)

Důlní vody dle zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, ve znění pozdějších předpisů (horní zákon), jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

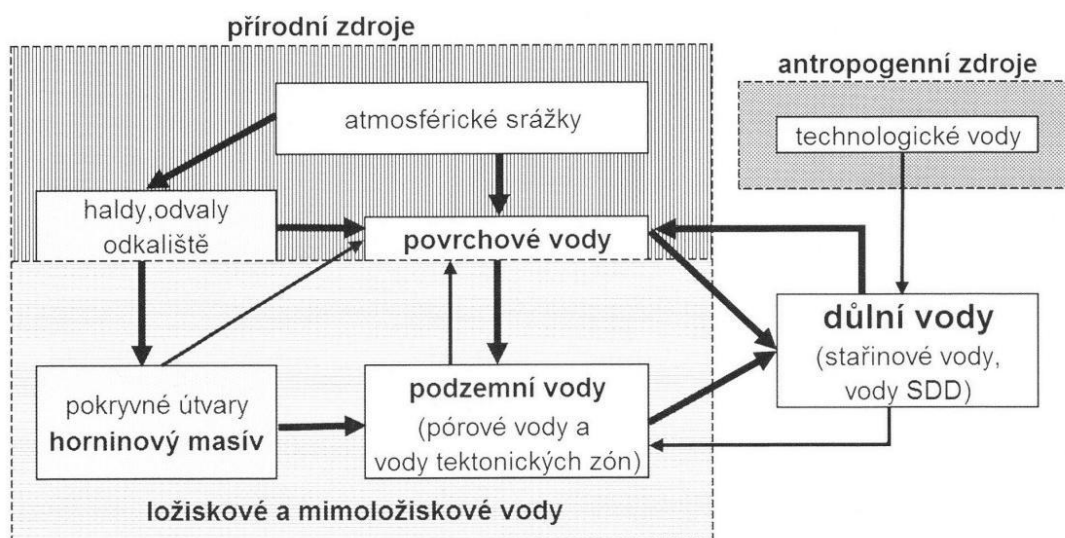
Autoři Homola a Klír (1975) ve svém díle uvádí, že za důlní vody se označují vody jakéhokoliv původu, které se pohybují volně důlními díly podle zákonů proudění kapalin v otevřených korytech nebo dle zákonů proudění kapalin v potrubí.

Kritériem, jakým lze důlní vodu charakterizovat je důlní prostor. To jsou veškerá důlní díla, zavalené nebo založené prostory v hlubinných dolech, prostory po vytěženém ložisku v lomu, hliništi, po těžbě štěrku a písku z vody. (Grmela a Blažko 2004)

Pohyb důlních vod je dán stavebním provedením důlních děl nebo odtokových cest, dále regulačními prvky na nich, čerpáním popř. samospádným odtokem důlní vody z dolu na zemský povrh. (Homola a Klír 1975)

Zdroje důlních vod jsou různé a mohou být přírodní nebo antropogenní. Mezi přírodní zdroje důlních vod zahrnujeme vody ložiskové a mimoložiskové. Antropogenními zdroji důlních vod jsou vody technologické a provozní. Zvláštním druhem jsou vody stařinové. Jde obvykle o směsné vody mimoložiskové, ložiskové i provozní, které protékají nebo jsou akumulovány v důlních prostorech. Tyto vody proudí dle zákonů proudění v otevřených korytech či v potrubí. (Grmela a kol. 2012)

Obr. č. 1: Interakce mezi vodou a horninovým prostředím.
Zdroj: Grmela a kol. 2012.



Mimoložiskové vody jsou vody přírodních zvodní v horninách a přírodní vody infiltrující z povrchu do důlních děl (atmosférické srážky, nádrží a vody z povrchových toků). Antropogenní složkou důlních vod jsou vody technologické a provozní. Jedním z příkladů jsou to vody, užitkové a technologické vody používané především pro vrtání s vodním výplachem, protipožární a protiprašné ochrany. (Grmela a kol. 2012).

Ložiskové vody jsou podzemní vody z ložisek nerostných surovin, které jsou akumulovány přímo v ložiskové výplni, v bočních, nadložních či podložních horninách. Tyto vody musí být v hydraulické spojitosti s ložiskem. Ložiskové vody neovlivněné důlní činností jsou typické pohybem ve zvodněné struktuře podle zákonů proudění kapalin horninovým prostředím. Pohyb je především určován hydrogeologickými a geologickými faktory, ale pohyb ložiskové vody ovlivněné důlní činností ve zvodněné struktuře je určen vznikem nové, umělé odvodňovací báze. Tento zásah je spojen se změnou přirozené geohydrodynamické struktury a hydraulických parametrů horninových komplexů (zejména propustnost). Pohyb se řídí zákony proudění kapalin horninovým prostředím nebo lze použít zákonitosti obecné hydrauliky (proudění v korytech, potrubí). (Grmela a kol. 2012).

Důlní voda má charakteristické fyzikálně-chemické vlastnosti a na jednom ložisku, se stejnými geologickými a hydrogeologickými podmínkami, se může podíl

zdrojů důlních vod odlišovat. Důlní vody mění svou kvantitu i kvalitu v průběhu otírky a exploatace ložiska dle rozsahu infiltračního území, plochy obnaženého povrchu důlních děl, hloubky dobývání a minerálního složení horninového prostředí. Dalším ovlivněním je v průběhu těžby znečištění různými provozními a odpadními látkami. Data o kvantitě a kvalitě důlní vody jsou značně prostorově a časově omezené. Režim těchto vod se změní zejména po skončení těžby. Jeden ze zdrojů důlních vod se přestane uplatňovat a tím důlní vody nabývají charakteru stařinových vod. V průběhu zatápění uranových dolů dochází dlouhou dobu k významným změnám v obsahu rozpuštěných látek ve vodách. Několikanásobně je zvýšena koncentrace uranu, radia, železa a dalších látek. To trvá po dobu, kdy v dolech je výrazné oxidační prostředí a trvá až do doby, kdy se zpětně mění na prostředí redukční. Složení důlních vod se časem stabilizuje (v řádech desítek let). Důlní vody z uranových dolů mohou představovat významný druhotný zdroj uranu (Grmela a kol. 2012).

3.2 Legislativa

Základem legislativy jsou právní předpisy Evropské unie, zákony České republiky a vyhlášky, které příslušné zákony provádí. Jsou vydávány upřesňující vyhlášky, které jsou vydávány příslušnými ministerstvy, dále se vydávají vládní nařízení. (Sobota 2014)

3.2.1 Mezinárodní legislativa

V platnosti je celá řada mezinárodních předpisů a směrnic, které mají vliv na ochranu povrchových a podzemních vod. Směrnice Evropského parlamentu a Rady jsou závazné i pro Českou republiku a musí být povinně transformovány do českého práva. Z nejvýznamnějších mezinárodních předpisů, které byly implementovány do českého právního systému, jsou to např:

Směrnice Evropského parlamentu a Rady č.2000/60/ES, ze dne 23. 10. 2000, ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky je „Rámcová směrnice o vodách“. Směrnice ustanovuje rámce pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, braktických vod, pobřežních vod a podzemních vod, která se snaží zabránit dalšímu zhoršování kvality vod, podporuje trvale udržitelné užívání těchto

vod. Vede ke zvýšené ochraně a zlepšení vodního prostředí, zajišťuje cílené snižování znečišťování podzemních vod a přispívá ke zmírnění účinků povodní a období sucha. (Sobota 2014)

Směrnice Rady č.75/440/EHS ze dne 16. 6. 1975 o požadované jakosti povrchových vod určených k odběru pitné vody v členských státech. (Sobota 2014)

Směrnice Rady č.80/68/EHS ze dne 17. 12. 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním určitými nebezpečnými látkami, která byla doplněna o Směrnici Rady č.90/656/EHS a Směrnici Rady č.91/692/EHS. (Sobota 2014)

Směrnice Rady č.98/83/EHS, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.

Směrnice Rady č.91/271/EHS, Rady ze dne 21. 5. 1991, o čištění městských odpadních vod, která se týká odvádění, čištění a vypouštění městských odpadních vod a čištění a vypouštění odpadních vod z určitých průmyslových odvětví. Cílem této směrnice je ochrana životního prostředí před negativními dopady vypouštění. (Sobota 2014)

3.2.2 *Legislativa České republiky*

Dokumenty vydané v České republice jsou v každém roce číslovány a nalezneme je ve Sbírce zákonů České republiky. Vydávají se po jednotlivých částkách. Ministerstva potom vydávají Věstník, ve kterém se předkládají resortní instrukce, metodické pokyny, návody, postupy a sdělení. Podobně předkládají své dokumenty i krajské úřady ve sbírce nařízení, vyhlášek a instrukcí Hlavního města Prahy. (Sobota 2014) Zde jsou uvedeny některé zákonů a vyhlášek:

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

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

Zákon č.17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č.289/1995 Sb., o lesích a změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 58/1998 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn (úplné znění).

Zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Zákon č.100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů.

Zákon č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č.167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmy a její nápravě a o změně některých zákonů

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

Zákon č.416/2010 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech k vypouštění odpadních vod do vod podzemních.

Vyhláška č.126/1976 Sb., o vodohospodářské a souhrnné vodohospodářské evidenci.

Vyhláška č.428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Vyhláška č.293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových

Vyhláška č.146/2004 Sb., kterou se mění vyhláška č.428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Vyhláška č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č.187/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č.294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Vyhláška č.405/2006 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

3.2.3 Legislativa související s problematikou důlních vod

Ve sdělení odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí České republiky k vypouštění důlních vod, uveřejněného ve Věstníku MŽP č. 2/1994, se uvádí, že nakládání s vodami podléhá povolovací pravomoci vodohospodářského orgánů (dle zákona č. 254/2001 Sb. tedy vodoprávnímu úřadu). Také k vypouštění těchto zvláštních vod do vod povrchových nebo podzemních je nezbytné mít povolení vodoprávního úřadu (§ 8 odst. 1 písm. d) - vodního zákona). Z působnosti tohoto ustanovení jsou však vyňaty vody důlní, kde vodní zákon výslovně odkazuje na zvláštní předpisy, v tomto případě na horní zákon. (Grmela; Blažko 2004)

Tento zákon oddělil samotné vypouštění důlních vod od ustanovení způsobu a podmínek tohoto vypouštění, které náleží do pravomoci orgánu státní správy. Současně horní zákon určil, že věcně příslušným orgánem státní správy je vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad, proto rozhoduje o způsobu a podmínkách vypouštění důlních vod, nikoliv však na základě vodního zákona, ale podle zákona horního. (Grmela; Blažko 2004) V příloze č. 1 je uvedený přehled legislativy související s problematikou důlních vod.

3.3 Rozdělení důlních vod

Důlní vody je možné v důlních dílech rozlišovat podle Kukutsche (2006) na:

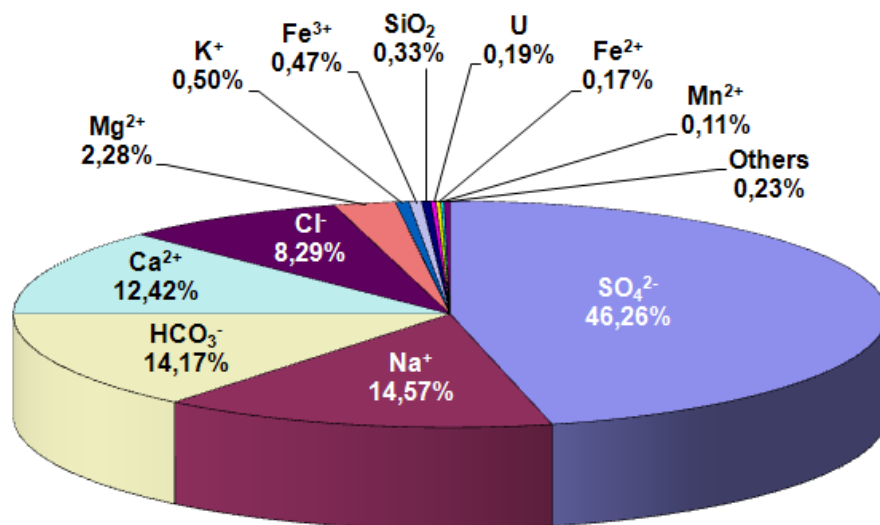
- vodu tekoucí
- vodu přitékající
- vodu odtékající
- vodu zaplňující uzavřené bezodtokové prostory
- vodu v prostorech s přirozeným odtokem
- vodu v prostorech s umělým odtokem

3.4 Složení důlních vod

Po skončení těžby a zatopení dolů se v podzemí vytváří rovnovážný chemický systém mezi mineralizovanými horninami a vodou. Statické zásoby stařinových vod jsou značně mineralizovány a vertikálně diferenciovány. V nižších částech stařin je nejvíce vod chloridových a karbonátových. V této etapě jsou nebezpečím pro znečištění povrchových vod neočekávané a nekontrolované výrony vod ze zatopeného podzemí dolů podél geologických a tektonických struktur nebo starými důlními díly. (Kafka 2003)

Chemické složení vod je dáno tím, jak jsou složeny povrchové vody a výsledkem interaktivních procesů v horninovém prostředí, kde vody cirkulují. Chemické složení důlních vod se stále mění jednak mísením různých vod s jiným složením, dále znečišťováním provozními a odpadními látkami, rozpustnými zplodinami oxidace hornin i ložiskové výplně. Na změnách složení důlních vod se podílí i bakterie, kvasinky a jiné jednoduché organismy. (Hájek 2003)

Obrázek č. 2: Složení důlních vod ložiska
 Zdroj: Lusk, Babka 2010



3.5 Čištění důlních vod

Voda patří k nejvíce ovlivnitelným složkám životního prostředí v místech po zpracování nerostných surovin a těžbě. Ochrana povrchových a podzemních vod je v průběhu těžby velice náročná. Stejně náročná je i následná dekontaminace a sanace. Na většině lokalit dochází po likvidaci důlních děl k přetoku důlních vod nebo k jejich výronu v místech hydraulického propojení. Čistící stanice se zřizují tam, kde chemické složení neumožňuje důlní vody vypouštět do veřejných vodotečí. Stanice musí zajistit takový stupeň čištění, aby byly splněny podmínky stanovené vodohospodářským orgánem. (Kafka, 2003)

Během provozu dolu je potřeba snižovat hladinu spodní vody. Velké množství se odčerpává do potoků, řek nebo jezer. V České republice v důsledku nedostatečného čištění odpadních vod dolu Hamr došlo ke kontaminaci sedimentů řeky Ploučnice. (Diehl, 1995)

4. REVERZNÍ OSMÓZA

Reverzní osmóza je proces, který dovoluje transport rozpouštědla membránou, zatímco rozpuštěné soli a nízkomolekulární složky zachycuje. Proces je založen na aplikaci vnějšího tlaku ze strany koncentrovanějšího roztoku, což způsobí obrácení přirozeného jevu osmózy. (Hübner 2006)

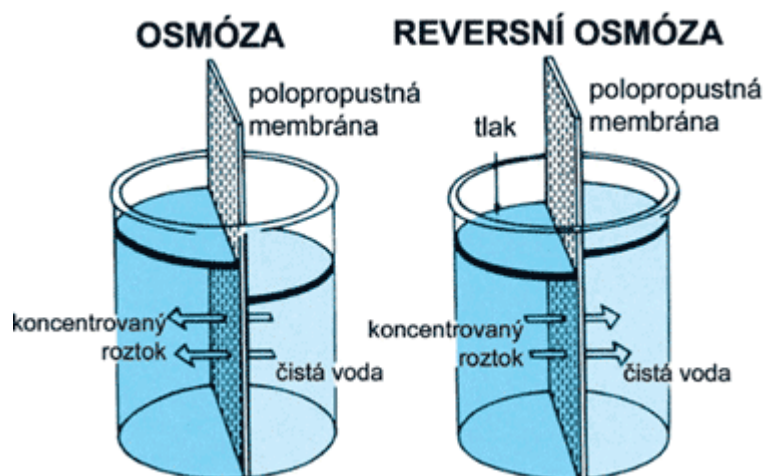
Reverzní osmóza představovala v době svého vývoje velmi nadějnou alternativu k ostatním desalinačním způsobům. Její nenáročnost na chemikálie, nezvyšování zatížení vodoteče rozpustnými solemi a výhoda kontinuálního procesu znamenaly atraktivní alternativu k nejrozšířenější technologii desalinace vody pomocí ionexů.

Dokáže odstranit prakticky všechny částice, mikrobiální život a téměř dokonale organické látky. Nevýhodou reverzní osmózy je citlivost na obsah suspendovaných a koloidních látek, které musí být odstraněny téměř dokonale před vstupem na reverzní osmózu. Reverzní osmóza se stala standardním prvkem přípravy ultračisté vody, zajišťující odstranění převážné části rozpuštěných látek (96–99%), téměř všech organických látek s výjimkou látek s nízkou molekulovou hmotností (do cca 100), mikrobiálního života schopna odstraňovat plyny. (Hübner 2006)

4.1 Objasnění funkce reverzní osmózy

Oddělíme-li dva různě koncentrované roztoky polopropustnou membránou, propouštějící pouze rozpouštědlo (vodu), začne přirozenou cestou proudit voda z prostředí zředěnějšího do koncentrovanějšího. Tento děj se nazývá osmóza. Po určité době dojde k ustavení rovnováhy, přičemž se ustálí hladina v části s koncentrovanějším roztokem výše. Rozdíl hladin odpovídá osmotickému tlaku, který je dán hlavně rozdílem koncentrací jednotlivých roztoků (obr. č. 3)

Působíme-li na koncentrovanější roztok tlakem, začíná se průtok vody ze zředěnějšího do koncentrovanějšího zpomalovat a v okamžiku vyrovnání osmotického tlaku s vnějším tlakem se průtok vody zastaví. Zvýšíme-li vnější tlak nad tlak osmotický, začíná proudit voda opačným směrem a nastává děj, který se nazývá obrácená neboli reverzní osmóza (obr. č. 3) (Slavík 2008)



Reverzní osmóza je v současnosti nejdokonalejší prakticky využívanou technologií úpravy vod. Jde přitom o fyzikální úpravu vody téměř bez použití chemikálií. Tato technologicky nejvyšší forma filtrace umožňuje odstraňovat z vody:

- 90 - 98% všech minerálních solí (dusičnanů, fluoridů, chloridů, síranů apod.)
- 95 - 98% těžkých kovů (olova, kadmia, chrómu, rtuti, baria apod.)
- také arzen, selen, azbest, organické sloučeniny, bakterie a viry

Reverzní osmóza využívá jevu zvaného osmóza, který je známý z přírody. Jestliže jsou v přírodních podmínkách (bez dodatečného tlaku) dva roztoky s rozdílnou koncentrací látek v nich rozpuštěných (např. voda s vyšším a nižším obsahem soli) odděleny polopropustnou membránou, pak molekuly čisté vody začnou přes tuto membránu přecházet z roztoku méně koncentrovaného do roztoku koncentrovanějšího, dokud se koncentrace roztoků na obou stranách membrány nevyrovná. Na membránu přitom působí tlak přecházejících molekul - osmotický tlak. Když však na koncentrovaný roztok působíme tlakem vyšším než je osmotický tlak, pak voda proudí opačným směrem a z koncentrovaného roztoku prochází čistá voda na druhou stranu membrány, zatímco rozpuštěné látky jsou odváděny do odpadu.

Firma GORO, spol. s r. o. se specializuje na úpravu vody, kde je základním principem reverzní osmóza, patří mezi hlavní zaměření již od počátku jejího

působení. Úprava vody je společností prováděna nejčastěji pro laboratoře, lékárny, nemocnice a různá průmyslová odvětví. Reverzní osmóza je způsob čištění vody, který společnost preferuje. Reverzní osmóza je účinná fyzikální metoda, která nahrazuje zastaralé destilační přístroje. Z hlediska provozu a možnosti automatizace je reverzní osmóza ideální technickou i ekonomickou náhradou. Tyto polopropustné membrány jsou velice citlivé na kvalitu vstupní vody, a proto je nutná přiměřená předúprava, která vyloučí z vody mechanické znečištění, zvýšený obsah chlóru, železa, manganu, volného CO₂, vápníku, hořčíku, a dalších nežádoucích látek. V současné době má firma poměrně širokou nabídku reversních osmóz pro celou řadu oborů. Jsou dodavatelé malých reverzních osmóz a to GORO AQUA a GORO MID (Goro 2014).

Na obrázku č. 4 je systém malé reverzní osmózy AQUA 65 Komplet. Toto zařízení na reverzní osmózu se používá na Hygieně Příbram v laboratoři.

Obrázek č. 5 zařízení na reverzní osmózu

Zdroj: Větrovská 2014



4.2 Předúprava vody

Vstupní upravovaná voda může obsahovat nejrůznější fyzikální, chemické a biologické znečištění. Aby nedocházelo k poškození, nebo nadměrnému zanášení zařízení speciálních čistících technologií je nutné nejprve provést předúpravu vstupní vody, odstranit hrubé fyzické nečistoty, hrubé disperzní látky a případně některé koloidní látky. Složitost a intenzita předúpravy záleží na původu a kvalitě vstupní vody a na použití dalšího čistícího procesu. Jednotlivé způsoby předúpravy se postupně kombinují. V případě použití jiné než pitné vstupní vody se zařazuje stupeň pro odstranění mikrobiálního života. (Hübner 2006)

Těsně před reversní osmózu se zařazuje předúprava jemným filtrem, která dokáže odstranit poslední zbytky mikrobiálního života. Jakékoli proniklé nečistoty jsou odstraněny obvykle jemným filtrem, který je vždy součástí reversní osmózy. (Hübner 2006)

4.3 Základní prvky úpravny RO

Membránová úpravna vody RO se kromě měřicí a řídicí jednotky skládá z jemné filtrace, zdroje vysokého tlaku, modulu či skupiny modulů s membránou a ventilem v okruhu odvádění koncentráту. (Sobota 2007)

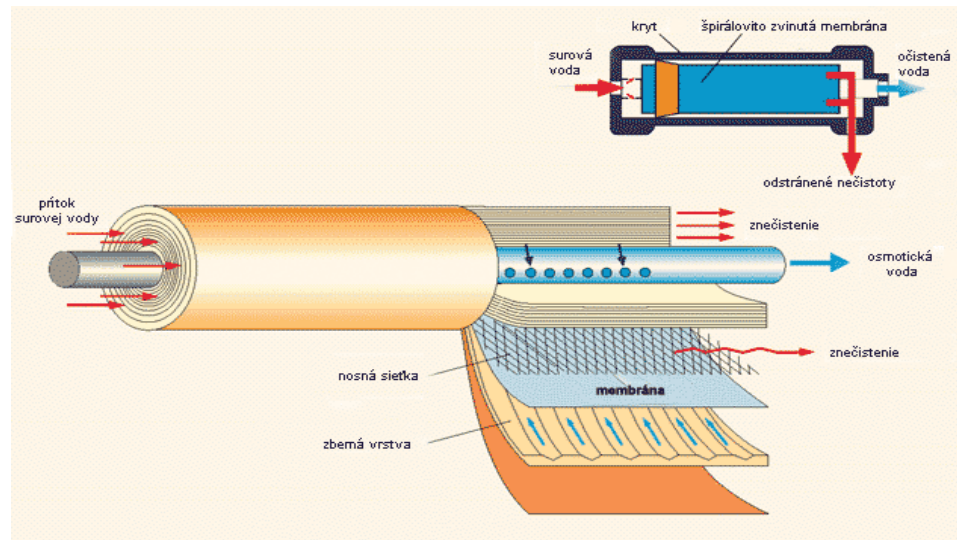
Zdrojem hnací síly u reversní osmózy je hydraulický tlak v roztoku, který je vyvíjen tlakovým čerpadlem. Vzniká tak tlak vody na membránu, skrz kterou pak prochází jen ultračistá voda – permeát. Pracovní tlak se reguluje na výstupu koncentráту ze zařízení buď přestavitelným ventilem, nebo fixní clonou. Za ventilem odtéká zahuštěná voda – koncentrát (retentát). (Sobota 2007) Použitý tlak je nutno přizpůsobit koncentraci čistěného roztoku. (Hübner 2006)

Membránové moduly jsou v současné době používány většinou spirálně vinuté elementy (obr. č. 5) s příčným tokem, které nabízejí přijatelné hodnoty průtoků z plochy membrány při dostatečné ploše membrány a minimálním zanášení. Spirálně vinuté RO elementy obsahují tzv. „spacery“, které membránami zajišťují dostatečnou turbulenci, aby nedošlo k vzniku „mrtvých koutů“ a k usazování nečistot v elementu. Spirálně vinuté elementy jsou řešeny jako svitek membrán ve formě obálek, které

jsou zapuštěny do středové trubky odvádějící permeát z elementu. Koncentrát prochází okolo tzv. obálek do dalšího elementu. (Hübner 2006)

Obrázek č. 6 – Schéma spirálně vinutého elementu

Zdroj: AQUA AUREA 2014



5. POSTUPY PŘI UŽITÍ DŮLNÍCH VOD

– zpracování využití důlních vod na ložisku Příbram

5.1 Charakteristika vybrané lokality

Uranové ložisko Příbram zaujímá pruh území mezi Rožmitálem pod Třemšínem a Dobříší o délce cca 24 km a šířce 1,5 až 2 km. Nachází se na rozhraní středočeského kambria na severozápadě a plutonu na jihovýchodě. Uranové ložisko je žilným ložiskem hydrotermálního původu a patří svým rozsahem za nejvýznamnější nejen v České republice, ale i ve světě. Nad ložiskem se nachází několik menších povrchových toků, lesy, louky a zemědělsky využívané půdy. Územím prochází hranice mezi povodími řek Berounky, Vltavy, Otavy. Na základě morfologie terénu vystoupají důlní vody k povrchu pouze v oblasti řeky Kocáby. Horniny ložiska jsou málo propustné a ve styku s vodou stabilní. Důlní vody je nutné před vypouštěním čistit od zvýšeného obsahu prvků uran - radiové řady (Lusk, Hájek 2003; Lusk 2006).

V příloze č. 2 jsou znázorněny hydrologické podmínky v území ložiska Příbram, které leží na rozvodí tří vodotečí: povodí Kocáby a Vápenického potoka (přítok Vltavy), povodí Litavky (přítok řeky Berounky) a povodí Skalice (přítok řeky Otavy). Do povodí Kocáby patří Bytízský a Dubenecký potok, do povodí Litavky patří Příbramský potok, do povodí Skalice patří Hradecký potok (Grmela a kol. 2012).

V Příbramském ložisku jsou dva typy proudění podzemních vod: *Mělké podzemní vody* – částečně komunikují s Příbramským potokem, potokem K Sázkám, Dubeneckým potokem a řekou Kocábou. Jedná se o vody vázané na pokryvné útvary a dotované především srážkami. *Podzemní vody hlubší zóny* – jsou vázány na propustnější úseky tektonických struktur a na úseky, kde se dobývalo. (Grmela a kol. 2012) V příloze č. 3 jsou zakresleny důlní jámy v Příbrami a okolí.

5.2 Historie těžby

V minulosti patřila Příbram k výrazným oblastem těžby polymetalických rud a železa. Nejstarší stopy po těžbě sahají až do pozdní doby kamenné, přitom písemný doklad o zpracování rud je už z r. 1311. Na začátku roku 1527 byla založena Horní kniha, kde je dochován historický vývoj hornictví na Příbramsku. V první polovině 16. století vrcholila těžba stříbra. V druhé polovině 16. století začala těžba stříbra upadat a v zájmu obnovení těžby povyšuje císař Rudolf II. Příbram na královské horní město. V 17. století bylo obnoveno dobývání železných rud a jeho rozvoj trval až do 19. století. Významnou osobností historie příbramského hornictví se stává Jan Antonín Alis, jehož snahou je vybudovat prosperující báňský podnik. Na území zakládá hluboké doly, které se staly středem těžby stříbra a olova ve světovém měřítku. Za zmínku stojí Vojtěšský důl, který za dobu 96 let těžby dosáhl jako první na světě hloubky 1 000 metrů při použití jednoho těžního lana. Od poloviny 19. století se stává Příbram producentem zejména stříbra a olova ve střední Evropě a současně i centrem montánních věd a techniky rudného hornictví. Těžba stříbra a olova představovala 97,7 % celé rakousko-uherské produkce. Na konci 19. století významně ovlivnila těžbu hospodářská krize a také dosud největší důlní katastrofa na světě – požár v dolech dne 31. května 1892. Požár si vyžádal na životech 319 obětí. Dolování bylo sice brzy obnoveno, ale již nedosahovalo předchozích úspěchů

a počínaje rokem 1896 dochází k úpadku dobývání a zvyšování ztrátovosti, které trvá a do ukončení těžby v březohorském rudním revíru (Březové Hory r. 1978, Bohumín r. 1979). (Bernard a kol. 2011)

V historii uranového hornictví můžeme považovat za důležitý mezník rok 1945. Po ukončení 2. světové války dochází k velmi rychlému rozvoji uranového průmyslu ve světě a rovněž v Příbrami (Bernard a kol. 2011). Na základě průzkumu celého území našeho státu, byl objeven příbramský rudní rajón s odhadovanými zásobami 50 000 tun uranu. Kdybychom příbramské rudné ložisko zařadili podle množství zásob, pak patří na přední příčky velkých ložisek uranu společně s rudními rajóny Rožná, Olší, Hamr na Jezeře, Stráž pod Ralskem. Těžba uranu začala v roce 1948 a byla ukončena v červnu 1992. Celkem bylo v ložisku Příbram vyhloubeno 32 jam (v příloze č. 2, přehledná mapa důlních jam v Příbrami a okolí), 2 188 km důlních chodeb a za celé období bylo vytěženo 48 432 tun uranu (Lepka 2003; Velfl a kol. 2007). Svojí výtěžností a v Českém masivu dosud nebyvalým zrudněním se oblast zařadila mezi největší hydrotermální ložiska Evropy i světa. (Velfl a kol. 2007).

6. ČISTÍRNA DŮLNÍCH VOD

Čistírna důlních vod slouží ke snížení obsahu znečišťujících látek především uranu a radia z důlní vody příbramského ložiska tak, aby mohly být tyto vody vypouštěny do vodoteče v souladu s rozhodnutím vodohospodářských orgánů (vodoprávních úřadů) a Státního ústavu pro jadernou bezpečnost. Ve složení důlních vod v příbramské lokalitě jsou zastoupeny sírany a chloridy, zinek, železo, uran a radium (Kramář 2012). V příloze č. 4 je zakreslené schéma provozu čistírny důlních vod, které je součástí manipulačního a provozního řádu čistírny důlních vod Příbram II. Na obrázku č. 7 je současný stav budovy ČDV Příbram II.

Obrázek č. 7: Budova ČDV Příbram

Zdroj: Větrovská 2014



Samotné čištění důlní vody probíhá v několika technologických uzlech. Jako první jde voda přes oxidaci a srážení, pak následuje kalová sedimentace v zahušťovačích. Vyčeřená voda následně odtéká do zásobní nádrže a přes paralelně zapojené pískové filtry je voda vedena přes iontoměničovou technologii, kde je snižována koncentrace uranu. Vyčištěná voda přes iontoměničovou technologii vtéká do retenční nádrže, která slouží jako zásobník vyčištěné vody odváděné do vodoteče a jako zásoba technologické vody pro praní filtrů, přípravu roztoků flokulantu a vápenného mléka. Z retenční nádrže voda samospádem odtéká přes průtokoměr do přivaděče v jámě č. 19, a dále potrubním propojením do vodoteče. Příloha č. 3 zobrazuje technologické schéma čištění důlních vod. (Kramář 2012)

6.1 Přívod důlní vody

Znečištěné důlní vody jsou na čistírnu přiváděny čerpáním z jámy č. 19 bývalé šachty v katastru obce Dubenec. Pro čerpání jsou používána ponorná čerpadla, která jsou postupně zapínána či vypínána podle nátoku do ložiska a provozu čištění. Výtlačná potrubí čerpadel jsou vedena do rozdělovače umístěného na ohlubni jámy a

toto je propojeno s technologií čistírny důlních vod potrubním řádem. Jedno z potrubí je zapojeno do rozdělovací nádrže před aerátory a druhé slouží jako záložní. To je využíváno pro odvod promývací vody z promývkové kolony a zásobníku ionexu zpět do jámy. Rozdělovací nádrž slouží k rozdělení nátoky vody do aeračních reaktorů. Čerpadla v jámě jsou řízena podle výšky hladiny důlních vod v akumulární nádrži před sorpčními kolonami na rozdíl od hladiny regulační. Chod čerpadel je blokován nastavitelnou maximální hladinou v předloze pískových filtrů a rozdělovací nádrži. V případě dosažení maximální hladiny důlní vody v akumulární nádrži dochází ke snížení čerpání z jámy. Při snížení pod nastavené maximum dochází opět ke zvyšování čerpání. (Kramář 2012).

6.1.1 Oxidace a filtrace

V manipulačním řádu je uvedeno, že surová důlní voda je pomocí čerpadel čerpána do rozdělovací nádrže před aerátory, do které se dávkuje chlorid barnatý, ke snížení koncentrace radia. Do rozdělovací nádrže je čerpána i voda z jímky úkapů. Z rozdělovací nádrže se voda vede do aeračních reaktorů. Na stupu je dávkován roztok vápenného hydrátu, tzv. vápenné mléko. V aeračních reaktorech (obr. č. 8) dochází k oxidaci a vysrážení iontů železa, manganu a jiných dalších těžkých kovů, které jsou přítomny v důlní vodě. Oxidaci zajišťuje vzdušný kyslík, který se dodává dmýchadly. Vzdušný kyslík je rozptýlen ve vodě pomocí jemnobublinných aeračních členů umístěných ve spodní části aerátorů. Aerační systém se skládá z trubkových rozvodů, na které jsou dány aerační elementy s perforovanou membránou. Perforace způsobuje stálou tvorbu jemných bublin a při odstavení se mikrootvory v membráně uzavírají z důvodu zabránění vniknutí vody do rozvodu tlakového vzduchu. Z aeračních reaktorů upravená důlní voda s vysráženým kalem odtéká propojovacím potrubím do rozdělovače nátoky (kolektoru) a následně do zahušťovačů. Pro zvýšení rychlosti sedimentace vzniklé sraženiny se do výstupního potrubí aerátorů před rozdělovač nátoky dávkuje roztok flokulantu. Zahušťovače slouží k vyčeření upravené vody a stažení usazených kalů. (Kramář 2012).

Obrázek č. 9 : Aerační nádrže

Zdroj: Větrovská 2014



6.1.2 Sedimentace a filtrace na pískových filtrech

Důlní voda natéká do střední části zahušťovačů, kde se nachází rozváděcí koš. Jelikož je snížena rychlost proudění, postupně dochází k usazování vysrážených vloček. Pro účinnější stahování kalů jsou zahušťovače osazeny stíracími rameny. Tyto ramena kopírují spodní část zahušťovačů a při otáčení kaly shrnují do středové části. Ze zahušťovačů jsou kaly čerpány hadicovými čerpadly do kalové nádrže. (Kramář 2012)

Obrázek č. 10 : Zahušťovač

Zdroj: Větrovská 2014



Kalová nádrž slouží jako předloha pro hadicová čerpadla plnicí komorový kalolis. Zde probíhá filtrace kalové vody. Filtrace má dvě fáze a to filtraci za konstantního průtoku a filtraci za konstantního tlaku. Fáze filtrace za konstantního průtoku probíhá tak že je čerpadlem do kalolisu dodáváno konstantní množství kalu. Filtrací dochází k zachycení nerozpuštěných látek na filtračních plachetkách kalolisu a k zvyšování tlaku měřeném v plnicím potrubí. Čerpání trvá, pokud není dosažena požadovaná hodnota tlaku. Filtrát z kalolisu odchází do jímky úkapů a odvodněný železitý kal padá do kontejneru, který je umístěn pod kalolisem a následně je odvážen na odkaliště Bytíz (Kramář 2012).

Obrázek č. 11: Komorový kalolis

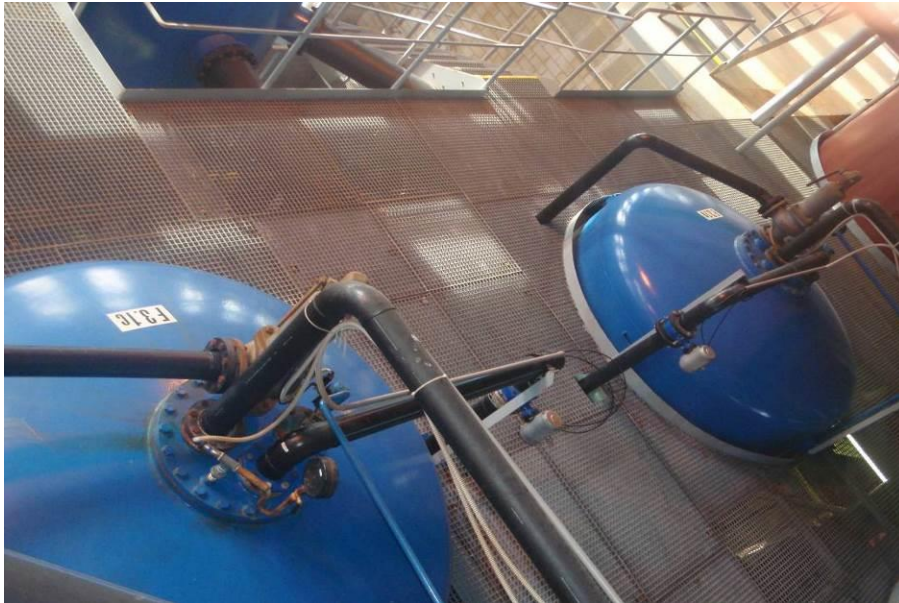
Zdroj: Větrovská 2014



Vyčreňená voda prepadáva přes hranu zahušťovačů a je vedena potrubím do předlohy, ze které je čerpána čerpadly na tlakovou filtraci upravené vody v pískových filtrech. Filtry zachycují nerozpuštěné látky. Jsou vybaveny kontinuálním snímáním tlaku. Na velině je nastavena maximální tlaková ztráta na filtrech a maximální doba provozu. Při dosažení jedné z nastavených podmínek bude filtr z provozu odstaven a zahájí se jeho regenerace – praní. Praní probíhá tlakovou vodou z retenční nádrže vyčištěné vody. Po proplachu je voda odváděna do kalové nádrže a následně do rozdělovače nátoků před zahušťovači. Přefiltrovaná voda jde do akumulární nádrže před sorpčními kolonami. (Kramář 2012)

Obrázek č. 12: Pískové filtry

Zdroj: Větrovská 2014



6.2 Iontoměničová technologie

V iontoměničové technologii dochází ke snižování koncentrace uranu na anexovém iontoměníči. Technologie se skládá z akumulční nádrže, z kolon s různým určením, čerpadel a nádrží. Akumulační nádrž je uzavřená válcová nádrž a slouží jako zásobník kontaminované důlní vody pro odstředivá čerpadla, která dále vodu tlačí do sorpčních kolon (Kramář 2012).

Obr. č. 13 čerpadla

Zdroj: Větrovská 2014

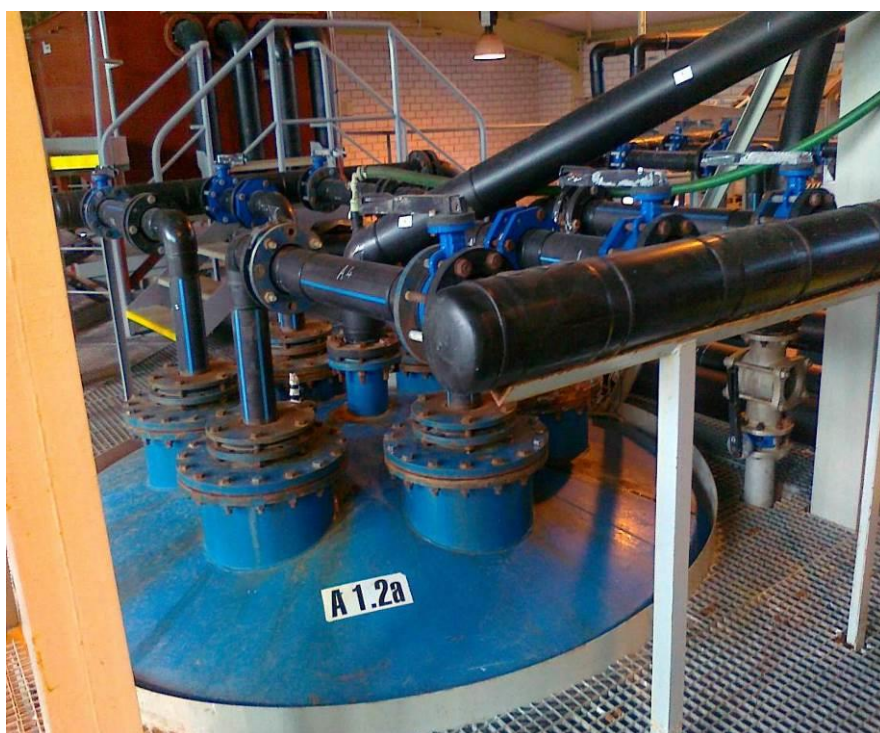


6.2.1 Sorbce

První čtyři kolony z technologie jsou sorpční, kde dochází ke snížení obsahu uranu v důlní vodě. Jsou to kovové válcové nádrže naplněné ionexem. Ve spodní části nádrží jsou rozrážecí kužely. K zabránění úniku ionexu slouží horní víka osazena šesti scezovacími patronami opatřenými sítím. (Kramář 2012).

Obrázek č. 14 : Sorpční kolony

Zdroj: Větrovská 2014



Důlní voda přichází z akumulární nádrže do jednotlivých kolon. Nátok probíhá za pomoci čerpadel, který se měří indukčními průtokoměry. Čerpadla jsou opatřena frekvenčními měniči. Průtok je nastaven regulacím ventilem tak, aby byl ionex přitisknut na horní víko sorpční kolony. Z důvodu zabránění promíchávání ionexu je v kolonách udržován průtok v rozmezí 20 - 35 litrů za sekundu. Při průtoku stanoveného množství vody kolonou dojde k odstavení čerpadla a uzavře se automatická klapka na nátok do kolony. Vybavení všech sorpčních kolon je shodné a každá kolona je schopna samostatného provozu. V technologii jsou zařazeny dvě násypky ionexu. Jsou to uzavřené, ocelové válcové nádoby s kuželovým dnem. Jedna slouží jako zásobník ionexu před sorpčními kolonami a druhá jako zásobník nasorbovaného ionexu. Obě jsou ve vzájemném automatickém působení, kdy při

odčerpání nasorbovaného ionexu ze sorpčních kolon dochází k doplnění kolon regenerovaným ionexem na požadovanou hodnotu. Z druhé násypky je nasorbovaný ionex vypouštěn do promývkové kolony. (Kramář 2012).

6.2.2 Promývání ionexu

Na sorpční kolony navazuje promývková kolona. Tady je proudem prací vody z ionexu vymýván kal zachycený z důlní vody při sorpci a oddělen rozdrčený ionex. Promývání způsobuje protiproudý tok ionexu a promývací vody, která je čerpána čerpadlem ze zásobní nádrže prací vody. Průtok je nastaven tak, aby se zachycené nečistoty a rozdrčený ionex dostaly do vzhledu a přepadaly do vnějšího odvodního límce. Promývková kolona je opatřena násypkou eluční kolony, do které je čerpán ionex z promývky a dále z násypky je ionex dodáván do eluční kolony. V kuželovém dně násypky je vloženo síto, které zbavuje ionex přebytečné vody. (Kramář 2012)

Obrázek č. 15 : Promývková kolona

Zdroj: Citerbartová 2013



Za promývkovou kolonou je umístěna eluční linka. Skládá se ze dvou elučních kolon, násypky eluční kolony, nádrže elučního roztoku, nádrže recyklu elučního roztoku, scezovací násypky, čerpadel a propojovacího potrubí. K přípravě elučního roztoku dochází v samostatné nádrži smícháním roztoků chloridu sodného a

uhličitanu sodného. V elučním roztoku je nutné dodržet koncentraci uhličitanu sodného. V těchto kolonách dochází elučním roztokem k regeneraci ionexu a přípravě pro další použití v sorpčních kolonách. Eluce probíhá dvoustupňově. V první eluční koloně je eluce prováděna recyklem elučního roztoku proteklým druhou kolonou do nádrže recyklu elučního roztoku. Čerpadlo pro čerpání recyklu do eluční kolony je vybaveno frekvenčním měničem. Průtok elučního roztoku kolonou musí být vyšší než průtok druhou kolonou. Ionex se s první eluční kolony přečerpává do druhé eluční kolony a množství je dáno volným objemem v druhé koloně, vymezeným ionexovými sondami. Po odčerpání ionexu z první kolony dochází k přepuštění ionexu z násypky eluční kolony. V druhé eluční koloně je eluce prováděna čerstvým elučním roztokem, čerpaným čerpadlem s frekvenčním měničem, ze zásobní nádrže elučního roztoku. Množství použitého elučního roztoku je nastavováno podle údajů radiometrické sondy instalované v koloně. Pokud je hodnota radiace nižší, než hodnota nastavená je čerpán základní nastavený objem elučního roztoku. Při hodnotě vyšší je čerpáno tak dlouho, dokud nedojde ke snížení radiace pod stanovenou hodnotu nebo dokud není naplněna horní hranice objemu elučního roztoku. Ionex zbavený uranu se z druhé eluční kolony přečerpává aerliftem přes expander do scezovací násypky zásobníku ionexu. Tady je minimalizován objem elučního roztoku díky vložení síta do kuželového dna násypky a dále je odtud ionex přepouštěn do zásobníku regenerovaného ionexu, kde se s pomocí vyčištěné důlní vody ze zásobní nádrže prací vody zbavuje zbytků elučního roztoku a současně dochází k převedení ionexu do tzv. síranového cyklu. Ze zásobníku regenerovaného ionexu je ionex čerpán aerliftem do násypky ionexu před sorpčními kolonami. (Kramář 2012)

Obrázek č. 16 : Eluční kolony

Zdroj: Citerbartová 2013



K technologii můžeme zařadit záchytnou nádrž ionexu, která je osazena na odtoku ze sorpčních kolon. Slouží především k odloučení ionexu, který by mohl vlivem porušení síťoviny na scezovacích patronách nádrží uniknout ze sorpčních kolon. Zachycený ionex je sveden do zásobníku ionexu a upravená voda odtéká do retenční nádrže vyčištěné vody nebo je automaticky doplněna do zásobní nádrže prací vody. (Kramář 2012)

6.3 Reaktory

V technologii jsou umístěny dva reaktory, které jsou ocelové válcové nádrže s kuželovým dnem. Reaktory jsou vybaveny míchadlem, hladinovou sondou a měřením teploty, první reaktor má navíc i topná tělesa. Obě nádrže jsou izolovány izolační vatou. Druhý reaktor slouží jako rezerva. Po naplnění reaktoru na 50 % maximální hladiny je spuštěno míchadlo a zahájen ohřev topnými tělesy. Z reaktoru je eluát čerpán na rozplavení ionexu v násypce ionexu a do rozkyseloovacího a srážecího reaktoru. (Kramář 2012)

6.3.1 Rozkyselování a srážení

Rozkyselování eluátu probíhá za pomoci dávkování koncentrované kyseliny chlorovodíkové. Nádrž pro rozkyselování a srážení je vybavena míchadlem, měřením teploty, hladinovou sondou a ohřevem s regulací teploty. Po přepuštění eluátu do rozkyselovacího a srážecího reaktoru je spuštěno míchadlo a zahájen ohřev topnými tělesy. Obsah je intenzivně míchán a cirkulace eluátu je zajištěna magnetickým plastovým odstředivým čerpadlem. Do eluátu je dávkována kyselina chlorovodíková a vznikající pěna je podle potřeby eliminována přidávkem malého množství odpěňovače na hladinu pomocí ručního postřikovače. Po dosažení předepsané hodnoty pH rozkyseleného eluátu následuje srážení diuranátu sodného dávkování 40 – 50 % roztoku hydroxidu sodného. Dávkování louhu je automatické v závislosti na hodnotách pH. Samotná neutralizace probíhá tak dlouho, dokud není dosaženo stabilní hodnoty pH. Po dosažení nastavené hodnoty pH je odstaveno dávkování a obsah je cirkulován po určitou dobu. (Kramář 2012)

6.3.2 Nádrže uranové sráže

Uranová sráž - suspenze je přečerpána z rozkyselovacího a srážecího reaktoru čerpadlem do zásobních nádrží uranové suspenze. Tyto nádrže slouží jako akumulární nádrže pro komorový kalolis a předloha hadicových čerpadel určených k čerpání suspenze uranové sráže z nádrží do komorového kalolisu. Nádrže fungují střídavě. Pokud se z jedné čerpá do komorového kalolisu, do druhé se čerpá sražený eluát z rozkyselovacího a srážecího reaktoru. (Kramář 2012)

Obrázek č. 17 : Zásobní nádrž uranové suspenze

Zdroj: Citerbartová 2013



6.4 Komorový kalolis

V komorovém kalolisu je v ocelovém rámu osazeno 25 desek s plachetkami. Na lisu jsou vstupní a výstupní hrdla a odvodňovací žlaby. Kalolis slouží pro filtraci suspenze uranové sráže. Filtrát následně gravitačně odtéká do jímky. Odvodněná uranová sráž vylévá po otevření kalolisu do mixéru, kde se rozmícháním s určeným množstvím technologické vody, připravuje suspenze požadované hustoty. (Kramář 2012)

Obrázek č. 18 : Kalolis

Zdroj: Citerbartová 2013



6.4.1 Příprava a přečerpání suspenze

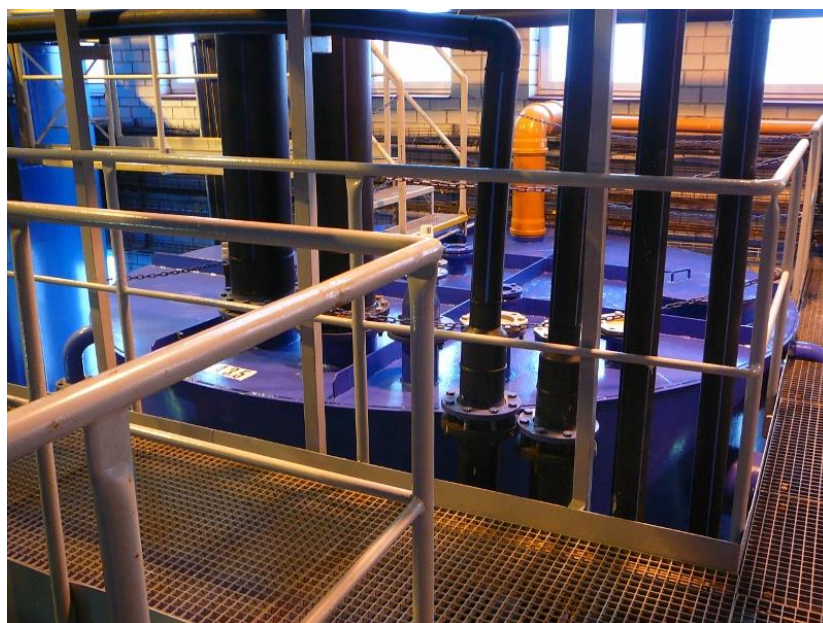
V mixéru dochází k rozmělnění filtračního koláče a promíchání připravené suspenze. Zahuštěná suspenze po vyprázdnění tří kalolisů je následně pomocí horizontálního odstředivého čerpadla přečerpána do zásobní nádrže uranové sráže. Zásoba uranové sráže je z této nádrže připravena k odvozu cisternou ke konečnému zpracování – rafinaci. (Kramář 2012)

6.5 Vypouštění vyčištěné důlní vody

Vyčištěná voda natéká ze sorpčních kolon přes záchytnou nádrž do retenční nádrže. Záchytná nádrž slouží především k zachycení a odloučení ionexu z ionexových kolon v případě porušení síťoviny na scezovacích patronách. Z retenční nádrže je vyčištěná voda odváděna potrubím přes indukční průtokoměr, který měří množství odtékající vody. Na průtokoměr navazuje potrubí, které odvádí vodu zpět k jámě č. 19. Přes betonovou zátku jámy je vyčištěná voda přiváděna do podzemního přivaděče a odtéká do vodoteče. Svislé propojovací potrubí je napojeno na potrubní řád zakončený výpustným objektem v pravém břehu toku Kocába. Z důvodu odběru vzorků důlní vody na výstupu z ČDV podle platných rozhodnutí je v budově před průtokoměrem umístěn vzorkovací kohout. (Kramář 2012)

Obrázek č. 19 : Retenční nádrž vyčištěné vody

Zdroj: Citerbartová 2013



7. METODIKA

V první části bylo především nutné se seznámit a prostudovat dostupnou literaturu k získání přehledu o problematice. Hlavním zdrojem informací byla knihovna společnosti DIAMO s.p., o.z. SUL Příbram, kde jsem měla k dispozici potřebné knihy a odborné časopisy. Použila jsem i odborné internetové stránky, které se zabývají danou problematikou.

Druhým úkolem bylo z poskytnutých materiálů společností DIAMO, s. p. popsat nynější stav Čistírny důlních vod Příbram a jejích technologických procesů. Osobně jsem se seznámila s provozem čistírny důlních vod a pořídila fotodokumentaci, kterou jsem použila v diplomové práci. Data pro zpracování tabulek mi byla poskytnuta společností DIAMO s.p.

Mapy byly vytvořeny v prostředí ESRI ArcGIS for Desktop, verze 10.1. Základ mapy tvoří referenční Základní mapa ČR 1:50 000 (WMS) a Ortofoto (WMS) z Geoportálu ČÚZK. Data zobrazující důlní jámy a hydrologické podmínky v území ložiska Příbram jsem získala z knižního zdroje „Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky“. Pro účely přehledné mapy jsem zakreslila dobývací prostory netěžené a rozdělila je barevnou ohraničující linií. Tato data jsou uložena v SHP souborech. Do tiskového výstupu formátu A3 jsem doplnila razítko, měřítko, legendu a dodatkové texty. Pro každou z map vznikl vlastní*.mxd projektový soubor, z nich jsem potom tiskový výstup exportovala do formátu PDF s rozlišením 300 dpi. Soubory příloh diplomové práce byly tištěny na laserové barevné tiskárně.

Na závěr jsem zpracovala návrh na změnu technologie čistírny důlních vod, respektive na pokračování dočištění výstupní vody pomocí reverzní osmózy na vodu pitnou.

8. KVALITA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VOD Z ČDV

Státní podnik DIAMO provádí monitoring u čtyř jam jak je patrné z přílohy č. 5. Jsou to jámy J-15, J-16, J-11A a J-19. V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty důlní vody na J-19 při vstupu do Čistírny důlních vod Příbram II. Uvádějí se zde průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů od roku 2006 – 2013. Z tabulky je patrné, že se snižují hodnoty sledovaných kontaminantů uranu a radia.

V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty vyčištěné vody, a to od roku 2006 do 7. 2. 2014, při výstupu z Čistírny důlních vod, kde jdou uvedeny přípustné a maximální limity dané Státním úřadem pro jadernou bezpečnost pro uvolňování radionuklidů do životního prostředí. Na ostatní sledované ukazatele stanoví vodoprávní úřad v tomto případě je to Krajský úřad Středočeského kraje, nejvyšší přípustné emisní standarty jako je jejich množství a znečištění. Dále stanovuje podmínky a způsob vypouštění důlních vod do recipientu.

Tabulka č. 1 hodnoty při vstupu do ČDV Příbram II

Zdroj: Kramář 2013

Monitoring 2006 - 2013 - vstup do ČDV Příbram II

Vstup - ID 400

od:	1.1.2013	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	18.12.2013	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		4,951	757	7,55	2 913	35	142	7,398	1 511	0,3410
Min.		4,170	440	7,40	2 720	12	98	3,710	1 360	0,1420
Max.		6,400	1 230	7,70	3 110	120	187	11,400	1 700	0,6790
Počet		28	24	24	24	24	24	24	24	14

od:	3.1.2012	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	25.12.2012	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		5,031	828	7,51	2 994	49	149	8,886	1 616	0,2890
Min.		4,560	530	7,40	2 810	10	107	4,390	1 450	0,1070
Max.		5,920	1 370	7,70	3 170	325	198	21,800	1 750	1,2600
Počet vzorků		25	25	25	25	25	25	25	25	24

od:	4.1.2011	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	21.12.2011	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		5,525	968	7,42	3 235	26,1	158	8,703	1 701	0,3380
Min.		4,900	720	7,30	3 010	10,0	109	4,300	1 570	0,2280
Max.		6,110	1 280	7,60	3 450	44,0	224	13,600	1 780	0,6360
Počet		26	26	26	26	26,0	26	26	26	25

od:	5.1.2010	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	14.12.2010	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		6,131	1 079	7,39	3 419	45,1	174	10,881	1 849	0,2501
Min.		5,350	730	7,20	3 250	20,0	130	8,160	1 740	0,0449
Max.		7,070	1 860	7,70	3 600	300,0	278	27,000	2 040	0,5230
Počet		26	26	26	26	26,0	26	26	26	25

od:	1.1.2009	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	15.12.2009	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		7,066	1 213	7,45	3 532	74,8	174	16,178	1 913	0,2309
Min.		6,380	590	7,20	3 290	22,0	122	7,140	1 820	0,0180
Max.		7,870	2 700	7,70	3 670	300,0	225	38,500	2 140	1,2900
Počet		47	47	24	24	24,0	24	24	24	25

od:	1.1.2008	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	28.12.2008	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		7,431	1 280	7,48	3 625	76,6	171	14,183	1 905	0,2369
Min.		6,420	560	7,38	3 130	27,0	115	7,060	1 460	0,0199
Max.		9,150	2 460	7,60	3 870	190,0	333	24,900	2 140	0,7856
Počet		156	156	26	26	26,0	26	26	26	26

od:	9.1.2007	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	30.12.2007	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		7,286	1 104	7,47	3 699	29,9	128	12,079	2 013	0,2971
Min.		0,183	24	7,33	3 240	22,6	105	8,750	1 690	0,0010
Max.		9,080	1 450	7,69	3 910	39,2	398	24,600	2 210	0,4221
Počet		46	45	27	26	26,0	27	27	27	24

od:	2.1.2006	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	26.12.2006	mg/l	mBq/l	—	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		8,296	1 297	7,51	3 759,0	35,4	117,1	12,89	2 103,1	0,2942
Min.		7,600	1 043	7,26	2 260,0	25,6	94,0	8,01	1 810,0	0,1168
Max.		9,530	1 540	7,93	4 050,0	42,8	153,0	17,53	2 463,0	0,4715
Počet		27	27	32	32	32,0	32	32	32	27

Tabulka č. 2 hodnoty při výstupu z ČDV Příbram II

Zdroj: Kramář 2014

Monitoring 2006 - 2014 - výstup z ČDV Příbram II												
od:	1.1.2014	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	7.2.2014	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,030	40	7,96	2 840	4,0	19,9	198 525	251	0,100	1 498	0,0000
Mín.		0,030	40	7,90	2 790	4,0	19,7	198 525	208	0,100	1 410	0,0000
Max.		0,030	40	8,20	2 930	4,0	20,0	198 525	322	0,100	1 570	0,0000
Počet		17	17	5	5	5	4	198 525	5	5	5	0
limit "p"		0,250	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		0	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0
limit "m"		0,300	250	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0
od:	1.1.2013	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	30.12.2013	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,073	42	7,89	2 953	4,3	20,1	203 523	247	0,101	1 514	0,0317
Mín.		0,030	40	7,70	2 600	4,0	19,3	160 257	158	0,100	959	0,0170
Max.		0,319	150	8,10	3 160	15,0	21,0	228 920	766	0,162	1 670	0,0844
Počet		153	150	49	49	49	51	2 442 279	49	49	49	17
limit "p"		0,300	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		2	0	0	0	0	0	---	0	0	0	0
limit "m"		0,500	300	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0
od:	2.1.2012	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2012	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,061	46	7,91	2 970	4,1	20,3	171 665	217	0,101	1 595	0,0281
Mín.		0,030	40	7,70	2 780	4,0	19,0	143 740	132	0,100	1 190	0,0195
Max.		0,459	120	8,10	3 140	6,6	21,7	196 034	371	0,156	1 770	0,0524
Počet		150	150	49	49	49	47	2 059 979	49	49	49	45
limit "p"		0,300	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		1	0	0	0	0	1	---	0	0	0	0
limit "m"		0,500	300	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0
od:	2.1.2011	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2011	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,091	58	7,92	3 182	4,2	20,8	201 712	227	0,118	1 671	0,0321
Mín.		0,030	40	7,80	2 910	4,0	19,0	183 942	173	0,100	1 310	0,0192
Max.		0,264	180	8,00	3 320	10,0	22,3	224 009	331	0,778	1 890	0,0724
Počet		151	151	50	50	50	47	2 420 538	50	50	50	46
limit "p"		0,300	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		0	0	0	0	0	5	---	0	0	0	0
limit "m"		0,500	300	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0

od:	3.1.2010	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2010	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,112	53	7,86	3 378	4,0	21,0	189 237	261	0,109	1 812	0,0277
Min.		0,030	40	7,70	3 170	4,0	18,3	151 083	196	0,100	1 580	0,0142
Max.		0,277	120	8,00	3 590	4,5	22,2	222 586	405	0,375	1 990	0,0416
Počet		156	156	52	52	52	42	2 270 838	53	52	52	51

limit "p"		0,300	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		0	0	0	0	0	4	---	0	0	0	0
limit "m"		0,500	300	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0

od:	1.1.2009	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2009	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,139	51	7,90	3 507	4,3	21,5	172 273	253	0,153	1 910	0,0220
Min.		0,030	20	7,80	3 340	4,0	21,0	148 745	198	0,100	1 690	0,0010
Max.		0,284	170	8,10	3 930	10,0	22,1	191 704	417	0,974	2 110	0,0310
Počet		153	153	51	51	51	40	2 067 270	51	51	51	52

limit "p"		0,300	200	6,00	5 000	30,0	21,5	---	800	2,000	3 000	0,1000
počet překročení		0	0	0	0	0	14	---	0	0	0	0
limit "m"		0,500	300	9,00	6 000	40,0	---	---	900	3,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0

od:	1.1.2008	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2008	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,166	64	7,80	3 719	10,4	21,4	169 404	286	0,218	1 867	0,0325
Min.		0,057	20	6,89	3 170	10,0	20,7	133 360	203	0,113	1 350	0,0010
Max.		0,495	210	8,05	4 140	16,8	22,0	193 606	415	0,473	2 120	0,1813
Počet		156	156	54	54	54	50	2 032 850	54	54	54	53

limit "p"		0,500	300	6,00	5 000	30,0	20,5	---	800	5,000	3 000	0,1000
počet překročení		0	0	0	0	0	50	---	0	0	0	2
limit "m"		0,600	400	9,00	6 000	40,0	---	---	900	6,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0

od:	2.1.2007	U nat	Ra 226	pH	RL 105	NL 105	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	26.12.2007	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,312	67	7,93	3 982	12,9	21,3	134 356	393	0,572	1 959	0,0307
Min.		0,057	20	7,77	3 628	10,0	20,6	114 760	128	0,157	1 660	0,0062
Max.		0,628	311	8,14	4 360	31,9	22,5	157 020	606	2,750	2 200	0,0941
Počet		154	156	53	53	54	44	1 612 271	53	53	53	54

limit "p"		0,500	300	6,00	5 000	30,0	20,5	---	800	5,000	3 000	0,1000
počet překročení		4	1	0	0	2	44	---	0	0	0	0
limit "m"		0,600	400	9,00	6 000	40,0	---	---	900	6,000	4 000	0,2000
počet překročení		3	0	0	0	0	---	---	0	0	0	0

od:	2.1.2006	U nat	Ra 226	pH	RL	NL	teplota	mn. vody	Cl ⁻	Fe	SO ₄ ²⁻	As
do:	31.12.2006	mg/l	mBq/l	---	mg/l	mg/l	°C	m ³ /měsíc	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
průměr		0,473	153	7,80	3 973	23,5		204 042	283	1,907	1 948	0,0427
Min.		0,096	20	7,60	3 070	6,0		147 586	170	0,060	727	0,0010
Max.		0,994	370	8,02	4 340	37,8		253 914	472	5,420	2 675	0,0877
Počet		144	143	57	57	47		2 448 505	57	54	57	54

limit "p"		0,750	350	6,00	5 000	30,0		---	800	5,000	3 000	0,1000
počet překročení		14	2	0	0	11		---	0	1	0	0
limit "m"		1,000	500	9,00	6 000	40,0		---	900	6,000	4 000	0,2000
počet překročení		0	0	0	0	0		---	0	0	0	0

8.1 Porovnání výsledků s vyhláškou o pitných vodách a vyhláškou o vodovodech a kanalizacích

Ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody jsou stanoveny limity pro pitnou vodu. V tabulce č. 3 jsou uvedeny ukazatele, jejich symbol, jednotka, limit a typ limitu dle vyhlášky. Typy limitu jsou mezní hodnoty (MH) a nejvyšší mezní hodnoty (NMH). Dále jsou zde uvedeny přípustné a maximální hodnoty povolené vodoprávním úřadem a výsledek výstupu z čistírny důlních vod.

Tabulka č. 3 porovnání výsledků s vyhláškou o pitných vodách

Zdroj: Větrovská 2014

ukazatel	symbol	jednotka	limit	typ limitu	přípustné hodnoty	maximální hodnoty	Výstup z ČDV
pH	pH		6,5-9,5	MH	6,00	9,00	7,96
Sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH	3000	4000	1498
Cloridy	Cl ⁻	mg/l	100	MH	800	900	251
arsen	As	µg/l	10	NMH	0,1000	0,2000	0,0317
železo	Fe	mg/l	0,20	MH	2,000	3,000	0,100

Jak je z tabulky č. 3 patrné tak výstup z čistírny důlních vod na vodu pitnou, podle vyhlášky o hygienických požadavcích na pitnou vodu, splňují pouze dva ukazatele a to pH a železo. Je tedy nezbytné použít na dočištění vody reverzní osmózu, aby se snížily hodnoty ostatních ukazatelů.

Ve vyhlášce č. 428/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu jsou uvedeni ukazatelé jakosti surové vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na vodu pitnou. V tabulce č. 4 jsou uvedeny přípustné a maximální hodnoty povolené vodoprávním úřadem, tedy Krajským úřadem Středočeského kraje, dále je uveden výstup z čistírny důlních vod a z vyhlášky o vodovodech a kanalizacích ukazatele, jednotky a limit.

Tabulka č. 4 porovnání výsledků s vyhláškou o vodovodech a kanalizacích

Zdroj: Větrovská 2014

ukazatel	symbol	jednotka	limit	přípustné hodnoty	maximální hodnoty	Výstup z ČDV
pH	pH			6,00	9,00	7,96
Sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	150	3000	4000	1498
Chloridy	Cl ⁻	mg/l	100	800	900	251
Arsen	As	mg/l	0,02	0,1000	0,2000	0,0317
Železo	Fe	mg/l	2	2,000	3,000	0,100
NL		mg/l	5	30,0	40,0	4,0

V tabulce č. 4 jsou dle vyhlášky o vodovodech a kanalizacích jsou splněny limity u tří ukazatelů a to u pH, Fe a NL. Podle vodoprávního úřadu jsou limity splněny. V tabulce č. 2 je uvedeno, že nebyly překročeny v roce 2013 žádné limity dané vodoprávním úřadem. I podle této vyhlášky a splnění jejích limitů je patrné, že k tomu, aby voda splňovala limity surové vody ke zpracování na vodu pitnou, je i v tomto případě nutné použít dočištění vody reverzní osmózou.

9. NÁVRH ÚPRAVY TECHNOLOGIE DŮLNÍCH VOD NA PITNOU VODU

Návrh změny technologie vody a to skládá z několika bodů:

- 1) vyčlenit vyčištěnou vodu, která bude použita k pitným účelům
- 2) vybudovat stanici reverzní osmózy a její propojení se stávajícím provozem
- 3) vybudovat směšnou nádrž, kde by se ta voda
- 4) vybudovat monitoring sledování kvality vody před smísením a po smísení
- 5) kontrola kvality se neobejde bez chemických rozborů, takže budou muset být rozšířeny laboratoře.
- 6) pro vysokou teplotu těchto vod bude třeba pro účely pitných vod tyto vody chladit, proto se musí dobudovat chladicí věž na tyto vyčištěné vody

- 7) vybudovat rezervoár pitné vody
- 8) tento návrh nezahrnujete potrubí přivádějící vodu
- 9) nezbytnou součástí je úprava provozního a manipulačního řádu

9.1 Využití reverzní osmózy

Úprava na pitnou vodu je ředěním vyčištěné důlní vody superčistou vodou. K tomu je zapotřebí použít technologii ředění reverzní osmózou, proto byl zpracován návrh na úpravu technologie pro dočištění vody reverzní osmózou na vodu pitnou. Jak je z návrhu patrné, část vyčištěné vody z čistírny důlních vod půjde do vodoteče a část půjde do nádrže. Z nádrže jde jedna část vyčištěné vody na dočištění reverzní osmózou a druhá část rovnou do směšovací nádrže. V této nádrži se smísí vyčištěná voda z čistírny důlních vod a voda vyčištěná reverzní osmózou. Následně tato smíšená voda postupuje do chladicí věže, jelikož má tato voda teplotu kolem 20 °C. Z chladicí věže teče voda do rezervoáru pitné vody, z kterého se voda pouští do vodovodního řádu. V místech před a za směšovací nádrží jsou místa odběrů vzorků pro laboratoř a monitoring pomocí čidel pro provozní kontrolu.

10. DISKUZE

V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty vstupních důlních vod do Čistírny důlních vod Příbram II. Od roku 2006 – 2013 se koncentrace ukazatelů důlních vod snižují. Ke snížení koncentrací došlo v průběhu let změnou technologie čerpání důlních vod. Podle Ing. Ladislava Kramáře se technologie musela změnit, jelikož materiál nevyhovoval ohledně čerpání důlních vod (Kramář, leden 2014, in verb.).

V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty na výstupu z čistírny důlních vod a to od 2. 1. 2006 do 7. 2. 2014. Pro koncentrace uranu a radia vydává Státní ústav pro jadernou bezpečnost limity pro uvolňování radionuklidů do životního prostředí a to pro uran a radium. Z tabulky je patrné, že se koncentrace uranu a radia snižují a na základě toho SÚJB vydává splnění nižších koncentrací. V porovnání rok 2006, kdy koncentrace uranu byly dány v přípustné hodnotě (vyšetřovací úroveň) ve výši 0,750 mg/l a maximální hodnotě (zásahová úroveň) ve výši 1,000 mg/l a rok 2014, kdy koncentrace uranu v přípustné hodnotě jsou dány ve výši 0,250 mg/l a maximální hodnotě 0,300 mg/l. Snižování je patrné i u radia. Podle Kramáře je to změněnou

technologí, která byla na začátku provozu jinak sestavena, než je tomu v současné době. Dnes se technologie znovu upravuje, proto lze očekávat další výrazné snížení hodnot na výstupu z Čistírny důlních vod Příbram II (Kramář, březen 2014, in verb.).

Při porovnávání hodnot s vyhláškou o pitných vodách a vyhláškou o vodovodech a kanalizacích splňují jen někteří ukazatelé hodnot koncentraci při výstupu z čistírny důlních vod. Podle vodoprávního úřadu, pro Čistírnu důlních vod Příbram II je to Krajský úřad Středočeského kraje, který vydal rozhodnutí, kde jsou stanovené podmínky pro vypouštění vyčištěných důlních vod do vodního toku Kocába, můžeme konstatovat, že od roku 2006 – 2013 koncentrace těžkých kovů vypouštěných důlních vod je pod přípustnou hodnotu.

Návrh na změnu technologie byl dán po srovnání výstupních hodnot s vyhláškami, aby mohl být vyřešený problém s pitnou vodou v období sucha. Stejný názor zastává i Grmela a kol. (2012). Jako negativní stránku využití důlních vod jako pitnou vodu vidí, že v dnešní době toto není z hlediska ekonomického realizovatelné, jelikož většina uranových ložisek je relativně daleko od komunální zástavby a stávajících inženýrských sítí. Nelze však vyloučit, že důlní vody najdou uplatnění jako vody užitkové, kdy by jejich úprava byla bez nákladnější úpravy (Grmela a kol., 2012).

Změnou technologie za pomoci reverzní osmózy, dojde k dočištění výstupních vod z čistírny důlních vod, které se vypouští do vodoteče Kocába. Jelikož voda po reverzní osmóze je superčistá voda, bude smíchána s vyčištěnou vodou. Podle Kramáře je tato změna technologie do budoucna možná, ale jako Grmela a kol., zastává názor, že je to v současné době ekonomicky náročné (Kramář, duben 2014, in verb.).

Faktem je, že by se pitnou vodou mohla zásobovat jen menší oblast. Po zkušebním provozu, kde by se dělal zvýšený monitoring formou laboratorních odběrů, by se technologie mohla rozšířit. V oblasti ložiska Příbram je hodně zatopených důlních děl, která by se dala využít k odčerpání důlních vod. Tím má být řečeno, že v této oblasti by mohla být vyřešena zásoba pitnou vodou.

11. ZÁVĚR

V diplomové práci jsem předložila přehled o různorodosti důlních vod, o jejich výskytu a kvalitě, o způsobu jejich čištění. Shromáždila jsem a zpracovala informace a data, která mi byla zpřístupněna. Hlavní pozornost je soustředěna na kvalitu příbramských důlních vod z Čistírny důlních vod Příbram II, DIAMA s.p. o.z. SUL Příbram. Byla popsána čistírna důlních vod a pořízena fotodokumentace při osobní návštěvě provozu. Pro lepší orientaci ohledně místa ložiska Příbram, jsem zpracovala mapy důlních jam a hydrologickou mapu. Dále byly porovnány chemické rozbory vstupních a výstupních vod. Na základě srovnání výsledků s vyhláškou o pitných vodách a vyhláškou o vodovodech a kanalizacích jsem doporučila zředění vypouštěných vod do vodoteče super čistou vodou z reverzní osmózy. Byl navržen dodavatel zařízení na reverzní osmózu, jež je na trhu více jak dvacet let. Zpracovala jsem návrh na změnu technologie, respektive na dočištění vody reverzní osmózou. Návrh technologie, který je uvedený v příloze č. 6, byl zpracován jako studie.

12. LITERATURA

Aqua Aurea 2014: Schéma spirálně vinutého elementu, <http://www.aqua-aurea.sk/rys37.gif>, cit. 6. 4. 2014

Bernard J., Řehoř V., Velfl J., 2011: Stručná historie těžby polymetalických rud a železa na Příbramsku. Uhlí, rudy, geologický průzkum 3.

Brůček P., 2012: Likvidace uranového ložiska Příbram důlní vody – prognóza, vývoj. In: Halousková O., Kánská K. eds.: Těžba a její dopady na životní prostředí IV. Vodní zdroje Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim III.

Caleix a kol., 1998: Methods of exploitation of different types of uranium deposits. IAEA, Vienna.

Citerbartová M., 2013: Rekonstrukce čistírny důlních vod s.p. DIAMO Příbram „nepublikováno“: „Dep: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí“.

ČÚZK, 2014: Mapová kompozice. Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha, online: <http://geportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>, cit. 26. 3. 2014.

Diehl P., 1995: Enviromental Impact of Uranium Mining in the Black Triangle Region. University of Cambridge.

Filla Z., 2011: Význam monitorování hladin a složení důlních vod v těžebních oblastech s ukončenou těžbou polymetalických rud (na příkladu lokality Příbram). „nepublikováno“: „Dep: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí“

Gabrielová H., Vašků V., 2008: Dopady těžby uranu na životní prostředí. In: Bernard M., Gabrielová H., Klusák J., Polanecký K., Stráský D., Vašků V. eds.: Uran bude se u nás znovu těžit. Sdružení Calla, České Budějovice.

Goldschmidt B., 2012: Uranium's Scientific History 1789 – 1939. UC Berkeley, California, online: <http://garnet.berkeley.edu/~rochlin/ushist.html>, cit. 23. 3. 2014.

Goro s.r.o., 2014: Úvod, úprava vody reverzní osmózou, <http://www.goro.cz/>, cit. 6. 4. 2014

Grmela A., Babka O., Grygar R., Rapantová N., Hájek A., Lusk K., Michálek B. Veselý P., Všetěčka M., Zábajník P., 2012: Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky. MONTANEX, a.s., Ostrava, 312 s.

Grmela A., Blažko A., 2004: Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram.

- Hájek A., 2003:** Analýza zaplavování uranových dolů v České republice, Diamo s.p.
- Hanslík E., 2012:** Přírodní a antropogenní zdroje radionuklidů. In: Hanslík E., Barnet I., Marešová D., Pašková Z., Podlaha J., Stierand P., Trojánková K. eds.: Radioaktivní látky v životním prostředí. Ekomonitor, Chrudim.
- Homola V., Klír S., 1975:** Hydrogeologie ČSSR III. Academia, nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- House A., 2012:** A unique metal. Mining Journal online, London, online: http://www.mining-journal.com/supplements/mj-uranium-supplement-april-2012/a-unique-metal?SQ_DESIGN_NAME=print_friendly, cit. 23. 3. 2014.
- Hübner P., 2006:** Úprava vody pro průmyslové účely. VŠCHT Praha, 2006.
- Charvát J., 2012:** Sanace horninového prostředí po chemické těžbě uranu v severních Čechách. DIAMO, s. p., Stráž pod Ralskem.
- IAEA, 2012:** Features: Depleted Uranium. International Atomic Energy Agency, Austria, online: http://www.iaea.org/newscenter/features/du/du_qaa.shtml, cit. 29. 11. 2013.
- Kolek M., 1985:** Československý uranový průmysl – vznik, vývoj, poslání. Československý uranový průmysl – koncern, Příbram.
- Kolektiv autorů, 2003:** Rudné a uranové hornictví České republiky. Anagram, Ostrava.
- Kramář L., 2012:** Manipulační a provozní řád čistírny důlních vod Příbram II. DIAMO, s. p., odštěpný závod Správa uranových ložisek, Příbram.
- Kramář L., 2013:** Výsledky monitoringu při vstupu důlních vod do Čistírny důlních vod Příbram II, 2006 – 2013.
- Kramář L., 2014:** Výsledky monitoringu při výstupu vyčištěných důlních vod z Čistírny důlních vod Příbram II, 2006 – 2014.
- Kukutsch R., 2012a:** Geologické poměry UD Příbram. Montánní společnost Zdař Bůh, Petřvald, online: <http://www.zdarbuh.cz/reviry/ud-pribram/geologicke-pomery-ud-pribram/>, cit. 24. 2. 2014.
- Kukutsch R., 2012b:** Útlum těžby a úpravy uranu (2003). Montánní společnosti Zdař Bůh, Petřvald, online: <http://www.zdarbuh.cz/dejiny-hornictvi/minulost/utlum-tezby-a-upravy-uranu-2003/>, cit. 27. 2. 2014.
- Lepka F., 2003:** Český uran, 1945 – 2002 Neznámé hospodářské a politické souvislosti. KNIHY 555, Liberec.

- Lusk K., 2006:** Charakteristika důlních vod v ložisku U rud Příbram během jeho zatápění. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram.
- Lusk K., Babka O., 2010:** Mine Waters of the flooded Příbram uranium deposit. GeoScience Engineering 3 – speciál.
- Lusk K., Hájek A., 2003:** Analýza zaplavování uranových dolů v České republice. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram
- Kafka J., 2003:** Rudné a uranové hornictví České republiky. Nakladatelství Anegram s.r.o., Ostrava.
- Majer J., 2004:** Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Libri, s. r. o., Praha.
- Michálek B., Holéczy D., Jelínek P., Grmela A., 2007:** Využití tepelné energie důlních vod zatopených hlubinných dolů. Acta Montanistica Slovaca.
- Pitter P., 1999:** Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 555 s.
- Řehoř V., Kramář L., Lusk K., 2006:** Čištění důlních vod střední a východní části příbramského ložiska uranové rudy. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram
- Slavík K., 2008:** Reverzní osmóza – nejen problémová technologie úpravy pitné vody. Sborník konference PITNÁ VODA 2008, W&ET Team, České Budějovice 2008
- Sobota J., 2007:** ÚVČ: UC1-Úprava_pitných_vod-Texty-4.doc
- Sobota J., 2014:** Studijní texty Vodní hospodářství – texty6-0214, Praha, únor 2014
- Starý J., Novák J., 2011:** Zdroje uranových rud v České republice a jejich perspektiva. Uhlí, rudy, geologický průzkum 3.
- Šorf F., 1982:** URAN vyhledávání, průzkum, těžba, zpracovávání a jeho využití v ČSSR. Československý uranový průmysl, koncern Příbram, Příbram.
- Švec J., 2005:** Radioaktivita a ionizující záření. „nepublikováno“: „Dep: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství“.
- Tomas J., 1996:** Remediation programme in the North Bohemia region. In: IAEA ed.: Innovations in uranium exploration, mining and processing techniques, and new exploration target areas. IAEA, Vienna.
- Tomas J., 1997:** Planning environmental restoration in The north bohemian uranium distrikt, Czech republic: Progress report 1996. In: IAEA ed.: Planning for environmental restoration of uranium mining and milling sites in central and eastern Europe. IAEA, Vienna.

Trojáčková K., 2012: Těžba a zpracování uranových rud, klasická hornická těžba, podzemní vyluhování, staré zátěže. In: Hanslík E., Barnet I., Marešová D., Pašková Z., Podlaha J., Stierand P., Trojáčková K. eds.: Radioaktivní látky v životním prostředí. Ekomonitor, Chrudim, 17-25.

Vacula R., 2006: 60 let těžby a výroby uranu. Pro Atom web, online: <http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2006061901>, cit. 26. 12. 2012.

Vacula R., 2012: 60 let těžby a výroby uranu. Pro Atom web, online: <http://proatom.luksoft.cz/view.php?cislocclanku=2006061901>, cit. 24. 10. 2012

Valenta V., 1997: Po stopách uranového hornictví na Příbramsku. In: Šárová J. ed.: PODBRDSKO. Septim tisk s.r.o., Příbram.

Vašků V., 2008: Historie těžby uranu v Čechách. In: Bernard M., Gabrielová H., Klusák J., Polanecký K., Stráský D., Vašků V. eds.: Uran bude se u nás znovu těžit. Sdružení Calla, České Budějovice.

Velfl J., Hrabánková S., Jančaříková I., Korený R., Kovařík J., Králová J. Kremla J., Kuchyňka Z., Morávek P., Nájemníková L., 2007: Otisky času Báňská činnost ve Středočeském kraji. Středočeský kraj, Praha.

Veselovský F., Ondruš P., Komínek J., 1997: History of the Jáchymov (Joachimsthal) ore distrikt. Journal of the Czech Geological Society, online: http://www.jgeosci.org/content/JCGS1997_4__veselovsky3.pdf, cit. 25. 2. 2014.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů

Vyhláška 307/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

WNA, 2011: Uranium, from mine to mill. World Nuclear Association, London.

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

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

13. PŘÍLOHY

Příloha č. 1 - Přehled legislativy související s problematikou důlních vod

Příloha č. 2 – Hydrologické podmínky v území ložiska Příbram

Příloha č. 3 – Přehledná mapa důlních jam v Příbrami a okolí

Příloha č. 4 – Provoz čistírny důlních vod Příbram II

Příloha č. 5 – Monitorované důlní jámy ložiska Příbram – důlní vody

Příloha č. 6 – Návrh technologie na dočištění vody z ČDV pomocí reverzní osmózy

Příloha č. 1

Přehled legislativy související s problematikou důlních vod

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, ze dne 19. dubna 1988, ve § 40 znění zákona České národní rady č. 541/1991 Sb., zákona České národní rady č. 10/1993 Sb., zákona č.168/1993 Sb., zákona č. 132/2000 Sb., zákona č. 258/2000 Sb., zákona č. 366/2000 Sb., zákona č. 315/2001 Sb., zákona č. 61/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb. a zákon č. 150/2003 Sb.

Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění § 3 zákona č. 425/1990 Sb., zákona č. 542/1991 Sb., zákona č. 169/1993 Sb., zákona č. 128/1999 Sb., zákona č. 71/2000 Sb., zákona č. 124/2000 Sb., zákona č. 315 Sb., zákona č. 206/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 150/2003 Sb. zákona č. 226/2003 Sb. a zákona č. 227/2003 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 104/1988 Sb., o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a **Přílohy č. 1 až 3,6** ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 173/1992 Sb., vyhl. č. 340/1992 Sb., vyhl. č. 99/1995 Sb. a vyhl. č. 341/2001 Sb.

Vyhláška č. 52/1997 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany **Příloha č. 1, bod 9** zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl, ve znění vyhlášky č. 32/2000 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 99/1992 Sb., o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání § 5, §6 odpadů v podzemních prostorech.

Vyhláška č. 239/1998 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při § 1 těžbě a úpravě ropy a zemního plynu a při vrtných a geofyzikálních pracích a o změně některých předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 360/2001 Sb.

Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., ze dne 29. prosince 1988, o bezpečnosti a ochraně zdraví při § 196-197 práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti § 212-213 prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění vyhlášky č. 477/1991 Sb., vyhlášky č. 340/1992 Sb., vyhlášky č. 3/1994 Sb., vyhlášky č. 541/1996 Sb., vyhlášky č. 109/1998 Sb., vyhlášky č. 434/2000 Sb. a vyhlášky č. 330/2002 Sb.

Vyhláška č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při §1, §59 hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu, ve znění vyhlášky č. 340/1992 Sb., vyhlášky č. 8/1994 Sb., vyhlášky č. 236/1998 Sb. a vyhlášky č. 434/2000 Sb.

Vyhláška č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a při některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění vyhlášky č. 158/1997 Sb.

Vyhláška č. 215/1997 Sb., o kriteriích pro umístování jaderných zařízení a velmi §4 významných zdrojů ionizujícího záření.

Zákon č. 254/2001 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1990 Sb., ve znění pozdějších úprav, ze § 4, § 21-22 dne 28. června 2001 (vodní zákon) §39, § 116, § 118, § 127, §129

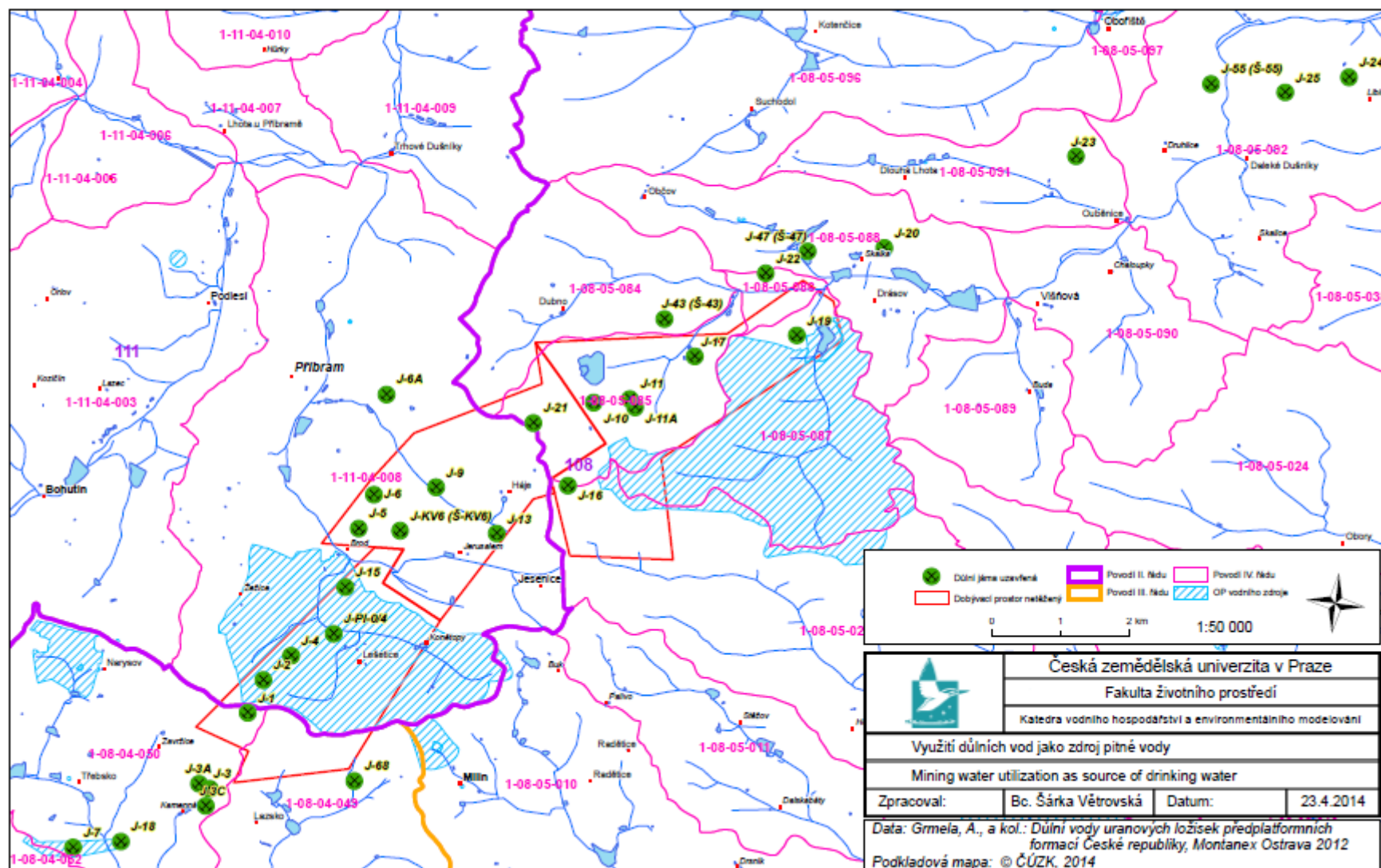
Vyhláška MZem. č. 431/2001 Sb., ze dne 3. prosince 2001, o obsahu vodní bilance, způsobu § 3, § 5, § 10 jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci

Vyhláška č. 139/2003 Sb., o evidenci stavu povrchových a podzemních vod a způsobu § 1, § 4 ukládání údajů do informačního systému veřejné správy.

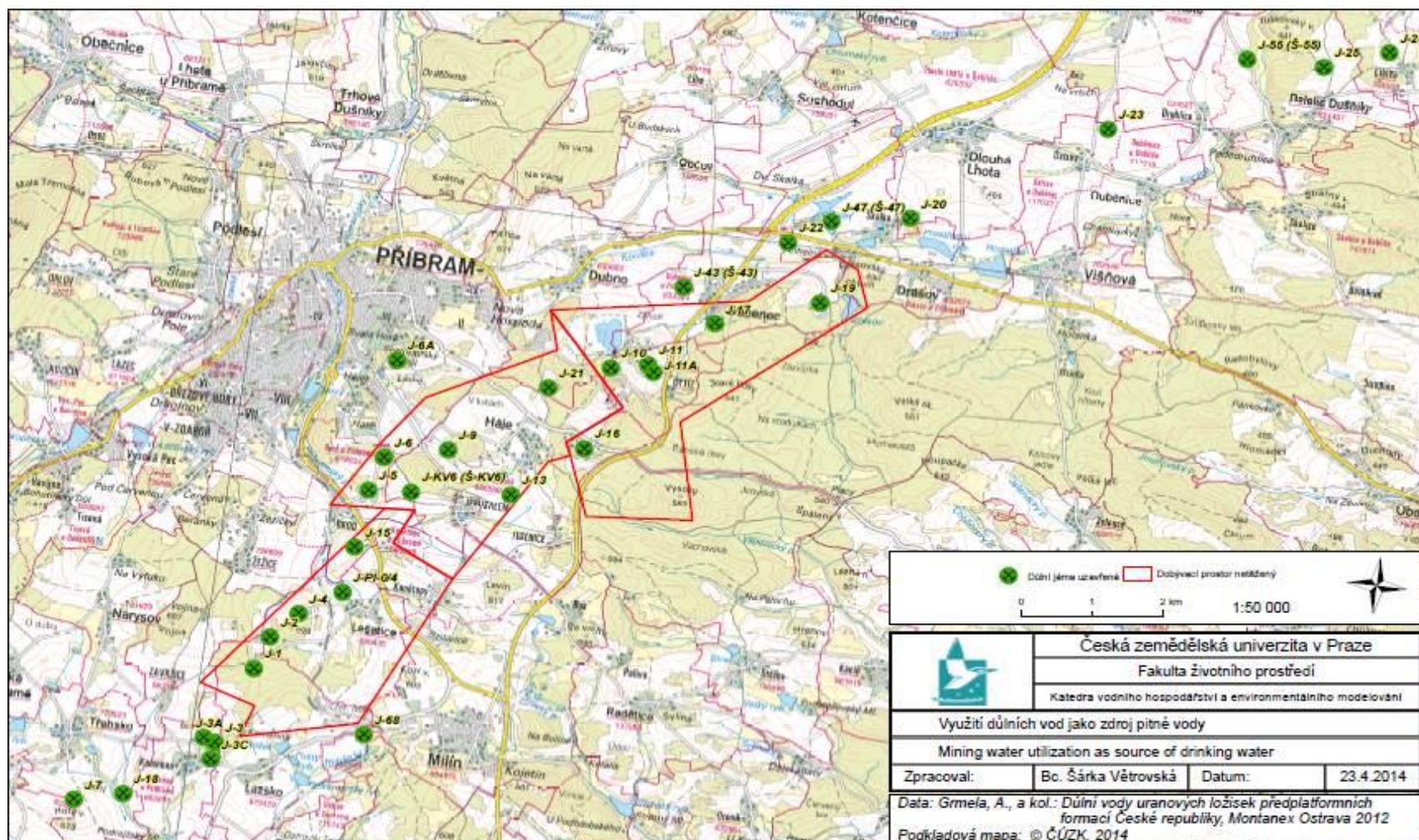
Vyhláška č. 7/2003 Sb., o vodoprávní evidenci.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ze dne 29. ledna 2003, o ukazatelích a hodnotách přípustného § 4, § 9 znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

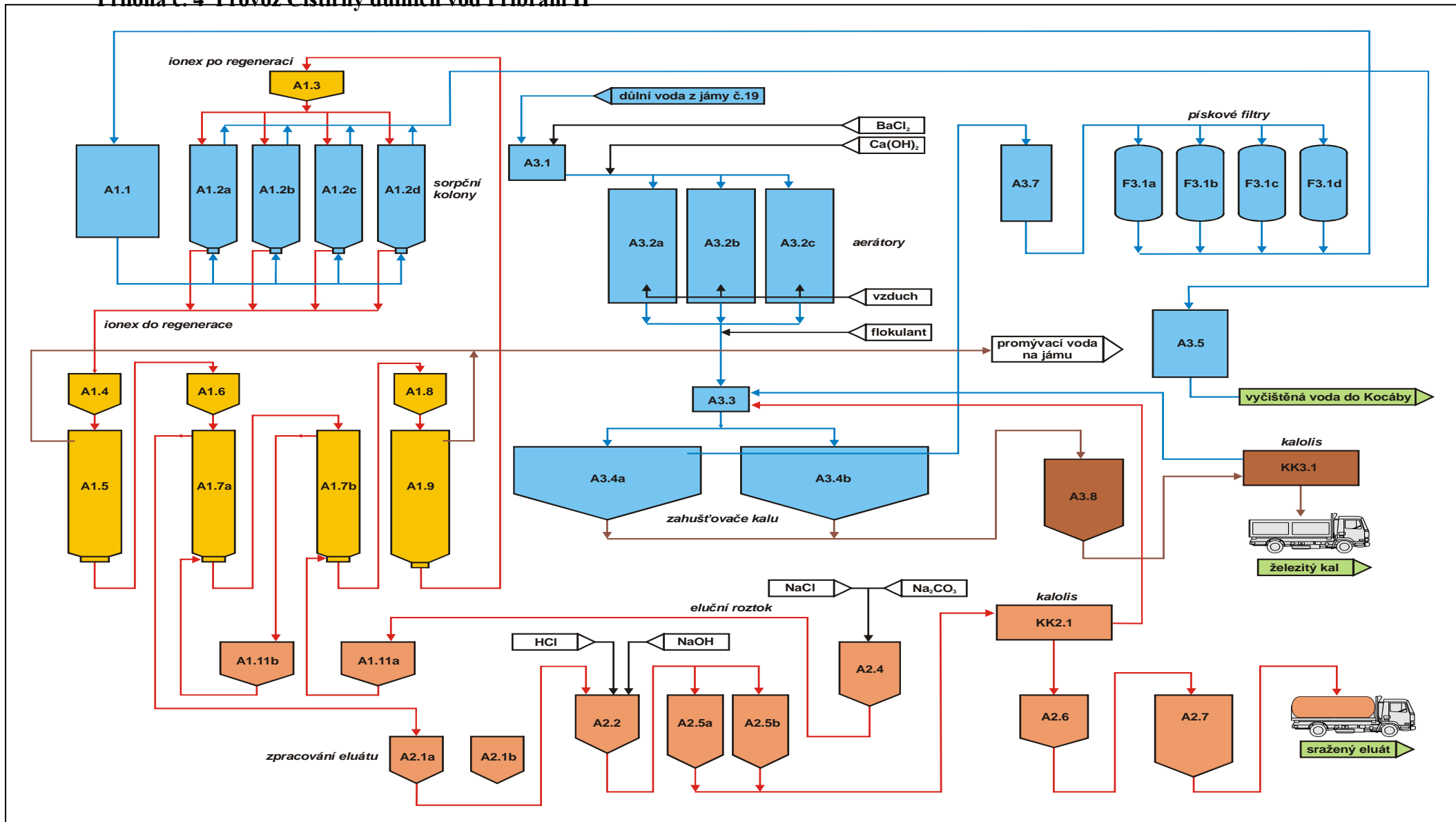
Hydrologické podmínky v území ložiska Příbram



Přehledná mapa důlních jam v Příbrami a okolí



Příloha č. 4 Provoz Čistírny důlních vod Příbram II



Příloha č. 5

Monitorované důlní jámy uranového ložiska Příbram – důlní vody

