



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

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

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Otázky chemické toxicity v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary

Vypracoval: Bc. Zdeněk Venclík
Vedoucí práce: Prof. Dr. rer. nat. Friedo Zölzer

České Budějovice 2014

Abstrakt

Počátkem druhé poloviny 20. století došlo k významnému rozvoji těžby uranových rud. Česká Republika nebyla výjimkou a bylo rozhodnuto o výstavbě nové chemické úpravní uranových rud pod krycím názvem MAPE. Úpravna byla zbudována na území dnešního Jihočeského kraje, v bezprostřední blízkosti obce Mydlovary. Vlastní výstavba úpravní byla zahájena roku 1959. Provoz úpravní byl zahájen v říjnu roku 1962. Ruda se zde upravovala kyselým nebo alkalickým loužením a za dobu provozu chemické úpravní bylo na zdejších odkalištích uloženo téměř na 36 miliónů tun úpravárenských kalů. Provoz MAPE Mydlovary byl ukončen koncem roku 1991.

Od roku 1986 v areálu bývalé úpravní a jeho okolí probíhají rozsáhlé sanační a rekultivační práce. Cílem těchto prací je začlenění postižené oblasti zpět do krajiny, zahladit následky uranové činnosti, omezit kontaminace podzemních vod a snížit radiační zátěže území. Avšak i po téměř 29 letech od započetí sanačních a rekultivačních prací jsou zde stále určitá rizika chemické, ale i radiační toxicity, která by neměla zůstat opomenuta.

Diplomová práce byla zaměřena na otázky chemické toxicity v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary a blízkém okolí. Primárním cílem bylo zjistit možná rizika chemické toxicity, pramenící z provozu MAPE, na bývalé zaměstnance chemické úpravní, obyvatele přilehlých obcí a okolní krajinnou sféru.

Za tímto účelem bylo potřebné analyzovat chemické látky používané při úpravě uranových rud, možné projevy chemické toxicity uranu na živých organismech, kvalitu a směr šíření spodních vod v širším zájmovém území.

Mezi chemické látky, používané při úpravě uranu a v areálu úpravní, patřily automobilové a technické benzíny, motorová nafta, čpavek, kyselina dusičná, kyselina sírová a její soli, uhličitán sodný a chlorid barnatý dihydrát. Na základě vyhodnocení nebezpečnosti jednotlivých látek bylo zjištěno, že nejčastěji se vyskytujícím typem nebezpečí mezi používanými chemickými látkami je nebezpečí postižení kůže a očí dráždivým nebo žíravým účinkem.

Analyzovat projevy chemické toxicity uranu na živých organismech bylo velmi obtížné, neboť v současné době je o této problematice velmi malé množství dostupných a relevantních informací. Proto možné projevy byly určeny na základě jakého si přehledu jednotlivých, již realizovaných, studií. Vycházelo se ze sloučenin uranu (UO_2 , UO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$), kterým bývalí zaměstnanci MAPE mohli být exponováni a výsledným projevům chemické toxicity těchto sloučenin. Největší četnost projevů chemické toxicity uranu byla lokalizována v renálním a respiračním systému živých organismů.

Za hlavního nositele možných chemicky-toxických vlivů na obyvatele okolních obcí a přilehlou krajinou sféru byly vytipovány spodní vody širšího zájmovém území. Z analýzy kvality a směru šíření je evidentní, že obce vyskytující se v bezprostřední blízkosti úpravny mohou podzemních vod využívat pouze k doplňkové závlaze (v obci Mydlovary nesmí voda být užívána ani k doplňkové závlaze). Dále je zde nepatrné riziko plynoucí ze směru šíření kontaminovaných vod ve směru jímacího vrtu S4 u města Zliv, neboť voda z tohoto vrtu je využívána jako voda pitná a zhoršení její kvality by mohlo mít za následek překročení limitů stanovených vyhláškou č. 274/2003 Sb.

Bývalá chemická úpravna uranových rud MAPE Mydlovary představuje v současné době stále jednu z největších ekologických zátěží na území České republiky. Sanační a rekultivační práce se významnou mírou podílí na redukci negativních vlivů úpravny a bez těchto prací by současná situace představovala reálné nebezpečí jak v oblasti ekologie, tak ochrany veřejného zdraví.

Klíčová slova: chemická úpravna, MAPE Mydlovary, riziko, toxikologie, uran

Abstract

Since 1986 extensive reclamation works have taken place in the area. Aim of this works is to mend the damaged environment, eliminate impact of uranium processing, reduce contamination of ground water and radiation effects on the area. However after 29 years of reclamation works, risks of chemical and radiation toxicity are still present.

Massive development of uranium mining occurred at the beginning of 20th century. Czech republic was not an exception and czech government decided to build chemical processing plant of uranium under a code name MAPE. chemical processing plant was built near village Mydlovary, in the southeaster part of Czech republic. Construction began in 1959. Operation started in 1962. Uranium was processed either by acidic or alkalic leaching. During the operation of the plant 36 million tons of sludge were stored in nearby sludge beds. Operation of MAPE ended in the year 1991.

This thesis focuses on problems of chemical toxicity in former uranium processing plant MAPE Mydlovary and nearby area. Primary aim was to assess potential risks of chemical toxicity resulting from MAPE operation which could influence health of former employees, citizens of nearby villages and the environment.

In order to determine the risks it was necessary to analyse chemical substances used to process uranium, possible signs of uranium intoxication of living organisms, quality and direction of ground water flow in wider area of interest.

Among substances used to process uranium were different kinds of gasoline, diesel, ammonia, nitric acid, sulphuric acids and its salts, sodium carbonate and barium chloride dyhydrate. In comparison to dangerousness of particular substances it was found that most occurring types of damage are types of damage to skin or eyes due to irritant or caustic effects.

It was difficult to analyse the influence of uranium intoxication on living organisms because of limited availability of useful and relevant information . Therefore assessment of possible effects were established as the result of previous studies. Former employees of MAPE could have been exposed to several kinds of uranium compounds (UO_2 , UO_3 ,

(NH₄)₂U₂O₇), therefore effects of intoxication by these compounds were taken into the consideration. Most cases of chemical intoxication were localized in the renal and respiratory systems of living organisms.

Ground waters of wider area of interest were estimated as main carrier of potential chemical intoxication of residents of nearby villages and environment. Analysis of quality and direction of spreading showed that villages close to processing plant can use ground water only for irrigation (in the village Mydlovary ground water cannot be used even for irrigation) . Furthermore there is a small risk of contamination of collecting borehole S4 near the city of Zliv. Water from this borehole is drinkable and worsening of the quality of this water could result in exceeding limits set by decree no. 274/2003.

Nowadays former chemical processing plant of uranium MAPE Mydlovary represents one of the most severe ecological burdens in Czech republic. Reclamation works significantly reduce negative impacts of chemical processing plant and without these works present situation would pose both real threat to ecology and protection of public health.

Keywords: chemical processing plant, MAPE Mydlovary, risk, toxicology, uranium

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně pouze použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. srpna 2014

.....
Bc. Zdeněk Venclík

Poděkování

Za ochotu a rady bych rád poděkoval vedoucímu práce prof. Dr. rer. nat. Friedovi Zölzerovi. Dále bych rád poděkoval Ing. Věře Bečkové ze Státního úřadu radiačního ústavu v Praze, vedoucímu střediska výroby uranu v Dolní Rožince Ing. Bohumilu Velenovi a vedoucímu provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary panu Josefu Vackovi za poskytnuté informace, náměty a inspiraci.

Obsah

1	Teoretická část	11
1.1	Areál úpravny uranových rud MAPE	11
1.1.1	Údaje o území areálu	11
1.1.2	Historie	16
1.1.3	Základní charakteristika jednotlivých odkališť	18
1.1.4	Technologie úpravny uranových rud MAPE	21
1.1.5	Ukládané materiály	29
1.2	Kontaminace prostředí a následky chemické úpravy uranových rud	31
1.2.1	Prioritní kontaminanty	33
1.2.2	Přírodní radionuklidy	33
1.2.3	Kovy a ostatní	41
1.3	Sanace a rekultivace zájmového území	48
1.3.1	Průběh sanačních prací v letech minulých	48
1.3.2	Primární vlivy sanace	49
1.3.3	Sekundární vlivy sanace	49
1.3.4	Koncepce další sanace a rekultivace	50
1.3.5	Současná situace projektu sanace MAPE Mydlovary	52
2	Hypotézy a metodika výzkumu	54
2.1	Cíle práce	54
2.2	Výzkumné otázky	54
2.3	Metodika výzkumu	54
3	Výsledky	57
3.1	Projevy chemické toxicity uranu	57
3.2	Vyhodnocení rizik používaných chemických látek	65
3.3	Míra kontaminace a směr šíření podzemních vod	70
3.3.1	Míra kontaminace podzemních vod	70
3.3.2	Směr šíření podzemních vod	76
4	Diskuze	80
5	Závěr	87
6	Seznam použitých zdrojů	89
7	Přílohy	95

Seznam použitých zkratk

Bq - becquerel

CLP - klasifikace, označování a balení látek a směsí

ČSD - Československé dráhy

ČSN - česká národní norma

CHÚ - chemická úpravna

eV - elektron volt

Gy - gray

IARC - Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny

IRIS - Integrovaný informační systém o rizicích

ORP - obec s rozšířenou působností

RL - rozpuštěné látky

SÚJB - Státní ústav pro jadernou bezpečnost

SURO - Státní ústav radiační ochrany

T - poločas rozpadu

TK - těžké kovy

UD - uranový důl

VŠZ - vysoká škola zemědělský

WHO - Světová zdravotnická organizace

Úvod

Počátkem druhé poloviny 20. století došlo k významnému rozvoji těžby uranových rud. Česká Republika nebyla výjimkou a bylo rozhodnuto o výstavbě nové chemické úpravný uranových rud pod krycím názvem MAPE. Úpravna byla zbudována na území dnešního Jihočeského kraje, v bezprostřední blízkosti obce Mydlovary. Vlastní výstavba úpravný byla zahájena roku 1959. Provoz úpravný byl zahájen v říjnu roku 1962. Ruda se zde upravovala kyselým nebo alkalickým loužením a za dobu provozu chemické úpravný bylo na zdejších odkalištích uloženo téměř na 36 miliónů tun úpravárenských kalů. Provoz MAPE Mydlovary byl ukončen koncem roku 1991.

Od roku 1986 v areálu bývalé úpravný a jeho okolí probíhají rozsáhlé sanační a rekultivační práce. Cílem těchto prací je začlenění postižené oblasti zpět do krajiny, zahladit následky uranové činnosti, omezit kontaminace podzemních vod a snížit radiační zátěže území. Avšak i po téměř 29 letech od započetí sanačních a rekultivačních prací jsou zde stále určitá rizika chemické, ale i radiační toxicity, která by neměla zůstat opomenuta.

Tato diplomová práce je zaměřena na některé otázky chemické toxicity související s bývalým provozem úpravný MAPE Mydlovary a současným stavem širšího zájmového území. Práce by měla sloužit jako materiál, který je postaven na aktuálních a nezávislých výsledcích kvalitativního výzkumu, s možným využitím při konferencích, besedách a prezentacích na téma dané problematiky.

1 Teoretická část

1.1 Areál úpravny uranových rud MAPE

Areál bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary, (MAPE – zkratka pro chemickou sloučeninu MAgnezium PErchlorát, známý také jako chloristan hořečnatý, jednalo se o krycí název), se nachází v Jihočeském kraji, okres České Budějovice. (25)

Úpravna uranových rud byla provozována v letech 1962 až 1991. Výrobní kapacita MAPE Mydlovary byla 600 000 tun za rok. Za dobu svého provozu zde bylo uloženo na odkalištích cca 36 milionů tun úpravárenských kalů. (41)

Od roku 1986 zde probíhají rozsáhlé sanační práce mající za cíl začlenit postiženou oblast bývalé úpravny zpět do krajiny, zahladit následky uranové činnosti, omezit kontaminaci podzemních vod a snížení radiační zátěže území. (41)

V současnosti je situace taková, že úpravárenská technologie je zlikvidována, areál úpravny dekontaminován. Část ploch areálu byla prodána. Zbylé nevyužité objekty jsou připraveny k likvidaci. Na odkalištích probíhají sanační a rekultivační práce. (41)

1.1.1 Údaje o území areálu

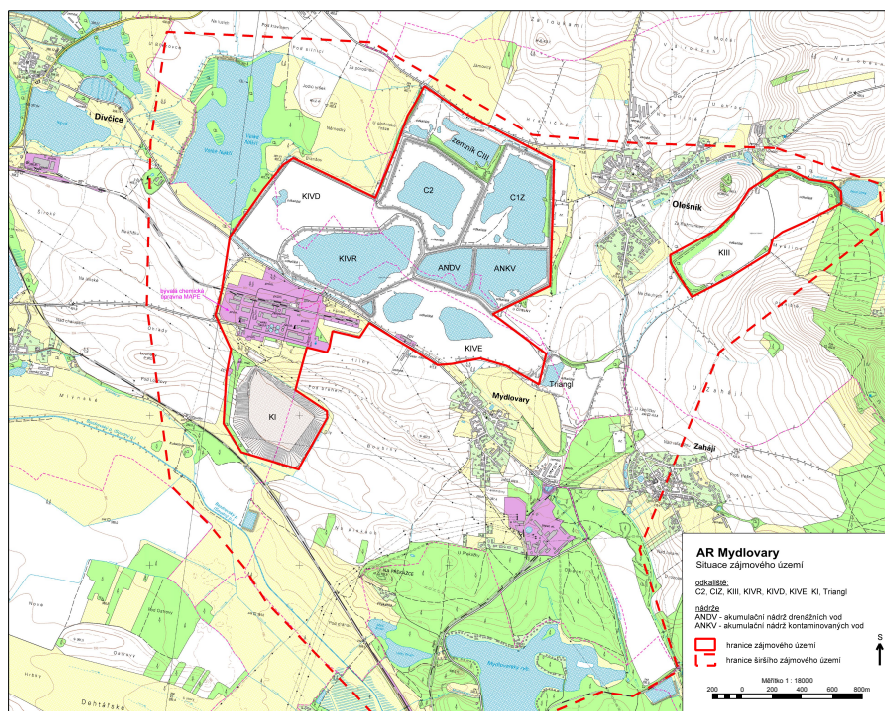
1.1.1.1 Geografické vymezení prostoru areálu

Zájmovým územím pro tuto práci je prioritně bývalý prostor areálu chemické úpravny uranových rud a souvisejících odkališť. (9)

Zájmové území je situováno v Jihočeském kraji asi 15 km severovýchodně od Českých Budějovic (ORP pro celé zájmové území). Je lokalizováno přesně mezi obcemi Mydlovary, Dívčice, Olešník a Nákří. (9)

Rozloha zájmového území, včetně širšího okolí, odpovídá asi 14,3 km². (9)

Obrázek 1: Situace zájmového území (4)



1.1.1.2 Terén a geomorfologie

Z hlediska geomorfologie spadá zájmové území k okrajové části Českobudějovické pánve, která je jednou z částí Jihočeské pánve. Krajinu pokrývá relativně malý podíl lesů s větším množstvím rybníků. V okolí probíhá intenzivní zemědělská činnost. Terén areálu je rovinatý, místy zvlněný a ukloněný k jihozápadu. Nadmořská výška lokality nabývá hodnot od 384 m n.m. do 440 m n.m. (29)

Největší terénní elevací v zájmovém území je vrch Vorpil na severovýchodě (440,3 m n.m.). Nejnižší částí je jeho jižní okraj – údolí Soudného potoka. (29)

1.1.1.3 Hydrochemická a geochemická charakteristika lokality

V zájmové oblasti lze rozlišit čtyři typy podzemních vod: (32)

- Vody neovlivněné antropogenní aktivitou
- Vody ovlivněné přítomností lignitů
- Vody ovlivněné aktivitou odkališť CHÚ MAPE
- Vody směsné

Vody neovlivněné antropogenní aktivitou jsou převážně vody Budějovické pánve. Následující **tabulka 1** je vytvořena z výsledků rozborů vod z 35 jednotlivých hydrogeologických vrtů. (32)

Tabulka 1: Průměrné složení podzemních vod sedimentární výplně Budějovické pánve (32)

Ukazatel	Minimální hodnota	Maximální hodnota	Medián
pH	5,9	6,9	6,5
	mg/l		
rozpuštěné látky (RL)	93	326	184
Ca	5,6	40,1	11,4
Mg	3,3	18,4	8
Na	2,8	27,8	6
K	1,8	12,1	5,4
Mn	0,02	0,83	0,3
NH ₄ ⁺	0,03	0,21	0,04
Fe	0,1	21,8	6,9
HCO ₃ ⁻	40	172	103
SO ₄ ²⁻	2,4	46,1	11
Cl ⁻	1,1	17	2,1
NO ₃ ⁻	0,1	9	0,2

Vody ovlivněné přítomností lignitů mají charakteristicky vysokou mineralizaci 3 – 7 g/l, kyselou reakci (pH 3,0 – 5,0), zvýšený obsah síranů (4,5 – 13 g/l), amonných iontů (až 130 mg/l) a vysoký obsah sodíku (0,7 – 2,0 g/l). (32)

Za typické chemické složení podzemních vod ovlivněných přítomností lignitu bez dalších rušících antropogenních vlivů lze považovat vody uvedené ve zprávě Hydrologického a hydrochemického průzkumu východního pole dolu Svatopluk publikované roku 1977. Jedná se zejména o vody s nízkými hodnotami pH a vysokým obsahem Mg^{2+} a SO_4^{2-} . Podrobnější data jsou uvedena níže v **tabulce 2.** (32)

Tabulka 2: Hodnoty koncentrací Mg^{2+} , SO_4^{2-} a hodnota pH v lignitových vodách dolu Svatopluk (32)

Místo odběru	Mg^{2+} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	pH
P1 (jezíčko na dně těžební jámy)	117,9	1303,7	2,4
P2 (přítok do jezírka)	263,9	2394,1	2,5
P3 (přítok do jezírka)	248	2820,8	2,8
P4 (přítok do jezírka)	304	3531,9	2,5
průměr	233,5	2512,6	2,6
medián	256	2607,5	2,5
minimum	117,9	1303,7	2,4
maximum	304	3531,9	2,8

Vody ovlivněné přítomností lignitů dle starších výzkumů, (např. Výzkum Výzkumného ústavu stavebních hmot Brno z roku 1963), poukazují také na vysoké obsahy Fe. (9)

Výskyt vod ovlivněných těžbou lignitu je evidován v monitorovacích vrtech, vyskytujících se zejména směrem jihozápadním a severozápadním od kalojemu KIII, západním od kalojemu KIV/D (u rybníka Velké Nákří) a jižním/jihozápadním od kalojemu KIV/E. (9)

Uvnitř zájmového území dochází k výronům těchto vod na povrch. Veškerý výskyt těchto výronů souvisí s bývalými, nebo stávajícími polohami lignitových slojí. (9)

„Vody ovlivněné těžbou lignitu znamenají významný problém v území.“ (9)

Vody ovlivněné činností odkališť CHÚ MAPE jsou důsledkem částečné propustnosti dna a okolních hrází jednotlivých odkališť v zájmovém území. Zde dochází k průniku odkalištních vod do vod podzemních. (9)

Vody postižené průniky z odkališť jsou charakteristické mimořádně vysokými hodnotami mineralizace v průměru od 3500 mg/l do 9500 mg/l, dále hladinou pH 4,0 – 6,0 zvýšeným obsahem SO_4^{2-} a NH_4^+ . Dalším z ukazatelů výrazného postižení kvality vod je zejména silně zvýšená koncentrace Na^+ . Vysoké koncentrace iontů SO_4^{2-} , NH_4^+ a Na^+ mají spojitost s technologií zpracování uranových rud v chemické úpravně MAPE, při níž se využívalo právě sloučenin obsahujících tyto ionty. (9)

Vody směsné se vyskytují převážně v oblastech poznamenaných bývalou důlní činností, zejména v lokalitách povrchových lomů a výsypek, kde později vznikly kalojemy chemické úpravny rud. Právě v těchto místech proniká kyselá důlní voda do vod odkališť. Dochází k vyluhování sedimentů v odkalištích. Následně se takto „obohacená“ voda o další kontaminanty šíří dál do okolí. Směsné vody mají charakteristicky nižší pH, vysokou koncentraci hořčíku, síranů a sodíku. (9)

1.1.1.4 Charakteristika obydlenosti území

V samotném areálu DIAMO s.p. se v současné době pohybují pracovníci DIAMO s.p. a pracovníci společností podílejících se na sanačních pracích odkališť. Počet všech pracovníků pohybujících se v areálu MAPE je uveden v následující **tabulce 3**:

Tabulka 3: Počet zaměstnanců pohybujících se v areálu MAPE (9)

Místo	Počet zaměstnanců (společnost)	Věková skladba
Bývalý areál CHÚ MAPE	19 (DIAMO, s.p.)	produktivní věk (18-64 let) důchodový věk (65 let a více) produktivní věk (18-64 let)
	5 (DIAMO, s.p.)	
	do 10 pracovníků (další společnosti)	
Odkaliště	do 20 pracovníků (společnosti provádějící sanační práce)	produktivní věk (18-64 let)

V blízkém okolí odkališť jsou obce Olešník, Zahájí, Mydlovary, Dívčice a Nákří. Všechny z jmenovaných obcí jsou napojeny na vodovodní řád. Obyvatelé těchto obcí používají podzemní vodu pouze k zavlažování. V obci Mydlovary je podzemní voda

nejméně využívána, a to pouze k zavlažování z důvodu špatné kvality – je zde využívána voda pouze z jedné studny. (9)

Počty obyvatel ve jmenovaných obcích uvádí následující **tabulka 4**:

Tabulka 4: Počet obyvatel jednotlivých obcí zájmového území (46)

Obec	Obyvatelstvo celkem	v tom		v tom ve věku			Obydlené domy	Obydlené byty
		muži	ženy	0 - 14 let	15 - 64 let	65 a více let včetně nezjištěno		
Dívčice	551	270	281	85	375	91	187	217
Mydlovary	293	154	139	45	204	44	81	108
Nákří	215	104	111	40	135	40	69	75
Olešník	760	387	373	112	541	107	214	272
Zahájí	456	220	236	81	316	59	135	159
Zliv	3 641	1 774	1 867	484	2 531	626	629	14

1.1.2 Historie

Ve druhé polovině 50. let docházelo k mimořádnému rozvoji těžby uranových rud, který byl provázen odpovídajícím rozvojem kapacit pro jejich zpracování. Během prvních deseti let od zavedení těžby uranových rud do bývalého Československa byla většina koncentrátů uranových rud vyvezena. V této době byla v provozu pouze chemická úpravna o poměrně malé kapacitě v Nejdku u Karlových Varů. V polovině padesátých let se rozhodlo o výstavbě velké chemické úpravně, která zabezpečí zpracování stále většího množství méně kondičních rud. (29)

Lokalita úpravně byla určena na základě posouzení několika návrhů asi 20 km severozápadním směrem od Českých Budějovic, západně od obce Mydlovary. Hlavními podklady pro volbu této lokality byly: (29)

- Využití existujícího prostoru po těžbě lignitu pro ukládání vyloužených uranových rud (rmut)

- Možná vaznost na uhelnou elektrárnu Mydlovary (2 elektrické linky a 2 parovody)
- Geografická lokalizace z hlediska k těžebních oblastí (UD západní Čechy, UD Příbram, UD Dolní Rožínka)
- Plánovaná těžba v oblasti Rudolfovska (jižní Čechy)
- Tvorba nových pracovních míst v průmyslové sféře
- Možné odvádění nadbilančních vod potrubím do Vltavy s dostatečným ředěním škodlivin povolených vodohospodářskými orgány té doby

Samotný proces stavby úpravny začal roku 1959. Zahájení provozu úpravny se datuje k 1. 10. 1962 a jeho ukončení k 1. 11. 1991. Uranová ruda se sem dovážela z většiny ložisek té doby (ze západních Čech, Příbrami, Okrouhlé Radouňi, Dolní Rožínky i Stráže pod Ralskem). S postupem času se zpracovatelské kapacity úpravny uranové rudy rozšířily z prvotních 300 000 t/rok až na 600 000 t/rok. Maximální zpracované množství uranové rudy úpravnou v průběhu jednoho kalendářního roku bylo 748 400 tun, a to v roce 1981. (29, 44)

Za dobu provozu bylo v MAPE Mydlovary zpracováno asi 16 745 835 tun uranové rudy přibližně s obsahem 0,184 % uranu. Vyrobeno bylo tedy 28 525 tun uranu v koncentrátu za dobu činnosti úpravny. (29)

Uranová ruda byla v zásadě zpracovávána loužením za využití dvou možných technologií. Mezi tyto technologie patří: (29)

- Kyselé procesy (kyselá linka) – zpracováno přes 75% veškeré dopravené uranové rudy
- Alkalické procesy (alkalická linka)

Vyloužená uranová ruda byla následně ukládána na odkaliště KI, jež bylo vytvořeno na povrchu terénu. Později se začalo s ukládáním rmutu do vytěžených prostor uhelného dolu Svatopluk (odkaliště KII a KIII). V poslední fázi samotného

provozu byla vyloužená uranová ruda ukládána do skupiny odkališť KIV, které vznikly zčásti na odkališti KII, nebo v jeho blízkém okolí. (9)

Konečný stav jednotlivých odkališť z hlediska uložených kalů je uveden v následující **tabulce 5**:

Tabulka 5: Celkový stav odkališť z hlediska uložené uranové rudy (9)

Odkaliště	Zahájení provozu	Ukončení provozu	Technologická linka	Množství přepravené U rudy	Hmotnost uloženého kalu	Objem uloženého kalu	Objem vázané vody
	rok			kt	kt	tis.m ³	tis.m ³
K I.	1962	1984	K, A, zaplněno	15703040	8606	5551	3 385
K II.	1967	1981	K zaplněno	6484	15071	10342	7313
K III.	1980	1985	K zaplněno	2999	6538	4354	3390
K IV/C1Z	1988	1989	K	252	587	403	285
K IV/C2	1985	1988	K	1073	2492	1708	1212
K IV/E			nevyužíváno				
K IV/D	1985	1991	K	438	963	661	467
K IV/R	1984	1991	A	927	1546	950	503
K IV/C1F			nevyužíváno	0	0	0	0
Celkem				16783	35803	22427	16555

1.1.3 Základní charakteristika jednotlivých odkališť

Rmut vzniklý z úpravy uranové rudy byl ukládán prostřednictvím hydraulické dopravy (tzn. pomocí vody a potrubních tras) do jednotlivých odkališť. Doprava

materiálu na odkaliště byla realizována prostřednictvím systému plavící a vratné vody. Systém musel být velmi dobře ošetřen proti průniku vody do okolních vod. Jednotlivá odkaliště (kalojemy) byly značeny jako K I až K IV. (25)

Odkaliště K I bylo zřízeno jako povrchové o maximální hloubce 25 m. Jeho lokalita se nachází mezi MAPE a tratí ČSD. Disponuje obvodovým drenážním systémem. Specifickým znakem tohoto odkaliště jsou postupně dobudovávané obvodové hráze z odkalištních písků, v nichž se vyskytují vysoké hmotnostní aktivity rádia a radonu. Prostor samotného odkaliště byl rozdělen hrází o délce 175 m. Dvě nově vzniklé části byly využívány k třídění odpadu na alkalické a kyselé. (42)

Odkaliště K II je k nalezení severně od MAPE. Jeho základem jsou prostory po těžbě lignitu. Následně došlo k rozšíření odkaliště západním a východním směrem. Kolem celé plochy je postavena obvodová hráz. Toto odkaliště sloužilo pro ukládání úpravárenských kalů z kyselé technologické linky. (42)

Odkaliště K III je rovněž situováno do prostor po těžbě lignitu s maximální hloubkou do 27 metrů. (42)

Odkaliště K IV vzniklo z části na odkališti K II a také zčásti na sousedících pozemcích. K IV je složeno z několika sekcí (D, R, C1Z, C2, C1F). (42)

Obrázek 2: Mapa jednotlivých odkališť (42)



1.1.4 Technologie úpravny uranových rud MAPE

1.1.4.1 Sklad rudy

Ruda byla do závodu dopravována v ucelených soupravách výsypných železničních vagónů. Vstupním procesem do skladu rudy bylo provádění bilančního vážení na vagónové váze závodní vlečky. Příjmový sklad byl vymezen ohraničenou plochou přibližně čtvercového půdorysu v ose příčně rozdělenou rudným mostem. Po obou stranách mostu v těžších skladovacích ploch byly situovány v jedné rovině skladu násypky opatřeny rošty za účelem kontrolního třídění s průměrem velikosti ok 300 x 300 mm. Sestavy vagónů naplněné rudou přijížděly na most, otevřely své jednotlivé výsypky a vypadlá ruda se zpod mostu hrnula buldozerem na již výše zmíněné násypky. (5)

Pod jednotlivými násypkami byla šachtice osazena vozíčkovým vynašečem, který rudu dále dávkoval na šikmý pásový dopravník procházející tunelovým koridorem ústícím do drtírny. Přívodní dopravník byl navíc vybaven ještě vážicí soupravou a stanovištěm pro vybírání důlního dřeva. (5)

Následný nárůst intenzity provozu závodu si vyžádal zvětšení skladovacích ploch. V rámci intenzifikace závodu byla na skladě vybudována další násypka pro dávkování pyroluzitu do rudy, jenž byla určena pro kyselý proces. (5)

1.1.4.2 Drtírna

Drtírna byla tvořena samostatným stavebním objektem vybaveným provozním souborem dvoustupňového drcení. První stupeň disponoval čelistovým drtičem V-6-2N (640 x 400 mm), druhý stupeň dále dvěma tupouhlými kuželovými drtiči o průměru 1200 mm. Jeden z nich byl pouze jako provozní rezerva. Pro třídění, jak základní, tak kontrolní, byl používán výstředníkový vibrační třídič VTN 1500 x 4000 mm. (5)

Provozní celek byl v neposlední řadě vybaven také radiometrickým měřením obsahu uranu ve vstupní rudě, mechanickým vzorkováním a elektromagnetem pro záchyt ocelových předmětů obsažených v rudě. (5)

Dále zde musel probíhat proces odprašování, do kterého byly zahrnuty jak všechny pásové dopravníky, tak vstupy drtičů a vybrotřídíč. Výkon drtírny se odvíjel od obsahu jemných podílů ve vstupní rudě a jejich vlhkosti, avšak průměrně se pohyboval v rozsahu 150 až 200 tun za hodinu. Původním předpokladem byl dvousměnný provoz drtírny, ale se vzrůstající intenzitou provozu závodu bylo nutné provozovat úpravnu nepřetržitě. (5)

1.1.4.3 Mlýnice

Mlýnice jako taková byla technologicky členěna na část zásobníkovou, vlastní halu mlýnice – disponující mostovým jeřábem – a třípodlažní přístavbu gravitačního rozdružování. Část se zásobníky v meziskladu drcené rudy tvořila blok osmi zásobníků čtyřhranného průřezu ze železobetonu. Zásobníky byly plněny pojízdným reverzním dopravníkem, vynášení rudy pak pásovým vynášecem. Každý ze zásobníků byl propojen s individuální mlecí jednotkou. Celá hala mlýnice disponovala jedenácti mlecími jednotkami a to: (5)

- Jedním kulovým mlýnem s roštem GM 15 o průměru 1500 x 1500 mm disponujícím navíc spirálovým třídíčem na mletí pyroluzitu
- Čtyřmi kulovými mlýny s rošty GM 20 o průměrech 2000 x 2000 mm a rovněž se spirálovým třídíčem určeným na jednostupňové mletí rud pro kyselý technologický proces
- Třemi tyčovými mlýny o průměrech 1500 x 3100 mm, které byly spřaženy v uzamknutém cyklu s jednotlivými vybrotřídíči. Jejich úkolem bylo plnit funkci prvního stupně mletí rudy pro karbonátový proces, ačkoli podle původního plánu měly provádět rozpojování rudy pro gravitační rozdružování
- Třemi kulovými mlýny s roštem GM 20 o průměru 2000 x 2000 mm, které ve spojení se spirálovými třídíči byly pro funkci 2. stupně mletí rud pro karbonátový proces instalovány v zóně mimo zásobníky bez možnosti přímého napojení.

V rámci pozdějších rozšíření zpracovatelských kapacit závodu byly v mlýnici postupně instalovány, bez omezení výroby, čtyři nové mlecí jednotky sestávající z dalších mlýnů se spirálovými třídíči. Každá z jednotek byla doplněna o hydrocyklonovou stanicí za účelem kontrolního třídění. Postupem času byla zaznamenána celá řada racionalizačních změn, avšak principiální technologická schémata zůstala zachována. (5)

1.1.4.4 Zahušťování

Objekt zahušťovačů byl tvořen betonovou vanou, čtyřmi zahušťovači kruhového tvaru o průměrech 24 m a periferickým pohonem. V samotném středu instalovaných zahušťovačů byla situována čerpací stanice pro odčerpávání zahuštěných rudných suspenzí a vyčiřených roztoků. (5)

Čerpací stanice dále disponovala několika rotačními sítí, které sloužily k třídění a promývání dřevěných třísek z nátokových proudů rudné suspenze. V neposlední řadě se zde nacházela další technologická zařízení a jiné přístroje sloužící k přípravě roztoků flokulačního činidla – polyakrylamidu a jeho následného dávkování do procesu zahušťování. (5)

1.1.4.5 Loužící procesy

Proces kyselého loužení byl provozován na dvou technologických linkách: (5)

- Technologická linka pro loužení pískových podílů byla tvořena ze čtyř jednotlivých loužících sekcí. V každé ze sekcí bylo 5 sériově propojených reaktorů (o efektivním objemu 12 m) s vrtulovými míchadly a difuzory.
- Technologická linka pro loužení jemných podílů sestávajících ze čtyř loužících pačuků (o efektivním objemu 50m³ pro jeden pačuk). Pro samotný proces loužení se využívaly na této technologické lince míchané reaktory pro úpravu kyselosti. Rozemleté silikátové rudy, které byly určeny pro kyselé loužení, musely být přečerpány na hydrocyklonovou stanicí základního a kontrolního třídění v prostoru nad samotnými loužícími reaktory písků. Vydělené pískové podíly tekly spádově přes rozdělovač do

reaktorů technologické linky. V době provozu zde docházelo k různým změnám v sestavách provozních souborů pro loužení jemných podílů.

Jemné podíly (sliv hydrocyklonů) byly sváděny na zahušťovač. Kde po procesu byl zahuštěný produkt přečerpán na loužicí linku jemných podílů. (5)

Ohřev rmutů probíhal přímo působením ostré páry. Dávkování kyseliny probíhalo zcela automaticky. Dodržování redukčně oxidačních potenciálů se kontrolovalo laboratorními potenciometry a na podkladě jednotlivých výsledků byla prováděna korekce dávkování pyroluzitu na skladě rudy. (5)

Proces karbonátového loužení probíhal tak, že zahuštěná rudná suspenze byla před samotným procesem loužení předehřívána ve sprchovém rekuperátoru brýdovými parami z kolon karbonátového loužení. Rmut, který byl přečerpáván ze zahušťovače, (sloužícího na karbonátové loužení), byl rovnoměrně rozptýlen po průřezu kolony a ve formě kapiček padal směrem dolů v protiproudu brýdových par. Zde docházelo k procesu výměny tepla. Kapičky rmutu přejímaly teplo od protichůdné brýdové páry. Dále byl ze spodní části kolony odčerpáván do karbonátového loužení a ochlazené brýdové páry byly vypouštěny do atmosféry. (5)

Samotný proces karbonátového loužení byl prováděn v technologické lince o dvanácti sériově propojených pneumaticky míchaných kolonách – pačuků. Plášť i vestavba kolon byly vyrobeny z oceli o efektivním objemu 129 m³. Ohřev rmutu probíhal na 1., 4., 7. a 9. koloně. (5)

Kinetika loužení byla ověřena v karbonátovém prostředí Na₂CO₃ 1 mol/l při aplikaci různých oxidačních činidel: (5)

- Vzduch
- Vzduch + 5 kg/t KMnO₄
- Vzduch + 3 kg/t CuSO₄ · 5 H₂O
- Vzduch + 3 kg/t CuSO₄ · 5 H₂O + NO₃

Katalytická vzdušná oxidace s tetramoměďnatým komplexem měla vysokou efektnost procesu. V následných provozních aplikacích se řešily již jen různé výchozí produkty mědi a jejich úprava pro použití. (5)

1.1.4.6 Sorpční procesy

Proces sorpce ze rmutů procházel řadou aparátů. Jeho provoz byl nepřetržitý. Mezi funkce jednotlivých aparátů patřily: (5)

- **Sorpční kolony** provozní linky se skládaly z 8 – 10 kolon. Sloužily k vlastní sorpci. Geometrie jednotlivých sorpčních kolon byla navržena tak, aby odpovídala principům konstrukce loužících pačuků. Ke koloně byla ve spodní části upevněna mamutka. V horní části byl zabudován drenážní systém za účelem oddělování ionexu od proudu rmutu. V koloně bylo neustále přítomno cca 10% ionexu. Za stálého míchání se rudné částice i ionex udržovaly ve vznosu. Ionex pak reagoval s loužencem a probíhala žádaná sorpce. Mamutkou na horní části byla pak suspenze vynášena a „čištěna“ na drenážních sítích umístěných na drenážní skříní. Odtud dále putovala, po oddělení zbytků ionexu, potrubním propojením do následné kolony. Celý systém měl tvar podobný hříbu.
- **Promyvná kolona** sloužila ke kontrolnímu omytí rudných částic a okludované kyseliny sírové v protiproudu fluidizovaného ionexu. Také byla využívána po samotné eluci za účelem omytí elučního činidla z ionexu v pístovém toku promyvných roztoků.
- **Eluční kolony** byly určeny k eluci ionexu, která se prováděla v režimu pístového toku v protiproudu elučního roztoku. Proces se v průběhu let dále zdokonaloval tak, že eluční kolony pístového toku byly vyměněny za pulzační kolony (tok ionexu vlastní kolonou probíhal ve stlačené formě v periodickém pulzování). Proces se stal více efektivním. Při procesu eluce pulzačními kolonami se uvolněné kolony využívaly jako „zásobní“ pro nezbytnou retenci ionexu pro kolony pulzační.

Technologický proces sorpce využíval v minulosti, s přihlédnutím k dostupnosti, iontové měniče typu katex SG-1 na kyselé lince a anex SBW na karbonátové lince. (5)

Před samotným procesem sorpce bylo třeba provést vydělení pískových podílů o velikosti 0,1 mm z louženců kyselého loužení písků na hydrocyklonech. Toho se dosahovalo protiproudou promývkou v kaskádě spirálových třidičů s vývodem na konečnou neutralizaci. Vytříděný rmut jemných podílů se spojil se rmuty z linky loužení jemných podílů a následně byly společně částečně neutralizovány vápenným mlékem o hladině pH = 2,5 – 2,8 – optimální kyselost pro proces sorpce na SG-1. Rmut z alkalického loužení musel projít nařazením chladnými recyklovanými roztoky. Až potom byl připraven na proces sorpce. (5)

Jak alkalický, tak kyselý proces sorpce byl veden na nezávislých linkách postavených na strojně technologickém schématu. Rafinace eluátu byla prováděna způsobem frakčního srážení pomocí vápenného mléka. Hydroxidy železa, hliníku a manganu se po odfiltrování a promytí recyklovaly na úpravu kyselosti před sorpcí. Nejednalo se zrovna o efektivně fungující proces, a tak postupem času se objevilo lepší řešení v podobě dodávky silně bazického anexu s pyridinovou funkční skupinou Varion AP. Tímto anexem byl nahrazen jak katex SH-1 na kyselé sorpci, tak i anex na sorpci karbonátové. V obou procesech sorpce byla aplikována nitrátová eluce. Mezi řídicí parametry procesů sorpce spadaly: výtěžnost procesu, kapacita (po uranu) nasorbovaného ionexu, obsah uranu v eluátu a zbytkové množství uranu na ionexu po eluci. K eluci se využívaly alkalizované nebo okyselené vodné roztoky dusičnanu amonného nebo sodného, někdy také chloridu sodného. (5) „*Konkrétně se k eluci uranylsulfátového iontu (z anexu syceného kyselým výluhem) používalo roztoku o koncentraci 0,8 - 1,5 M NH₄NO₃ a 0,1 - 0,3 M HNO₃. K eluci uranylkarbonátového iontu (z anexu syceného karbonátovým výluhem) se používal roztok 1,0 - 1,5 M NH₄NO₃ a 0,5 - 1,0 % Na₂CO₃.*“ (5)

Po jisté době od uvedení obou procesů do rovnovážného stavu s recykly začala klesat sorpční kapacita. Projevily se vlivy otrav ionexů. Situaci se podařilo řešit zavedením metody síranové eluce podle autorského osvědčení pracovníků MAPE.

Zavedení síranové eluce do procesu údajně pomohla stabilizovat proces a snížit zpracovatelské náklady. (5)

Technologický proces sorpce se postupem času dále zdokonaloval zejména kvůli úspoře zpracovatelských nákladů, ale hlavně kvůli systémové regeneraci ionexů od jedů. (5)

1.1.4.7 Příprava elučního roztoku a úprava koncentrátu

Eluční roztok byl ohřát na teplotu 60 – 65 °C a okyselen H_2SO_4 až do úrovně pH = 3 kvůli rozrušení karbonátů. Následně tvořící se CO_2 byl vytěsněn mícháním s přebytky vzduchu. Dalším stupněm bylo srážení koncentrátu čpavkem. Srážecí proces byl prováděn v lince čtyř srážecích reaktorů typu pačuk o objemu 12 m³. Následně vysrážená suspenze koncentrátu musela být zahuštěna v zahušťovačích kruhového tvaru o průměru 6 m na hustotu 1600 g/l. Již zahuštěný koncentrát byl filtrován na dvou bubnových vakuových filtrech o ploše filtru 30 m². Utvořený filtrační koláč musel být dále rozmixován a přečerpán do sušárny. Z matečných roztoků, zejména sliv zahušťovače a filtráty, se oddělily přebytky, které se po kontrolní filtraci na kalolisech dále odčerpaly s dalšími odpady na jednotlivá odkaliště. Do základního proudu se dál muselo doplnit H_2SO_4 , NH_3 a Na_2CO_3 až na úroveň koncentrace elučního činidla a po ochlazení v chladiči trubkového tvaru o ploše 35 m² do teploty 45 °C se použily k eluci a recykl se uzavřel. (5)

1.1.4.8 Sušení, vzorkování a balení

Pro sušení koncentrátu byl použita typová rozprašovací sušárna, ve své podstatě používaná i pro sušení mléka, barev, atd. (5)

Atomizér zajišťoval rozprášení suspenze koncentrátu v sušící koloně cyklonového tvaru. V koloně docházelo ke kontaktu koncentrátu se sušícími plyny. Sušící plyny byly vyráběny ze zplodin spalovaných topných olejů ve spalovací komoře a po následném smísení se sekundárním vzduchem byly vháněny ventilátorem do sušící komory. Ze spodní části kónusu komory byl usušený koncentrát transportován turniketem do zásobníku produkce. Odvod znečištěných sušících plynů byl podroben třístupňovému

odprašování v cyklonech, tkaninových rukávových filtrech a mokré pračce. Výstupní teplota byla limitována provozní teplotou jednotlivých tkaninových rukávů ve filtrech a teplotou kondenzačních par vyskytujících se v tkaninových filtrech. „*Regulace byla nastavena na teplotou 120 °C.*“ (5)

Koncentrát zachycen jednotlivými cyklony a filtry byl převeden do zásobníku produkce a z mokré pračky byl v intervalech přečerpáván na filtraci samotného koncentrátu. (5)

V závěru bylo třeba, aby koncentrát prošel vzorkovací linkou, která byla vybavena kaskádou vzorkovačů. (5)

Ovzorkovaná produkce byla balena do speciálních skládacích dřevěných kontejnerů vyložených svářenými obaly z plastové fólie, opatřených v horní části rukávem pro hermetické plnění rourou plnicího zařízení. Objem kontejnerů se pohyboval přibližně kolem 1 m³. Po naplnění byl každý z kontejnerů usazen na vibrační stůl s jehož pomocí docházelo k hutnění nasypaného koncentrátu v každém kontejneru. (5)

1.1.4.9 Náhradní výroby

Náhradní výroby byly v MAPE realizovány až po ukončení samotné úpravy uranových rud. Jednalo se o využití zařízení na: (5)

- Výrobu síranu železitého
- Výrobu manganatých solí
- Zpracování vanadových katalyzátorů – použitých
- Biodegradaci ropných látek
- Výrobu černého pigmentu
- Stáčení a skladování nafty

Veškeré náhradní výroby byly ukončeny v letech 1994 až 1995. Odpadní kaly vzniklé z těchto výrob byly naplavovány na jižní pláž odkaliště KIV/R. (5)

1.1.4.10 Ukládání vyloužených rud

Rudy, které byly zpracovávány v MAPE, obsahovaly v průměru 1,85 kg/t uranu. Po procesu zpracování s výtěžností 92,5%, byly ve formě diuranátu amonného (koncentrátu) spolu se zbylými chemikáliemi z procesu ukládány na odkaliště. (5)

V průběhu kyselého procesu se vyloužená ruda neutralizovala vápenným mlékem do pH = 7 – 7,5. Při neutralizaci docházelo k vysrážení některých složek rozpuštěných v kapalně fázi, např. manganu, hliníku, železa a síranových aniontů. Takto zneutralizovaná vyloužená ruda, jak z kyselého, tak karbonátového procesu, se bez dodatečné úpravy čerpala každá zvlášť na příslušná odkaliště. „Na odkalištích docházelo k částečnému rozdělení fází. V odkalištích se ukládala pevná fáze a kapalná fáze vyplňující póry vysedimentované pevné fáze. Vyčiřená kapalná fáze nad vysedimentovanými pevnými částicemi rmutu se odčerpávala zpět do procesu (recyklovala) ve formě tzv. technologických vod. Nadbilance těchto vod se čistila od radia a přečerpávala do Vltavy s vyústěním pod Hlubokou nad Vltavou.“ (5)

1.1.5 Ukládané materiály

Jak již bylo zmíněno výše, na odkalištích byla ukládána vyloužená uranová ruda jak z kyselé, tak alkalické linky. Členila se do dvou fází. Zrnitostní charakteristiky a jednotlivé složky rmutů plavených na odkaliště jsou uvedeny v následující **tabulce 6** a **tabulce 7**:

Tabulka 6: Zrnitostní charakteristiky (6)

Zrnitostní třída	Kyselá linka	Zrnitostní třída	Alkalická linka
mm	%	mm	%
> 0,5	5 - 10	> 0,16	5 – 10
0,25 – 0,5	20	0,07 – 0,16	25 – 30
0,10 – 0,25	25 - 30	0,04 – 0,07	10
< 0,1	40	< 0,04	50

Tabulka 7: Charakteristika složení jednotlivých fází (6)

Fáze	Složka	Rozměr	Kyselá linka	Alkalická linka
Rmut	vázaná voda	m ³ /t	1,13	0,53
	dávkový příkon gama	μGy/hod	2-5	4-10
Pevná fáze	SiO ₂	%	60	70
	Ra ²²⁶	kBq/kg	2 - 10	10-30
	U	%	< 0,01	< 0,01
	sádrovec	%	10-20	0
	hydroxidy Fe, Al	%	2-10	2-4
	granulace	mm	< 0,5	< 0,15
Kapalná fáze	RL	g/l	20-35	20-35
	Mn	mg/l	700	5
	NH ₄ ⁺	mg/l	500-700	200-300
	U	mg/l	< 1	2-8
	SO ₄ ²⁻	mg/l	12-20?	12-20?
	TK (Zn,Ni,Co,Cd)	mg/l	≈ 2	< 0,1
	pH		5,0-7,0	7,5-8,5

Kal byl hydraulickou metodou plaven z obvodových hrází až namísto odběru odsedimentované vody. Tímto způsobem byla v jednotlivých odkalištích vytvořena tři pásma charakterizována odlišnými geomechanickými vlastnostmi: (6)

- Obvodové pásmo, které bylo naplaveno přerodem kalu nad úrovní vody po pláži v prostoru sedimentace. Kal se zde hydraulicky třídil. Docházelo k ukládání převážně hrubšího podílu kalu. Jemný podíl kalu byl transportován silou vodního proudu do prostoru sedimentace odkaliště. Proto je toto pásmo propustnější a je tedy i odvodnitelné. To je jedním z hlavních předpokladů pro nekomplikované opatření prvky technické a biologické rekultivace.
- Přechodné pásmo je dalším pásmem navazujícím na pásmo obvodové. Jeho šířka se odvíjí od kolísání hladiny v sedimentačním prostoru odkaliště (srážková činnost, technologické důvody). Za stavů nižších hladin vod v sedimentačním prostoru docházelo k prodloužení pláží ve sklonu úhlu

naplavování směrem do odkaliště. Naopak při zvýšení hladiny vody v odkalištích se pláže zkracují. „Důsledkem tohoto kolísání vodní hladiny je vznik plochy odkaliště, ve které se střídají vrstvy hrubších písčitých podílů usazených nad vodní hladinou a vrstvy jemných neúnosných kalů usazených pod hladinou.“ Vrstevnatá struktura, která je ukloněná ke středu samotného odkaliště, ztěžuje odvodnění těchto pásem do vnějšího propustného pláště. Povrch přechodných pásem je i po procesu odvodnění málo únosný. Materiály hrnoucí se z obvodu do tohoto pásma se dále boří do podloží až do vytvoření rovnováhy mezi zátěží cizího materiálu a vztlakové síly podložního kalu. Proto je zřízení prvků technické i biologické rekultivace pro toto pásmo komplikovanější a také časově náročnější.

- Střední pásmo odkaliště je vyplněno převážně jemnou frakcí rmutu a neutralizačním kalem (ve formě vloček) Tyto kaly procházejí procesem hydraulického ukládání, v kterém jsou unášeny vodním proudem po povrchu pláží a jsou ukládány pod vodní hladinu v sedimentačním prostoru. „Tímto procesem vzniká u odkališť hydrometalurgických úpraven tixotropní jádro o filtračních koeficientech $k_f = 10^{-8} - 10^{-11}$ m/s. Při filtračním koeficientu $k_f = 10^{-8}$ m/s je zdánlivá filtrační rychlost 0,864 mm/den.“ Z tohoto faktu vyplývá, že kaly vyskytující se ve středním pásmu jsou prakticky neodvodnitelné, a proto bez následných úprav zůstávají trvale neúnosnými.

1.2 Kontaminace prostředí a následky chemické úpravy uranových rud

Po procesu vysušení jednotlivých lagun vyvstávají další problémy s prašností, nevyhovujícími fyzikálními i chemickými vlastnostmi suchého kalu pro růst vegetace. Pokud dojde k uchycení vegetace, je velmi pravděpodobné, že bude vykazovat potencionální toxicitu pro vysoký obsah akumulovaných radionuklidů a těžkých kovů s rizikem šíření těchto toxických prvků do potravních řetězců. (12, 27)

Dalším ze závažných a poměrně složitě řešitelným problémem jsou plynné emise radonu a následná imise jeho dceřiných produktů uranové rozpadové řady z vysušených

odkališť. Tyto dceřiné produkty vykazují poměrně krátké poločasy rozpadu. Jsou zakončeny až izotopem olova ^{206}Pb , který je již stabilní. ^{206}Pb má kumulativní toxické vlastnosti tak jako ostatní toxické těžké kovy. (27)

Radioizotopy s charakterem stopových prvků kovové povahy je zejména významné riziko jejich bioakumulace v těle a orgánech určitých organismů. Tento fakt může vést k postupnému nárůstu koncentrace těchto prvků v potravních řetězcích. (27)

Ve venkovním prostředí se úroveň koncentrace ^{222}Rn pohybuje obvykle v intervalu $3,7 - 18,5 \text{ Bq/m}^3$, průměr pro ČR se uvádí okolo $5,5 \text{ Bq/m}^3$. Uvnitř objektů je limitní aktivita ^{222}Rn stanovena hranicí pohybující se mezi 100 až 200 Bq/m^3 . Při ukončování provozu chemické úpravy uranových rud MAPE byly ve vzduchu nad odkališti naměřeny hodnoty sahající až k hranici 420 Bq/m^3 . Emise radonu jsou evidentním rizikem pro obyvatelstvo v okolí MAPE. Vzdušný transport těchto emisí představuje riziko i pro ostatní území. V neposlední řadě posuzování vlivů na prostředí se rovněž uvádí, že pro obyvatele obcí Mydlovary, Zahájí a Olešník k celkovému, již tak nepřijatelnému karcinogennímu riziku přispívá i arzen, beryllium a kadmium. (10, 27, 35, 47)

Jistá pozorování prováděla v minulosti, ještě v dobách samotného provozu MAPE, katedra ekologie tehdejší VŠZ (dnešní ZF JU v Českých Budějovicích). Jednalo se o objednávku ještě tehdejšího Uranového průmyslu s.p. (dnešní DIAMO s.p.) se zaměřením na sledování migrace a kumulace těžkých kovů a radionuklidů do složek prostředí. Výsledky tohoto sledování nebyly nikde veřejně publikovány. (10)

V současnosti je zájmové území ovlivňováno zejména emisemi polétavého prachu. Prostřednictvím prachových částic jsou kontaminanty, rovněž i radionuklidy, transportovány do prostředí v okolí. Zdrojem původu těchto emisí jsou převážně vysychající pláže jednotlivých kalojemů, a také navážka rekultivačních materiálů odkališť – sekundární prašnost. (30)

Situace je také komplikována zemědělským využitím půdy v nejbližším okolí areálu MAPE. Některé ze zemědělsky obdělávaných ploch jsou vzdáleny jen 15 metrů od břehů odkališť. Rozsah tohoto zamoření je stále předmětem výzkumu. (40)

1.2.1 Prioritní kontaminanty

Jedná se především o látky pocházející z bývalé uranové činnosti (U, Ra, amonné ionty) a látky obsažené v důlních vodách (As, Be, Cd). Tyto látky byly vytypovány jako prioritní kontaminanty prostředí. (30)

Pro účely analýzy rizik byly vytypovány následující kontaminanty potenciálního zájmu: (27)

- V ovzduší: U, Ra, Rn – radionuklidy a Mn
- V podzemních a povrchových vodách: Al, As, Be, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Zn, U, Ra a amonné ionty
- V zemině: As, Be, Cd, Zn, U, Ra

1.2.2 Přírodní radionuklidy

Uran

Uran byl poprvé jako prvek objeven v molekule UO_2 roku 1789. Své jméno obdržel po planetě Uranu objeveného nedlouho předtím. Kovový uran byl připraven až roku 1841 a jeho radioaktivní vlastnosti byly objasněny roku 1896 Henrim Becquerelem. (31)

Izotopy

Všechny z uranových izotopů vykazují radioaktivní vlastnosti. Přírodní uran ($A_r = 238,029$) tvoří tři izotopy: U^{238} ($T = 4,47 \cdot 10^9$ let, zastoupení 99,276 %), U^{235} ($T = 7,1 \cdot 10^5$ let, zastoupení 0,7196 %), U^{234} ($T = 2,47 \cdot 10^7$ let, zastoupení 0,0057 %). Jadernými reakcemi byly připraveny ještě další umělé izotopy uranu. (31)

Dřívější praktické využití uranu již zcela pominulo. V současné době se používá především v jaderné energetice, dále k výrobě stínících materiálů (uran ochuzený o izotop 235) u významných zdrojů ionizujícího záření. (31)

Chemická charakteristika

Uran spadá do VI. vedlejší skupiny periodického systému. Vystupuje jako prvek troj-, čtyř-, pěti- a šestimocný. Ve stupních nižší oxidace u něj převažují vlastnosti zásadité, ale v oxidačním stupni VI se chová jako prvek amfoterní. Šestimocný uran poskytuje s hydroxidy uranany a s kyselinami vytváří soli uranylové, které jsou odvozeny od kationtu UO_2^+ . (31)

Ve formě roztoku jsou nejstálější soli uranylové. Jsou charakteristické tím, že jejich kation udílí roztoku žlutou barvu. Roztoky uraničitých solí mají zelenou barvu a vlastnosti snadné oxidace – oxidují se již vzdušným kyslíkem. Roztoky pětimocného uranu jsou poměrně nestálé. Zcela nestálé jsou také roztoky solí trojmocného uranu mající silné redukční účinky (rozkládají vodu a oxidují se vzdušným kyslíkem). (31)

Uran jeví značné sklony k hydrolyze. Šestimocný i čtyřmocný uran vytváří také velké množství anorganických i organických sloučenin. (31)

Elementární uran je kov bílé barvy o hustotě $19,05 \text{ kg/dm}^3$. Nejdůležitějšími minerály jsou karnotit a smolnec. Jeho zastoupení v zemské kůře činí cca $1 \cdot 10^{-4}\%$. (31)

Z lékařského pohledu je uran pro zdraví člověka nebezpečný a to jak svojí chemickou toxicitou, tak i radioaktivitou. (31)

Když dojde k vniknutí uranu do lidského organismu, má vliv na metabolismus glycidů a poškození ledviny. Dále dochází v menší míře k poškození jater. Při expozicích většího rozsahu poškozuje i životně důležitá centra. V neposlední řadě jsou jako cílový orgán uváděny také kosti (Sharp NRPB Harwel – 1995), kde nahrazuje vápník. (15, 31) „*Touto cestou se může fixovat 1 - 8 % rozpustného podílu. Tentyž zdroj udává pak pro poškození ledvin okolo 0,1 mg/kg tělesné váhy (u rozpustných sloučenin).*“ (31)

Z hlediska účinků na lidské zdraví je velmi důležitá jeho chemická forma, při níž k samotné expozici lidského organismu došlo. A to zejména mocenství uranu. Jeho běžný výskyt je ve formách U^{IV} a U^{VI} . Rozpustnější jsou pak sloučeniny šestimocné, ty

se pak díky své rozpustnosti rychleji vylučují močí. „Udává se, že 50 % deponovaného uranu v organismu v rozpustné formě se vyloučí během prvního dne po nárazové expozici. Podle Sharpa se z uranových sloučenin obsahujících U^{VI} , tj. ve formě uranylových iontů UO_2^{2+} po depozici v plicích vyloučí 99 % během 5 dní.“ Oxidy uranu jsou podstatně méně rozpustné – biologický poločas se uvádí okolo 500 dní. „Při vniknutí do organismu ingescí (požitím) se 1 - 5 % absorbuje v organismu, zbytek je vyloučen.“ Z celkového absorbovaného podílu se přibližně 92 – 95 % vyloučí močí v průběhu 2 – 6 dní, zbytek v širokém intervalu 30 až 300 dní. (31)

Biologické poločasy uranu jsou uvedeny v následující **tabulce 8**:

Tabulka 8: Biologické poločasy (31)

	Rozpustné sloučeniny	Ner rozpustné sloučeniny
Celé tělo	100 dní	-
Ledviny	15 dní	-
Plíce	5 dní	120 - 1470 dní
Kosti	20 - 300 dní	-

Dopad expozice na organismus se vyvíjí podle toho, která část organismu byla zasažena (plíce nebo trávicí ústrojí), a také od chemické formy samotného uranu. Při ingesci nedosahují sloučeniny uranu vysoké toxicity, obzvláště ty málo rozpustné. Mnohem závažnější je inhalační expozice. Zde se úroveň toxicity odvíjí i od velikosti aerosolových částic. (31)

Lze shrnout, že v průmyslových podmínkách je chemická toxicita poněkud závažnější než radiační riziko. V přírodních podmínkách tomu bude naopak, neboť uran se nevyskytuje v tak dobře rozpustných sloučeninách. Z pohledu radiačního rizika daleko více komplikují situaci dceřiné produkty rozpadu uranu, tj. hlavně Ra^{226} a Rn^{222} . (31)

„Při dlouhodobé expozici nízkou úrovní koncentrace uranu nebyla prokázána dlouhodobá chemická toxicita.“ (31)

Na závěr jsou v tabulce 9 uvedeny některé ze základních radioekologických vlastností uranu:

Tabulka 9: Některé základní radioekologické vlastnosti uranu (31)

	U^{238}	U^{235}
Poločas přeměny	$4,5 \cdot 10^9$ let	$7,13 \cdot 10^8$ let
Emise alfa	4,2 MeV	4,5 MeV
Emise gama		0,143 - 0,204 MeV
Emise beta		
Zdroj	uranová řada	aktiniová řada
Nutriční analog	žádný	žádný
Hlavní rezervoár v biosféře	litosféra	litosféra
Hlavní způsob expozice člověka	inhalace, ingesce	inhalace, ingesce
Stupeň začlenění do potravinového řetězce	nízký až střední	nízký až střední
Kritický orgán	ledviny, plíce, GIT	ledviny, plíce, GIT
Stupeň vstřebávání do organismu	velmi nízký	velmi nízký
Stupeň retence v organismu	střední	střední

Radium

Objeveno manželkou Curieovými roku 1898 v uranových zbytcích jako přítomnost dosud neznámého silně radioaktivního prvku – radia. (31)

Izotopy

Hlavním a nejběžněji se vyskytujícím izotopem rádia v přírodě je Ra^{226} zářič s poločasem rozpadu 1620 let. Na 1 tunu uranu obsaženém ve smolinci připadá maximální množství 338 mg radia. Izotop radia Ra^{228} ($T = 6,7$ let) je členem thoriové rozpadové řady. Dalšími izotopy radia vyskytujícími se v přírodě vázány na uran nebo thorium, jsou Ra^{223} ($T = 11,43$ dne) a Ra^{224} ($T = 3,64$ dne). Ra^{223} a Ra^{224} jsou v našich podmínkách podstatně méně závažné než Ra^{226} . V průběhu mnoha let od objevení radia byla uměle připravena celá řada dalších izotopů. (31)

Chemická charakteristika

Rádium je prvkem II. hlavní skupiny periodického systému. Je nejtěžším prvkem skupiny. Vystupuje výlučně jako pozitivně dvojmocný prvek, v roztocích tvoří bezbarvý kation Ra^{2+} a poskytuje soli málo rozpustné (s výjimkou dusičnanů). Sloučeniny rádia při kontaktu se vzduchem modře světélkují. Sloučeniny rádia jsou až na pár výjimek (zbarvují se žlutě až hnědě vlivem svého vlastního záření) bezbarvé. (31)

„Elementární rádium je bílý lesklý kov hustoty $5,5 \text{ kg/dm}^3$.“ V přírodě jej lze nalézt prakticky jen s výskytem uranu. Od využití radia v léčbě rakoviny se upustilo, neboť bylo vytlačeno izotopy jiných prvků. Světová produkce sloučenin radia za jeden kalendářní rok se pohybovala kolem hranice 100 g. Jeho zastoupení v zemské kůře činí cca $1 \cdot 10^{-10} \%$. (31)

Na rozdíl od uranu je radium nebezpečné pouze svojí radioaktivitou. Účinky, které by souvisely s jeho chemickou povahou alkalického kovu, nepřicházejí prakticky v úvahu, neboť se běžně nevyskytuje ve významných koncentracích (z hlediska hmotnostního). *„Je to význačný zářič alfa, člen uranové rozpadové řady.“* (31)

Základní radioekologicky významné parametry (podle Šedy a kol.) jsou uvedeny v následující **tabulce 10**:

Tabulka 10: Základní radioekologicky významné parametry radia (31)

Ra	
Poločas	1620 let
Biol. poločas	900 dní celotělově
	12 - 15 let kosti
Max. přípustná celotělová aktivita	$3,7 \cdot 10^3$ Bq
<i>Max. přípustná koncentrace ve vzduchu</i>	
V rozp. formě	$0,1 \text{ Bq/m}^3$
V nerozp. formě	$7,4 \cdot 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$
<i>Mezní roční příjem pro veřejnost</i>	
Ingescí	$2,33 \cdot 10^3$ Bq(rozp.); $9,62 \cdot 10^5$ Bq(nerozp.)
Inhalací	$2,5 \cdot 10^3$ Bq(rozp.); $4,81 \cdot 10^2$ Bq(nerozp.)
<i>Radioaktivní rozpad</i>	
Alfa	4,78 MeV (94,3 %)
	4,59 MeV (5,7 %)
Gama	0,188 MeV (4 %)
	0,262 MeV (0,007 %)
Kritický orgán	kosti
Nutriční analog	vápník
Hlavní cesty ozáření člověka	ingesce, vnější záření
Stupeň zadržování v org.	vysoký
Stupeň vstřebávání do org.	střední
Stupeň začlenění do potravního řetězce	střední

Radon

Radon jako prvek byl poprvé izolován a podroben prvním studiím Ruthefordem a Soddyem v roce 1902. Jeho název byl odvozen od latinského slova radius – paprsek. (31)

Izotopy

Radon má tři přirozené izotopy a těmi jsou Rn^{220} ($T = 51,5 \text{ s}$) z thoriové rozpadové řady, Rn^{221} ($T = 3,9 \text{ s}$) z aktiniové rozpadové řady, Rn^{222} ($T = 3,8 \text{ dne}$) z uran-radiové rozpadové řady. (31)

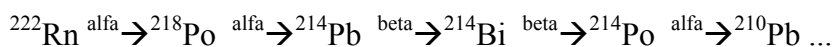
Chemická charakteristika

Radon se nachází v hlavní VIII. skupině (vzácné plyny) periodického systému. „Radon pravděpodobně tvoří difluorid a některé fluorokomplexy, důkaz jejich existence však vychází pouze z radiochemické stopovací metody, protože radon nemá žádné stabilní izotopy.“ (31)

Za standardních podmínek se radon vyskytuje jako plyn o hustotě $9,73 \text{ g/l}$. Dřívější využití v léčbě rakoviny bylo nahrazeno jinými zářiči. Malé množství, které je v současné době potřebné, se získává jako produkt radioaktivního rozpadu Ra^{226} . Výtěžnost radonu z 1 g Ra^{226} je $0,64 \text{ cm}^3 / 30 \text{ dní}$. Procentuální výskyt v zemské kůře se odhaduje na $4 \cdot 10^{-17} \%$. (31)

Rn^{222} je dozimetricky nejvýznamnější ze tří v přírodě se vyskytujících izotopů radonu a z hlediska potenciačního ozáření osob je v podmínkách ČR dominantní. (31)

Je nejtěžším plynem skupiny inertních plynů a vykazuje přirozenou radioaktivitu. Jeho dozimetrický význam nestojí ani tak na vlastní radioaktivitě, jako na tom, že je počátečním prvkem krátké rozpadové řady – takzvaných krátkodobých rozpadových (dceřiných) produktů Rn, kterou lze vyjádřit následující řadou: (31)



Poločasy rozpadu těchto radionuklidů nemají dlouhého trvání – od zlomků sekund po desítky minut. Vzhledem k tomu, že jde o prvky s převážně kovovým charakterem (pevné látky), mohou se po jejich vzniku vázat na aerosolové částice přítomné ve vzduchu. Následným procesem vdechování vzduchu mohou být zachyceny plicemi a to v závislosti na velikosti aerosolových částic. V místě své depozice díky již zmíněným krátkým poločasům přeměny odevzdají veškerou svou zářivou energii okolní tkáni.

Radon samotný jako plyn je vydechován z plic ven. Odhadu je se, že příspěvek k ozáření plicní tkáně je nejvýše 1 – 3 %. (31)

Základní radioekologicky významné parametry radonu (podle Šedy a kol.) jsou uvedeny v následující **tabulce 11**:

Tabulka 11: Základní radioekologicky významné parametry radonu (31)

Rn	
Poločas	3,825 dne
Biol. poločas	není definován
Max. přípustná celotělová aktivita	$3,7 \cdot 10^3$ Bq
<i>Průměrná obj. aktivita ve vdech. Vzduchu</i>	
$1260 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	
<i>Radioaktivní rozpad</i>	
Alfa	5,49 MeV (100 %)
Kritický orgán	plíce, zejména bronchiální epitel
Nutriční analog	žádný
Hlavní cesty ozáření člověka	inhalace
Stupeň zádrže v org.	zanedbatelný
Stupeň vstřebávání do org.	zanedbatelný
Stupeň začlenění do potravi. řetězce	zanedbatelný

Hladiny koncentrací radonu ve venkovním prostředí se pohybují od 3,7 do 18,5 Bq/m³ průměr v ČR se udává okolo 5,5 Bq/m³. V uzavřených prostorách jsou pak hladiny koncentrací i o několik řádů vyšší. Koncentrace radonu ve venkovním prostředí je významně závislá na momentálních atmosférických podmínkách. Je znám denní cyklus v kolísání objemových aktivit. Byly zjištěny rozdíly mezi denními a nočními hodnotami. (31)

„Za dominantní toxikologickou vlastnost v případě dlouhodobé expozice relativně malým dávkám je považována možnost vzniku nádorových onemocnění (karcinogenita).“ (31)

1.2.3 Kovy a ostatní

Hliník Al

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Hliník je světle šedým kovem téměř nerozpustným a stabilním. Vytváří trojmocné sloučeniny. V zemské kůře je třetím nejrozšířenějším prvkem. V půdách se nalézá jako vázaný v silikátech, hydroxidech, a oxidech. „*Reaguje s komplexotvornými anionty (fosfáty, sulfáty a organické anionty).*“ Sloučeniny hliníku mají tendenci vázat na svém povrchu další kovy, polutanty a živiny. „*Okyselování prostředí způsobuje mobilizaci hliníku a zvýšení jeho koncentrace v povrchových i podzemních vodách.*“ V ovzduší se hliník vyskytuje v prachových částicích jako alumosilikát. (31)

Toxikologické vlastnosti

Hliník je kumulativním kovem, který se hromadí zejména v kostech a plicích. Jak je známo, vdechování hliníkového prachu má za následek zaprášení plic (aluminózu). Rozpustné soli hliníku vytvářejí s bílkovinami tzv. albumináty – mají adstringentní a baktericidní účinky. „*Velké dávky sloučenin hliníku jsou pro jednobuněčné organismy toxické.*“ Sloučeniny hliníku způsobují u člověka hemolýzu erytrocytů a také brzdí činnost některých trávicích enzymů. (31)

Hliník do organismu proniká prostřednictvím inhalace a gastrointestinálního traktu. Inhalace jemného hliníkového prachu může vyvolávat chronickou aluminózu, plicní fibrózu, chronickou bronchitidu a případně také encefalopatii a některé poruchy srážlivosti krve. Karcinogenní účinky Al nebyly prokázány. Hliník přijímaný orálně je absorbován z GIT a to v množství 1 – 2 % z celkové požití dávky Al. Z těla je vylučován močí. V organismu se akumuluje až při dávkách přesahujících 125 mg/den. Rozhodující však o samotném množství absorpce je forma přijatého Al. Negativní účinky středních a vysokých orálních expozic hliníku nejsou zatím zcela prokázány. V oblastech se zvýšenými koncentracemi Al, zejména v pitné vodě, byl zjištěn vyšší výskyt neurologických poruch. (31)

Arsen As

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Arsen se vyskytuje jako elementární prvek při pokojové teplotě ve dvou formách – As šedý (běžná, stabilní forma) nebo jako As žlutý (nestabilní forma). V půdách vytváří nerozpustné komplexy. Ve vodách se vyskytuje v podobě kationtu As^{3+} , hydroxidu nebo sulfoarsenidového aniontu. V ovzduší je zastoupen především ve formě As_2O_3 . Upřesnění organických a anorganických forem arsenu je důležité z hlediska toxicity. (31)

Toxikologické vlastnosti

K expozicím arsenu může dojít požitím (např. pitná voda), inhalací, a také dermální absorpcí. Dlouhodobější orální expozice může mít za následek kožní a nervová onemocnění. „*Inhalace a dermální kontakt způsobuje podráždění nosních dutin, dermatitidu a kožní alergie a nervové poruchy.*“ Arsin a halogenidy As jsou nejtoxičtější formy. (31)

Arsen spadá do klasifikace třídy karcinogenů A – lidský karcinogen (IRIS). Jeho inhalace může způsobit rakovinu plic, orální expozice zase rakovinu vnitřních orgánů (ledviny, játra, močový měchýř). (31)

Beryllium Be

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Beryllium je lehkým stabilním kovem. Jeho chování v ŽP se podobá chování hliníku. Vyskytuje se v horninotvorných minerálech, kde izomorfne zastupuje křemík. „*Při zvětrávání se Be váže v sekundárních jílových minerálech, v kyselém prostředí se však mobilita Be zvyšuje.*“ Ve vodách a půdách jsou koncentrace Be všeobecně nízké. Zdrojem produkujícím Be do ovzduší je především spalování uhlí. (31)

Toxikologické vlastnosti

Do organismu se Be může dostat požitím nebo inhalací. Negativní účinek požitého beryllia nebyl prokázán. Inhalace Be, (např. prostřednictvím uhelného popílku), může

způsobovat akutní plicní onemocnění - až rakovinu plic. Dermální absorpce Be je poměrně omezená. Jeho klasifikace karcinogenní třídy je B1 – pravděpodobný lidský karcinogen (IRIS). (31)

Kadmium Cd

Fyzikálně – chemické vlastnosti

V přírodě se kadmium vyskytuje zejména v sulfidických rudách společně se zinkem a olovem. Kadmium je bílým kovem reagujícím se sírou, halogeny a dalšími nekovy. Jeho sloučeniny jsou mimořádně jedovaté. (45)

Toxikologické vlastnosti

Kadmium, jeho soli a oxidy mají podobné toxikologické vlastnosti. Rozdíly těchto vlastností jsou převážně v absorbovaných dávkách. (45)

Kadmium může do lidského organismu vniknout dýchacími cestami, prostřednictvím malých částic prachu, nebo zažívacím traktem. (45)

V plicní tkáni dochází ke vstřebávání až 50% inhalovaného kadmia, v závislosti na jeho chemické formě. V trávicím traktu se vstřebá okolo 29% kadmia, které přijmeme. (43) „Denní příjem kadmia se u lidí pohybuje na úrovni 50 µg.“ (11)

Eliminace samotného kadmia z organismu živočichů je velmi pomalý proces (ledviny vylučují denně jen asi 0,3 – 0,7 mg Cd). V lidském těle jsou jeho kumulativními místy hlavně ledviny a játra. Velmi malý příjem tohoto kovu může vést k selhání ledvin. Největší část z celkového příjmu kadmia je v játrech. Zde se při syntéze methalothioneinu váže cca 80 – 90 % kadmia, které je již pro organismus neškodné. V krvi jsou hladiny kadmia velmi malé, ale i tak malé množství může být nebezpečné pro vyvíjející se plod – kadmium prochází placentou. (45)

Z hlediska karcinogenity je kadmium klasifikováno třídou 1(dle IARC) – karcinogenní pro lidi. (45)

Měď Cu

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Měď se vyskytuje jako Cu^{1+} a Cu^{2+} nebo obvykle v elementární formě. Snadno tvoří komplexy a zapojuje se do mnoha metabolických reakcí v organismech. Komplexotvorné reakce mědi v organismech mají za následek regulaci biosyntézy proteinů a enzymů obsahujících Cu. Uvolňování z primárních minerálů a mobilita mědi ve složkách životního prostředí je závislá zejména na zvětrávání, půdotvorných procesech, oxidačně-redukčním potenciálu, přítomnosti organické hmoty a pH prostředí. V prostředí s kyselým pH se zvyšuje rozpustnost sloučenin mědi. V alkalickém prostředí dochází k procesu opačnému – ke srážení. (31)

Toxikologické vlastnosti

Přes potravní řetězce se biologické formy mědi (anorganické soli a organické komplexy) dostávají do vyšších organismů. (31)

Lidský organismus je schopen vstřebat trávicím traktem cca 50% Cu přijaté potravou. Nevstřebaňá měď je pak vylučována především žlučí. V organismu jsou akumulačními centry zejména játra, mozek a ledviny. (31)

Pro organismy je Cu esenciálním prvkem (potřebná denní dávka pro dospělý lidský organismus činí 2 – 5 mg). Ve vysokých dávkách je ovšem toxická. „*Inhalace prachu a výparu solí Cu způsobuje podráždění nosní dutiny, inhalace výparů kovové Cu způsobuje nevolnosti, bolesti žaludků, průjmý.*“ (31)

Dlouhodobé expozice sulfátu mědi mají za následek usazování Cu v plicích. Může docházet k rozvoji plicní fibrózy, případně k tvorbě nádorů v oblasti plic a jater. (31)

Chrom Cr

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Vyskytuje se ve všech oxidačních stavech, ale jen Cr^{3+} a Cr^{6+} jsou významné. Většina trivalentních sloučenin Cr je rozpustná ve vodách o nízké hladině pH. Mohou vznikat i stabilní Cr komplexy, např. s aminovými kyselinami a proteiny. Chrom jako

takový je běžným prvkem v přírodě. Bývá však většinou nemobilní. V půdách se vykytuje ve většině případů jako chromát o koncentraci 10 – 10 mg/kg. V povrchových vodách se koncentrace pohybuje v rozmezí 1 – 10 µg/l. (31)

Toxikologické vlastnosti

Chrom je pro organismus esenciálním prvkem. Jeho deficit má za následek cukrovku, arteriosklerózu a růstové problémy. Riziko kontaminace životního prostředí chromem se odvíjí od oxidačního stupně chromu. (31)

Orální příjem se děje ve většině případů potravou ve formě Cr^{3+} . Samotná absorpce Cr skrze epitel trávicího traktu je závislá na povaze Cr^{3+} komplexů. Dermální kontakt s Cr může mít za příčinu vznik řady alergických reakcí. (31)

Absorbovaný Cr je pak transportován krví. Cr^{3+} se pak váže na proteiny plazmy a Cr^{6+} se akumuluje v červených krvinkách – redukuje se na Cr^{3+} - významný detoxikační mechanismus. Krví je Cr distribuován do jednotlivých tkání a orgánů. Nejvíce je ho akumulováno v plicích, ledvinách játrech a slezině. (31)

Dlouhodobá inhalace chromatového prachu má za následek narušení nosní přepážky, vznik vředů a ztrátu čichu. (31)

Jedním z nejzávažnějších účinků chromu na lidský organismus je účinek karcinogenní. U dlouhodobých expozic jsou evidovány rakoviny plic. Dále také byly evidovány nádory zažívacího traktu a kůže. (31)

Mangan Mn

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Mangan se vyskytuje v půdě a to nejčastěji ve formě oxidů, uhličitanů nebo také křemičitanů. (31)

Toxikologické vlastnosti

Pro organismy je mangan esenciálním prvkem. Jeho doporučená denní dávka odpovídá 2 – 8,8 mg (WHO, 1973). Ve větších množstvích je Mn toxický. Toxicita manganu je všeobecně závislá na jeho biologické dostupnosti a formě výskytu. Požitý

Mn nemá ve většině případů negativní účinek, ale inhalovaný Mn je toxický. Dlouhodobé expozice Mn mají negativní účinky na plíce a nervový systém. Způsobují bronchitidu, záněty plic, neurologické a psychické poruchy. (31)

Mangan z hlediska karcinogenity je klasifikován třídou D – nelze klasifikovat jako lidský karcinogen z nedostatku relevantních dat. (31)

Velmi závažným onemocněním je chronická otrava manganem (manganismus). Je vyvolána elementárním manganem, ale také řadou jeho sloučenin. Začátek chronické otravy je náhlý – únava, ospalost, neklid, špatná nálada, vznětlivost. Později se objeví slabost dolních končetin, pocit nejistoty a závratě. Manganismus má především projevy neurologické povahy. Jako součást klinického obrazu se také uvádí zánět ledvin, zpomalení tepu, zvýšená funkce štítné žlázy. Manganismus je závažným onemocněním, které činí postiženého neschopného práce. Klinický obraz se může horšit i po přerušení expozice. K expozicím manganu dochází zažívacím systémem a kůží. Nejdůležitější je expozice inhalací. (31)

Nikl Ni

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Nikl lze v přírodě nalézt převážně ve formách sulfidů a křemičitanů. (31)

Toxikologické vlastnosti

Nikl jako prvek je esenciální a také biogenní. Mezi následky jeho dlouhodobé expozice patří rakovina plic, nosních dutin a vzácněji rakovina hrtanu. Nejintenzivnější karcinogenní dopad mají sulfidy a oxidy niklu. Nikl je klasifikován z hlediska karcinogenity třídou A. (31)

Zinek Zn

Fyzikálně – chemické vlastnosti

V krystalické formě je zinek modravě bílým kovem reagujícím jak s anorganickými kyselinami, tak s organickými látkami. (31)

Toxikologické vlastnosti

Zinek je jako prvek nezbytný pro řadu funkcí různých savčích enzymů. Vyskytuje se prakticky ve všech rostlinných a živočišných tkáních. Při jeho nedostatku v organismu může docházet k různým biochemickým změnám. Typickým projevem deficitu zinku je dermatitida, atrofie varlat, anorexie, úbytek hmotnosti a zpomalení růstu. (31)

Jeho karcinogenita nebyla prokázána. Spadá do klasifikace třídy D. (31)

Amonné ionty NH_4^+

Fyzikálně – chemické vlastnosti

Amonné ionty tvoří čiré bezbarvé roztoky se silným zápachem. Jsou dokonale rozpustné ve vodě a těkavé. V atmosféře se přirozeně vyskytují v nízkých koncentracích. (31)

Toxikologické vlastnosti

Do organismů pronikají amonné ionty primárně vdechováním, požitím a také dermálním kontaktem. „*Cílovými orgány při expozici jsou dýchací orgány a oči.*“ Inhalace jejich par může mít za následek závažné podráždění nebo popálení dýchacích cest, plicní edém nebo zánět. „*Kontakt s pokožkou nebo očima způsobuje silné podráždění nebo popáleniny.*“ Při ingesci amonných solí může dojít k popálení dutiny ústní a trávicího traktu. Účinky karcinogenního typu nebyly u NH_4^+ zkoumány (IRIS). (31)

1.3 Sanace a rekultivace zájmového území

1.3.1 Průběh sanačních prací v letech minulých

Rekultivační práce započaly roku 1988 na odkalištích K III u obce Olešník. Podstata rekultivačních prací spočívala v zavážení obvodu odkaliště 60 – 80 m inertním materiálem v tloušťce vrstvy 0,75 až 1 m. Současně se zavážkou byla na vyschlé pláži odkaliště pokládána geotextilie. Tento způsob rekultivace byl pak realizován i na ostatních odkalištích (K IV/D, K IV/E). Po zavezení obvodového pásma a během dalších prováděných prací se však ukázalo, že tento postup rekultivace je nevyhovující a technicky nedořešený. (30)

Roku 1996 byl realizován projekt „Technický projekt likvidace U-činností“ (TPL), který vycházel z dosavadních poznatků a zkušeností s provedenými rekultivačními pracemi. Splňoval také náležitosti požadované platnými legislativními předpisy. Po schválení TPL jednotlivými orgány státní zprávy byly vypracovány prováděcí projekty pro jednotlivá odkaliště vycházející právě ze schváleného dokumentu. Pak byly vypracovány podrobné prováděcí projekty pro provedení sanačních a rekultivačních prací odkališť K I a K III. (30)

Kritickým skupinám obyvatelstva, dle Vyhlášky č. 307/2002 Sb., odpovídají především obyvatelé obcí Olešník a Mydlovary. Největšími rizikovými faktory je možné uvolnění radionuklidů do ovzduší a příjem primárních kontaminantů cestou inhalace. Obyvatelé obcí Mydlovary a Olešník jsou exponováni vyšší průměrné roční efektivní dávkou než je stanovena Vyhláškou SÚJB č. 307/2002 sb., §56, odst. 3 pro uvolňování radionuklidů do ovzduší. Úvazek efektivní dávky z inhalací tuhých znečišťujících látek dosahoval v minulých letech až hranice 212 $\mu\text{Sv/rok}$. Lze tedy konstatovat, že z hlediska ochrany obyvatelstva jsou probíhající sanace považovány za velmi významné už jen z hlediska možných nežádoucích expozic obyvatelstva inhalací. Po dokončení rekultivačních prací na odkalištích K I, K III, K IV/D byl zaznamenán významnější pokles úvazku efektivní dávky. (30, 35)

1.3.2 Primární vlivy sanace

Řešení kontaminace podzemních vod

Jednou z významných potencionálních cest uvolňování kontaminantů do životního prostředí jsou právě průsaky vod odkališť. V současné době je aktuální zejména kontaminace rozsáhlého pole podzemních vod ve vazbě na odkaliště K III. Akutní riziko ovlivnění zdraví obyvatel a ekosystémů není v současnosti sice reálnou hrozbou, ale problém si žádá své řešení. (22)

Snížení emisí

Vysychající pláže uloženého rmutu představují typ materiálu s vysokým až extrémně vysokým emisním rizikem. Jedná se zejména o emise radonu a některých těžkých kovů, které ohrožují obyvatelstvo v bezprostředním okolí odkališť. (22)

Zabezpečení hygienických požadavků

Pro obyvatele okolních obcí (Mydlovary, Zahájí, Olešník) vzniká reálné riziko inhalace některých kontaminantů v podobě prašného spadu. V neposlední řadě působení radonu ze vzduchu a celkové zevní expozice radionuklidy. Tato rizika jsou způsobena zejména uvolňováním radionuklidů z jednotlivých kalojemů, vzosností prachu a sekundární prašností (vzniká manipulací s rekultivačními materiály). Rekultivace byla stanovena jako nutné opatření k eliminaci výše zmíněných zdrojů, které jsou z hlediska vzniklých rizik považovány za nejzávažnější. (22)

1.3.3 Sekundární vlivy sanace

Za možné sekundární vlivy sanačních prací lze předpokládat: (22)

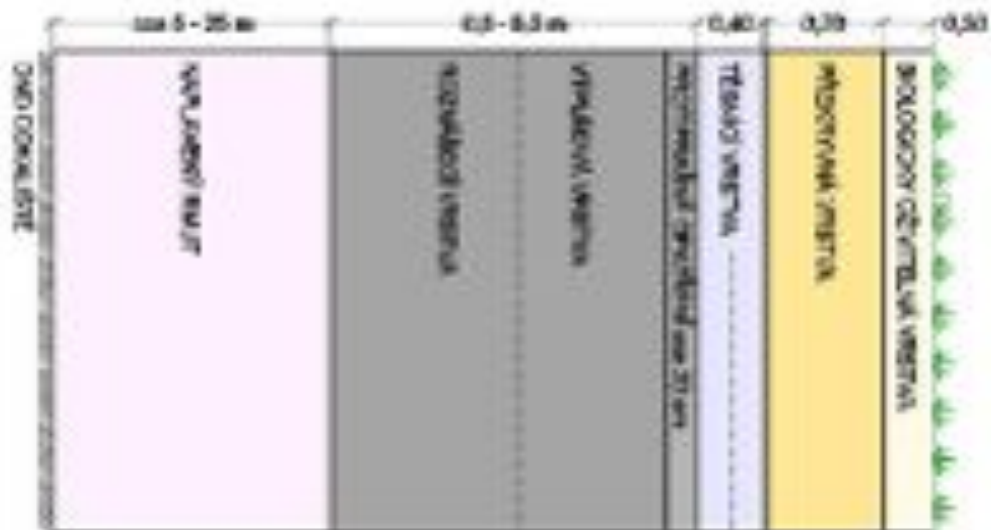
- Omezení nežádoucího ovlivňování kvality vod v dotčených vodních tocích a rybnících
- Reaktivace původního hydrologického režimu
- Možné začlenění poškozeného území zpět do krajiny bez výrazného narušení existujících biotopů této lokality

1.3.4 Koncepce další sanace a rekultivace

Samotný proces sanace a rekultivace jednotlivých odkališť MAPE Mydlovary je poměrně složitou technickou a organizační záležitostí. Projekt sanace začal roku 2001 přípravnými pracemi na předkládanou investiční akci. Termín dokončení projektu sanace se předpokládá do roku 2024. (22)

Základní koncepcí rekultivačních prací je předpoklad, že v konečných fázích budou všechna odkaliště překryta vrstvou rekultivačního materiálu a tím eliminována většina z jejich možných vlivů na složky životního prostředí. Tedy výrazná redukce vlivu odkališť na kvalitu ovzduší, snížení prašnosti, redukce emisí radonu, postupné zlepšení jakosti podzemních vod v okolí odkališť, vybudování vegetačního krytu na ploše rekultivovaných odkališť a tím i jejich začlenění do krajiny. Samotná podstata sanace spočívá zejména v překrytí jednotlivých odkališť za účelem zamezení vlivu uložených přírodních radionuklidů a ostatních kontaminantů na okolní životní prostředí. Pro realizaci tohoto překrytí je třeba zajistit likvidaci volných vod odkališť a také odpovídající přetvarování vnitřní plochy odkališť. V případě vlastního areálu chemické úpravy se jedná o práce spočívající v odstranění nepotřebných objektů a odstranění kontaminace horninového prostředí v závislosti na účelu dalšího využití pro průmyslové účely. (22)

Obrázek 3: Obecné schéma sanace (28)



Tabulka 12: Popis jednotlivých sanačních vrstev (28)

Naplavený rmut	Jedná se o vylouženou uranovou rudu, která byla plavena do odkališť z hrází. V případě vyloužené uranové rudy z kyselé linky byla tato neutralizována. Mocnost naplavené rmutu se liší u jednotlivých odkališť podle jejich založení a výšky hrází, největší mocnost dosahuje u odkaliště KIV/E – místně přes 40 m
Roznášecí vrstva	Roznášecí vrstva je součástí některých projektů sanace odkališť skupiny IV. Jedná se o vytvoření pojízdné (roznášecí) vrstvy z pneumatik, drcených pneumatik a dalších materiálů nad polotekutým až tekutým obsahem odkaliště, která umožňuje provádět sanaci. V podstatě se jedná o součást výplňové vrstvy.
Výplňová vrstva	Jedná se vrstvu nad naplavenou vylouženou uranovou rudou v mocnosti odpovídající konečnému tvaru sanovaného odkaliště tak, aby umožňoval odtok srážkových vod. Součástí výplňové vrstvy je roznášecí vrstva. Vrchní vrstva výplňové vrstvy na obrázku označené jako protiprašné opatření je poněkud zavádějící. Jedná se o vrstvu, která je velmi důležitá z hlediska toho, že na ní je pokládáno minerální těsnění (těsnící vrstva).
Těsnící vrstva	Jedná se o vrchní izolaci odkaliště od okolí, která zabraňuje dotaci odkaliště srážkovými vodami a tedy dalšímu vyluhování uložených materiálů (včetně sanačních). Používá se minerální těsnění o minimální mocnosti 0,4 m, pokládáno je dvou vrstvách.
Překryvná vrstva	Jedná se o krycí vrstvu, která zabraňuje vysychání těsnící vrstvy a tím ztráty její funkčnosti. Ve všech případech je volena o mocnosti 0,7 m s ohledem na skutečnost, že konečná volba biologické rekultivace u všech odkališť je volena travní (louka), bez hluboko kořenících rostlin.
Biologicky oživitelná vrstva	Jedná se o konečnou vrstvu o mocnosti 0,3 m, která je dostatečná pro biologickou rekultivaci travním osemem, včetně následné péče.

1.3.5 Současná situace projektu sanace MAPE Mydlovary

V současné době zůstávají jednotlivá odkaliště bývalé úpravny vodohospodářskými díly ve znění zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Také jsou klasifikovány jako významný zdroj ionizujícího záření ve smyslu zákona č. 18/97 Sb. (atomový zákon). S ohledem na svou konstrukci, ekologický původ a hydrologické poměry jsou tato odkaliště významnou ekologickou zátěží pro své okolí. Z těchto výše zmíněných důvodů je vlastník povinen až do ukončení sanačních a rekultivačních prací zajistit plnění následujících hlavních úkolů: (30, 36, 37)

- Provádět údržbu jednotlivých odkališť tak, aby jejich stav neohrožoval bezpečnost osob, majetku a jiných chráněných zájmů
- Zajistit na odkalištích odborný dohled technicko-bezpečnostního rázu
- Dodržovat podmínky schváleného provozního a manipulačního řádku odkališť
- Monitorovat vlivy odkališť na složky životního prostředí podle schváleného programu

Po ukončení všech sanačních a rekultivačních prací by měla jednotlivá odkaliště ztratit status vodohospodářských děl na základě rozhodnutí příslušného vodohospodářského orgánu. (30)

2 Hypotézy a metodika výzkumu

2.1 Cíle práce

Prvním cílem práce je vyhodnocení toxických rizik (rizika neradiačního charakteru) z provozu bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary.

Druhým cílem práce je rozlišit chemicky-toxické účinky uranu na lidský organismus, popsat a vyhodnotit rizika chemických látek používaných při úpravě uranových rud (např. kyseliny, rozpouštědla).

Třetím cílem práce je vyhodnotit možná rizika plynoucí z druhotného využití sanovaných půd v MAPE Mydlovary a rizika průsaků kontaminovaných vod odkališť.

2.2 Výzkumné otázky

Byli zaměstnanci bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary vystaveni dodatečnému riziku chemické toxicity?

Je způsob a charakter rekultivačních a sanačních prací prováděný v MAPE Mydlovary efektivní z hlediska redukce negativních vlivů na zdraví obyvatel v okolí?

2.3 Metodika výzkumu

Zpracování mé diplomové práce na téma „**Otázky chemické toxicity v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary**“ je možné rozdělit do několika pracovních kroků.

Prvním a základním krokem zpracování mé diplomové práce bylo podrobné seznámení se s dotčenou oblastí a v ní zkoumanou problematikou. Za tímto účelem jsem po několika týdnech, od samotného schválení tématu této práce, kontaktoval státní podnik Diamo s žádostí o poskytnutí dostupných informací a dokumentů, které by mohly souviset s tématem této diplomové práce. V této souvislosti jsem byl odkázán na vedoucího provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary – pana Josefa Vacka.

Po dostavení se na termín sjednané návštěvy státního podniku Diamo, v areálu bývalé uranové úpravny MAPE Mydlovary, jsem byl seznámen s širokým spektrem

informací. Byly mi poskytnuty obsáhlé informační materiály jak v papírové, tak digitální formě. Dále jsem byl seznámen s řadou různých mapových podkladů. Závěrem mé návštěvy byla prohlídka bývalého areálu úpravny a jeho okolí.

Následujícím krokem bylo projít veškeré nabyté materiály. Po seznámení se podrobněji, prostřednictvím těchto materiálů, s chodem bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary a principy chemické úpravy uranových rud jsem začal mít určitý teoretický přehled o dané problematice.

Na základě načerpaných teoretických vědomostí, jsem zúžil oblast zájmu. Zaměřil jsem se pouze na zkoumání oblastí, které měli přímou souvislost s cíli této práce. Toto zkoumání bylo zaměřeno na chemicky-toxické účinky uranu a jeho sloučeniny, chemické látky používané při úpravě uranových rud a kvalitu a směr šíření spodních vod v širším zájmovém území bývalé chemické úpravny MAPE Mydlovary.

Jednalo se o velmi různorodé spektrum informací, které nebylo možné získat z jednoho určitého zdroje. Proto jsem zkontaktoval několik státních organizací s žádostí o konzultaci dané problematiky. Mezi tyto organizace patřily Státní ústav radiační ochrany v Praze, Odštěpný závod GEAM v Dolní Rožince a Krajskou hygienickou stanici Jihočeského kraje v Českých Budějovicích.

Po konzultaci s paní Ing. Věrou Bečkovou ze Státního radiačního ústavu v Praze, jsem se na základě poskytnutých materiálů a sdělených informací rozhodl pro zpracování jakéhosi přehledu již realizovaných studií, zabývajících se chemickou toxicitou oxidu uraničitého (UO_2), oxidu uranového (UO_3) a diuranátu amonného ($(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$) na živých organismech. A na základě tohoto přehledu a vněm uvedených výsledných projevů chemické-toxicity jednotlivých sloučenin, vyvodit obecný účinek chemické-toxicity uranu na lidský organismus.

Odštěpný závod GEAM v Dolní Rožince jsem rovněž osobně navštívil. Setkal jsem se zde s vedoucím zdejšího střediska výroby uranu (chemická úpravna uranových rud v Dolní Rožince) panem Ing. Bohumilem Velenem. Ten mě provedl a obeznámil s chodem chemické úpravny v Dolní Rožince. V této souvislosti mi dále poskytl většinu reglementů jednotlivých procesů chemické úpravy uranu v Dolní Rožince a také

aktuální bezpečnostní dokumentaci používaných chemických látek. Provedl jsem analýzu bezpečnostní dokumentace používaných chemických látek a jejich bezpečnostních listů. Tato analýza měla za výsledek ucelený přehled všech chemických látek používaných v neměnném procesu chemické úpravy uranových rud. Jednotlivé látky byly doplněny o možná nebezpečí pramenící z nakládání s těmito chemickými látkami.

Na žádost konzultace problematiky kvality vod a půd v širším zájmovém území MAPE Mydlovary na Krajské hygienické stanici Jihočeského kraje v Českých Budějovicích mi bylo sděleno vedoucím odboru hygieny obecné a komunální panem MUDr. Vratislavem Heinigem, abych se ve věci zátěže životního prostředí obrátil opět na státní podnik DIAMO. Tedy opět jsem tuto problematiku konzultoval s vedoucím provozu rekultivací a likvidačních prací Mydlovary – panem Josefem Vackem. Ten mi zajistil přístup k průměrným hodnotám stávajícího monitoringu podzemních vod v širší zájmovém území. Po analýze a srovnání těchto výsledků se související legislativou vyvstala také potřeba určení směru šíření těchto vod.

Určení směru šíření probíhalo na základě analýzy a vyhodnocení konkrétních dat. Data byla převážně hydrologického a geologického charakteru. Na základě těchto dat a mapových podkladů jsem vytvořil výsledné schéma šíření podzemních vod v širším zájmovém území.

Diplomová práce je výsledkem kvalitativního zkoumání. Veškerá výsledná data jsou zanesena do tabulek, grafů a mapových schémat doplněných příslušným komentářem.

3 Výsledky

3.1 Projevy chemické toxicity uranu

Za zdravotní rizika plynoucí z chemické toxicity uranu se považují ty, která prokazatelně nesouvisí s ionizujícím zářením. Avšak tento fakt se nedá vždy jednoznačně potvrdit, nebo vyvrátit. Proto je tato problematika v současné době stále předmětem zkoumání. Prozatím tedy nebyly pevně rozlišeny a stanoveny projevy chemické toxicity uranu na lidský organismus.

Z výše zmíněného důvodu nelze s jistotou určit projevy chemické toxicity uranu na lidský organismus. Ale v souvislosti s tématikou této práce a dostupných dat byla provedena druhotná analýza a sumarizace poznatků doposud realizovaných studií – zabývajících se projevy chemické toxicity oxidu uraničitého (UO_2), oxidu uranového (UO_3) a diuranátu amonného ($(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$) na živých organismech.

Výsledky této analýzy a četnost projevů na konkrétních systémech živých organismů jsou uvedeny v následujícím přehledu:

Tabulka 13: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

UO₂ a UO₃						
Inhalace 1						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/m³)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Potkan	1 x 100 min	5051	Respirační	Několik alveolárních fibróz	Oxid uraničitý	Morris et. Al. 1990
Potkan	1x	44	Imunitní	Zvýšená aktivita makrofágů	Oxid uraničitý	Morris et. Al. 1989
Potkan	1x	132	Imunitní	Zvýšená aktivita makrofágů	Oxid uraničitý	Morris et. Al. 1992
Potkan	4 týdny/ 6 dnů v týdnu/ 6 hodin denně	16	Respirační	Mírné degenerativní změny v plicní tkáni	Oxid uranový	Rothstein 1949c
			Kardiovaskulární	Nárůst myeloblastů a lymfoidních buněk kostní dřeně		
			Renální	Mírná až těžká tubulární nekróza		
Potkan	5 týdnů/ 6 dnů v týdnu	19,4	-	-	Oxid uraničitý	Rothstein 1949b
Myš	5 týdnů/ 6 dnů v týdnu	19,4	-	-	Oxid uraničitý	Rothstein 1949b
Morče	5 týdnů/ 6 dnů v týdnu	19,4	-	-	Oxid uraničitý	Rothstein 1949b

Tabulka 14: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

UO₂ a UO₃						
Inhalace 2						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/m³)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Pes	4 týdny/ 6 dnů v týdnu/ 6 hodin denně	16	Respirační	Mírné degenerativní změny v plicní tkáni	Oxid uranový	Rothstein 1949c
			Renální	Mírná až těžká tubulární nekróza		
Pes	5 týdnů/ 6 dnů v týdnu	9,2	Renální	Mírná tubulární degenerace	Oxid uraničitý	Rothstein 1949b
Králík	4 týdny/ 6 dnů v týdnu/ 6 hodin denně	16	Respirační	Konsolidace a krvácení v plicní tkáni	Oxid uranový	Rothstein 1949c
			Hepatický	Mírná steatóza jater		
			Renální	Mírná až těžká tubulární nekróza s degenerací		
Králík	5 týdnů/ 6 dnů v týdnu	19,4	Renální	Těžká tubulární nekróza	Oxid uraničitý	Rothstein 1949b
			Tělesná hmotnost	Nespecifický pokles tělesné váhy		

Tabulka 15: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

UO₂ a UO₃						
Inhalace 3						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/m³)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Morče	7 měsíců/ 33 hodin týdně	10	-	-	Oxid uraničitý	Stokinger et al. 1953
Králík	7 měsíců/ 33 hodin týdně	10	-	-	Oxid uraničitý	Stokinger et al. 1953
Opice	5 let/ 5 dnů v týdnu/ 5,4 hodin denně	5,1	Respirační	Velmi mírná hyalinní fibróza plic	Oxid uraničitý	Leach et al. 1970, 1973
Potkan	1 rok/ 33 hodin týdně	10	-	-	Oxid uraničitý	Stokinger et al. 1953
Pes	5 let/ 5 dnů v týdnu/ 5,4 hodin denně	5,1	Respirační	Fibróza plicní tkáně	Oxid uraničitý	Leach et al. 1970, 1973
Pes	1 rok/ 33 hodin týdně	10	Renální	Mírná tubulární degenerace	Oxid uraničitý	Stokinger et al. 1953

Tabulka 16: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

(NH₄)₂U₂O₇						
Inhalace						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/m³)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Králík	30 dnů/ 6 hodin denně	6,8	-	Smrtelná dávka	Diuranát amonný	Dygart 1949b
Potkan	30 dnů/ 6 hodin denně	6,8	Respirační	Intersticiální pneumonie	Diuranát amonný	Dygart 1949b
			Kardiovaskulární	Úbytek červených krvinek a hemoglobinu		
			Renální	Mírná tubulární nekróza		
Králík	30 dnů/ 6 hodin denně	6,8	Respirační	Plicní edém, krvácení, nekróza	Diuranát amonný	Dygart 1949b
			Kardiovaskulární	Úbytek lymfocytů, nárůst neutrofilů		
			Renální	Těžká tubulární nekróza		
Potkan	30 dnů/ 6 hodin denně	6,8	Kardiovaskulární	Úbytek lymfocytů, nárůst neutrofilů	Diuranát amonný	Dygart 1949b

Tabulka 17: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

UO₂ a UO₃						
Ingesce						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/kg/den)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Pes	1 měsíc/ 6 dnů v týdnu	440	-	Smrtelná dávka	Oxid uraničitý	Maynard and Hodge 1949
Potkan	2 roky	12000	-	-	Oxid uraničitý	Maynard and Hodge 1949
Potkan	2 roky	12000	-	-	Oxid uraničitý	Maynard et al. 1953

Tabulka 18: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

(NH₄)₂U₂O₇						
Ingesce						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/kg/den)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Pes	30 dnů/ 6 dnů v týdnu	191	-	Smrtelná dávka	Diuranát amonný	Maynard and Hodge 1949

Tabulka 19: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

UO₂ a UO₃						
Dermálně						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/kg)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Králík	4 hodiny	458	-	-	Oxid uraničitý	Orcutt 1949
Králík	4 hodiny	666	Renální	Proteinurie	Oxid uranový	Orcutt 1949

Tabulka 20: Výsledky analyzovaných studií – data o živočišném druhu, době a cestě expozice, množství a formě chemické látky, systému a druhu projevů, zdrojové studii. *Zdroj: vlastní výzkum, (52)*

(NH₄)₂U₂O₇						
Dermálně						
Druh	Doba expozice	Množství (mg/kg)	Systém	Projevy	Chemická forma	Studie
Králík	4 hodiny	169	Renální	Proteinurie	Diuranát amonný	Orcutt 1949
Potkan	11 dnů/ 1x za den	2670	Renální	Selhání ledvin	Diuranát amonný	De Rey et al. 1983
			Dermální	Ojedinéle kožní léze		
			Tělesná hmotnost	Značná ztráta hmotnosti		

Graf 1: Absolutní četnost pozorovaných projevů v jednotlivých systémech u všech druhů (Tabulka 13 - 20). Zdroj: vlastní výzkum



Z uvedeného přehledu je více než patrné, že za cílový orgán projevů toxicity uranu lze považovat ledviny, což je podpořeno i WHO (1998b) jako primární orgán účinku gastrointestinální cestou expozice.

V ledvinách dochází nejčastěji k projevům toxicity uranu na proximálních kanálcích narušením jejich vlastní funkce zpětného vstřebávání látek (bílkovin) zpět do krve a k nekrotickým různého rozsahu, avšak ani tyto zjištěná fakta se nedají s naprostou jednoznačností přiřadit výhradně k toxicko-chemickým vlastnostem uranu.

3.2 Vyhodnocení rizik používaných chemických látek

Samotnému vyhodnocení jednotlivých rizik používaných chemických látek předcházela analýza, o které látky se bude jednat. A protože celá úpravárenská technologie MAPE Mydlovary již byla srovnána se zemí a nebyl nikdo, kdo by nás seznámil s reálným chodem úpravy, bylo třeba najít určitý ekvivalent.

Po zjištění faktu, že se technologie a proces úpravy uranových rud od minulosti příliš nezměnil, jsem byl odkázán vedoucím provozu rekultivací a likvidací Mydlovary - panem Josefem Vackem - na ještě fungující úpravnu uranových rud – Odštěpný závod GEAM Dolní Rožinka.

Po návštěvě chemické úpravy v Dolní Rožince jsem byl plně obeznámen s chodem chemické úpravy a látkami v ní užívaných. Vedoucí střediska výroby uranu – Ing. Bohumil Velen – mi poskytl veškerou potřebnou dokumentaci pro vyhodnocení rizik těchto chemických látek.

Veškeré chemické látky, se kterými se v areálu chemické úpravy nakládalo jsou uvedeny v následujícím přehledu, včetně jednotlivých rizik/nebezpečí s nimi spojenými dle aktuálního nařízení CLP (1272/2008/ES).

Tabulka 21: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Bezolovnaté automobilové benzíny	
H224	extrémně hořlavá kapalina a páry
H225	vysoce hořlavá kapalina a páry
H304	při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt
H315	dráždí kůži
H334	při vdechování může vyvolat příznaky alergie nebo astmatu nebo dýchací potíže
H336	může způsobit ospalost nebo závratě
H340	může vyvolat genetické poškození
H350	může vyvolat rakovinu
H361	podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky
H410	vysoce toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky

Tabulka 22: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Benzín technický 150/200 (DUNASOL)	
H225	vysoce hořlavá kapalina a páry
H226	hořlavá kapalina a páry
H304	při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt
H315	dráždí kůži
H319	způsobuje vážné podráždění očí
H336	může způsobit ospalost nebo závratě
H340	může vyvolat genetické poškození
H350	může vyvolat rakovinu
H361	podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky
H372	způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
H373	může způsobit poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
H411	toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky

Tabulka 23: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Čpavková voda	
H221	hořlavý plyn
H280	obsahuje plyn pod tlakem, při zahřívání může vybuchnout
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
H331	toxický při vdechování
H335	může způsobit podráždění dýchacích cest
H400	vysoce toxický pro vodní organismy

Tabulka 24: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Čpavek technický (bezvodý)	
H221	hořlavý plyn
H280	obsahuje plyn pod tlakem, při zahřívání může vybuchnout
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
H331	toxický při vdechování
H400	vysoce toxický pro vodní organismy

Tabulka 25: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Chlorid barnatý dihydrát	
H301	toxický při požití
H319	způsobuje vážné podráždění očí
H332	zdraví škodlivý při vdechování

Tabulka 26: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Kyselina dusičná 60%	
H272	může zesílit požár, oxidant
H290	může být korozivní pro kovy
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Tabulka 27: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Kyselina dusičná 60%	
H272	může zesílit požár, oxidant
H290	může být korozivní pro kovy
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Tabulka 28: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Kyselina sírová koncentrovaná - technická	
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Tabulka 29: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Kyselina sírová	
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Tabulka 30: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Motorová nafta B, D, F, tř.2	
H226	hořlavá kapalina a páry
H304	při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt
H315	dráždí kůži
H332	zdraví škodlivý při vdechování
H351	podezření na vyvolání rakoviny
H373	může způsobit poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
H411	toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky

Tabulka 31: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Síran měďnatý	
H302	zdraví škodlivý při požití
H315	dráždí kůži
H319	způsobuje vážné podráždění očí
H400	vysoce toxický pro vodní organismy
H410	vysoce toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky

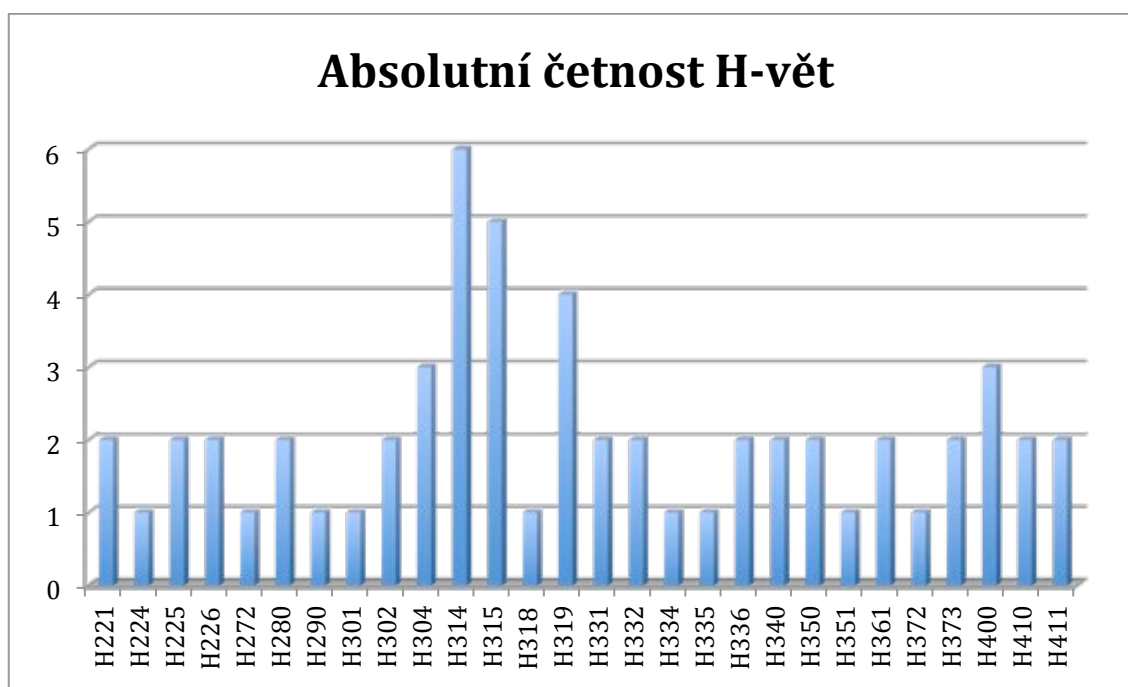
Tabulka 32: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Síran železitý (Prefloc)	
H302	zdraví škodlivý při požití
H314	způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
H315	dráždí kůži
H318	způsobuje vážné podráždění očí

Tabulka 33: Analyzovaná chemická látka, H-věty vycházející z aktuální bezpečnostní dokumentace této chemické látky. *Zdroj: vlastní výzkum, (48)*

Uhlíčan sodný	
H319	způsobuje vážné podráždění očí

Graf 2: Absolutní četnost H-vět (jednotlivých nebezpečí) všech zjištěných chemických látek (Tabulka 21 - 33). *Zdroj: vlastní výzkum*



Z výše uvedených dat je patrné, že nejčastěji se vyskytujícím rizikem u analyzovaných chemických látek, používaných při úpravě uranových rud, je nebezpečí poškození kůže a očí dráždivým nebo žíravým účinkem (H-věty: 314, 315, 319).

3.3 Míra kontaminace a směr šíření podzemních vod

3.3.1 Míra kontaminace podzemních vod

Celá oblast širšího zájmového území je pod neustálým dohledem, monitorujícím hladiny polutantů v prostředí. V souvislosti s tematikou této práce a dostupnými daty bylo vytipováno 9 vrtů v okolí obcí Olešná, Mydlovary, Zahájí a 3 další vrty ve směru města Zliv, ze kterých nám byly poskytnuty výtahy průměrných koncentrací některých složek podzemních vod. V neposlední řadě byly porovnány také průměrné koncentrace z 3 jímacích vrtů v okolí města Zliv, neboť využívá podzemní vody k pitným účelům. Přesná lokalita jednotlivých monitorovacích vrtů je uvedena v **příloze A** a lokalita některých jímacích vrtů v **příloze B** a **příloze C**.

Všechny hodnoty byly po sléze srovnány s aktuálními limity vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody a české národní normy ČSN 75 7143, která stanovuje limity vod používaných k doplňkové závlaze.

Tabulka 34: Výtah průměrných hodnot koncentrace některých složek stávajícího monitoringu (2011-2012) podzemních vod v okolí obce Olešník. Zdroj: vlastní výzkum, (49)

ukazatel	jedn.	M-15	M-16	M-30	252/ 2004 Sb.	ČSN 75 7143
pH	-	6,01(X)	6,799	4,68(X)	6,5 – 9,5	< 4,5 a > 9,0
NH ₄ ⁺	mg/l	0,23	0,175	10,32(X)	0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l	45,15	53	4705,2(X,X)	250	> 300
Cl ⁻	mg/l	8,44	8,68	75,22	100	> 400
U	mg/l	0,0095	0,0092	0,01	0,015*	> 0,05
Ra ²²⁶	Bq/l	0,0413	0,03747	0,03	1,5**	> 0,2
RL	mg/l	180,75	230,1	7740,9(X)		> 1200
Al	mg/l	0,8943(X)	1,456(X)	0,48(X)	0,2	> 20
As	mg/l	0,0067	0,0129(X)	0,01	0,01	> 0,1
Ca	mg/l	17,05	28,93	535,04(X)	30	
Cd	mg/l	0,00347	0,0032	0	0,005	> 0,02
Fe	mg/l	0,982(X)	1,62(X)	286,88(X,X)	0,2	> 100
Mg	mg/l	6,23	16,3(X)	389,41(X)	10	
Mn	mg/l	0,106(X)	0,726(X)	21,62(X,X)	0,05	> 5
Na	mg/l	9,62	20,24	630(X)	200	
Ni	mg/l	0,0295(X)	0,028(X)	0,03(X)	0,02	> 0,2
V	mg/l	0,0291	0,0292	0,04		> 0,5
Zn	mg/l	0,0304	0,0323	0,06		> 2,0

Legenda: (X) – značí překročení limitů zákona č. 252/2004 Sb. – voda pitná
(X) – značí překročení limitů české národní normy ČSN 75 7143 – voda pro závlahu

* dle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky

** dle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb.

Tabulka 35: Výtah průměrných hodnot koncentrace některých složek stávajícího monitoringu (2011-2012) podzemních vod v okolí obce Mydlovary. Zdroj: vlastní výzkum, (49)

ukazatel	jedn.	M-25	M-33	Studna č.p 55	252/ 2004 Sb.	ČSN 75 7143
pH	-	3,18(X,X)	6,19(X)	6,35(X)	6,5 – 9,5	< 4,5 a > 9,0
NH ₄ ⁺	mg/l	5,883(X)	0,131	0,2673	0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l	2352,6(X,X)	63,31	350,85(X,X)	250	> 300
Cl ⁻	mg/l	24,59	102,41(X)	193,24(X)	100	> 400
U	mg/l	0,0105	0,0116	0,0112	0,015*	> 0,05
Ra ²²⁶	Bq/l	0,0327	0,0887	0,0366	1,5**	> 0,2
RL	mg/l	3929,33(X)	454,15	1348,69(X)		> 1200
Al	mg/l	25,82(X,X)	0,28(X)	0,1919	0,2	> 20
As	mg/l	0,0083	0,006	0,0074	0,01	> 0,1
Ca	mg/l	479,35(X)	42,98(X)	180,89(X)	30	
Cd	mg/l	0,0052(X)	0,003	0,0032	0,005	> 0,02
Fe	mg/l	203,37(X,X)	18,18(X)	0,886(X)	0,2	> 100
Mg	mg/l	134,165(X)	22,89(X)	54,688(X)	10	
Mn	mg/l	51,635(X,X)	0,76(X)	3,057(X)	0,05	> 5
Na	mg/l	28,522	13,57	43,778	200	
Ni	mg/l	0,7207(X,X)	0,024(X)	0,1689(X)	0,02	> 0,2
V	mg/l	0,0345	0,028	0,0271		> 0,5
Zn	mg/l	1,8579	0,18	0,4076		> 2,0

Legenda: (X) – značí překročení limitů zákona č. 252/2004 Sb. – voda pitná
(X) – značí překročení limitů české národní normy ČSN 75 7143 – voda pro závlahu

* dle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky

** dle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb.

Tabulka 36: Výtah průměrných hodnot koncentrace některých složek stávajícího monitoringu (2011-2012) podzemních vod v okolí obce Zahájí. Zdroj: vlastní výzkum, (49)

ukazatel	jedn.	M-17	P3	P4	252/ 2004 Sb.	ČSN 75 7143
pH	-	4,5(X)	3,7(X,X)	5,49(X)	6,5 – 9,5	< 4,5 a > 9,0
NH ₄ ⁺	mg/l	3,219(X)	10,223(X)	0,2263	0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l	200,56	4635(X,X)	61,28	250	> 300
Cl	mg/l	70,42	20,19	21,06	100	> 400
U	mg/l	0,01	0,0135	0,0092	0,015*	> 0,05
Ra ²²⁶	Bq/l	0,0407	0,0337	0,0463	1,5**	> 0,2
RL	mg/l	508,96	7941,03(X)	247,81		> 1200
Al	mg/l	0,322(X)	0,1064	0,228912(X)	0,2	> 20
As	mg/l	0,0333(X)	0,0077	0,0054	0,01	> 0,1
Ca	mg/l	44,13(X)	358,65(X)	25,25	30	
Cd	mg/l	0,0032	0,0034	0,0032	0,005	> 0,02
Fe	mg/l	50,66(X)	1305,6(X,X)	3,63(X)	0,2	> 100
Mg	mg/l	16,458(X)	276,269(X)	6,712	10	
Mn	mg/l	0,996(X)	103,583(X,X)	1,186(X)	0,05	> 5
Na	mg/l	22,431	11,247	10,19	200	
Ni	mg/l	0,0297(X)	0,0276(X)	0,0346(X)	0,02	> 0,2
V	mg/l	0,0284	0,0297	0,0293		> 0,5
Zn	mg/l	0,0468	0,1264	0,0459		> 2,0

Legenda: (X) – značí překročení limitů zákona č. 252/2004 Sb. – voda pitná
(X) – značí překročení limitů české národní normy ČSN 75 7143 – voda pro závlahu

* dle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky

** dle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb.

Tabulka 37: Výtah průměrných hodnot koncentrace některých složek stávajícího monitoringu (2011-2012) podzemních vod ve směru města Zliv. Zdroj: vlastní výzkum, (49)

ukazatel	jedn.	M-39	M-40	M-41	252/ 2004 Sb.	ČSN 75 7143
pH	-	3,79(X,X)	3,54(X,X)	3,92(X,X)	6,5 – 9,5	< 4,5 a > 9,0
NH ₄ ⁺	mg/l	4,057(X)	0,768(X)	0,792(X)	0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l	2191,25(X,X)	344,88(X,X)	496,31(X,X)	250	> 300
Cl ⁻	mg/l	811,56(X,X)	25,08	46,54	100	> 400
U	mg/l	0,0137	0,0132	0,0245(X)	0,015*	> 0,05
Ra ²²⁶	Bq/l	0,0601	0,124	0,0723	1,5**	> 0,2
RL	mg/l	5092,36(X)	719,86	1040,21		> 1200
Al	mg/l	0,43(X)	4,8(X)	4,56(X)	0,2	> 20
As	mg/l	0,0033	0,0012	0,0013	0,01	> 0,1
Ca	mg/l	273,64(X)	58,54(X)	104,31(X)	30	
Cd	mg/l	0,0018	0,0018	0,0018	0,005	> 0,02
Fe	mg/l	491,52(X,X)	75,72(X)	63,34(X)	0,2	> 100
Mg	mg/l	107,66(X)	22,96(X)	37,74(X)	10	
Mn	mg/l	14,82(X,X)	4,41(X)	5,22(X,X)	0,05	> 5
Na	mg/l	655,58(X,X)	9,6	30,29	200	
Ni	mg/l	0,029(X)	0,051(X)	0,159(X)	0,02	> 0,2
V	mg/l	0,018	0,018	0,018		> 0,5
Zn	mg/l	0,131	0,078	0,29		> 2,0

Legenda: (X) – značí překročení limitů zákona č. 252/2004 Sb. – voda pitná
 (X) – značí překročení limitů české národní normy ČSN 75 7143 – voda pro závlahu

* dle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky

** dle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb.

Tabulka 38: Výtah průměrných hodnot koncentrace některých složek (2011-2012) v jímacích vrtech u města Zliv. Zdroj: vlastní výzkum, (49)

ukazatel	jedn.	S1	S2	S4	252/ 2004 Sb.	ČSN 75 7143
pH	-	6,17(X)	6,07(X)	6,13(X)	6,5 – 9,5	< 4,5 a > 9,0
NH ₄ ⁺	mg/l	0,077	0,18	0,12	0,5	
SO ₄ ²⁻	mg/l	6,33	8	8,33	250	> 300
Cl ⁻	mg/l	1,23	2,73	4,53	100	> 400
As	µg/l	<0,001	<0,001	<0,001	10	> 100
Ca	mg/l	7,67	5,67	8,67	30	
Cd	µg/l	<0,001	<0,001	<0,001	5	> 20
Fe	mg/l	0,043	1,5	0,207	0,2	> 100
Mg	mg/l	5,1	5,1	6,1	10	
Mn	mg/l	0,0083	0,137	0,037	0,05	> 5
Ni	µg/l	0,008	0,008	<0,005	20	> 200
Zn	µg/l	0,022	0,012	0,16		> 2000

Legenda: (X) – značí překročení limitů zákona č. 252/2004 Sb. – voda pitná
(X) – značí překročení limitů české národní normy ČSN 75 7143 – voda pro závlahu

Obce nacházející se v zájmové oblasti (Olešník, Mydlovary, Zahájí) jsou zásobeny pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě (zdroj Římov), neboť kvalita spodních vod nespĺňuje limity uvedené ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., aby ji bylo možné použít jako vodu pitnou. Výjimkou je město Zliv, které využívá vlastní zdroj pitné vody z jímacích vrtů (S1, S2 a S4) – dle analyzovaných dat se jedná o velmi kvalitní vodu.

Vodu pro účel závlahy je možné užívat z lokálních zdrojů v obci Olešník a Zahájí, kde spodní vody splňují limity ČSN 75 7143 pro vodu užívanou k doplňkové závlaze. To však neplatí pro obec Mydlovary, kde je kvalita spodních vod stále nevyhovující.

3.3.2 Směr šíření podzemních vod

Analýza šíření kontaminantů v širším zájmovém území a jeho okolí byla zaměřena zejména na postup kontaminace podzemních vod.

Šíření polutantů prostřednictvím spodních vod má značný podíl na jejich pronikání do dalších sfér životního prostředí.

Proto na základě mapových podkladů a dostupných dat byl vyhodnocen předpokládaný směr dalšího šíření kontaminovaných podzemních vod a riziko s ním spojené.

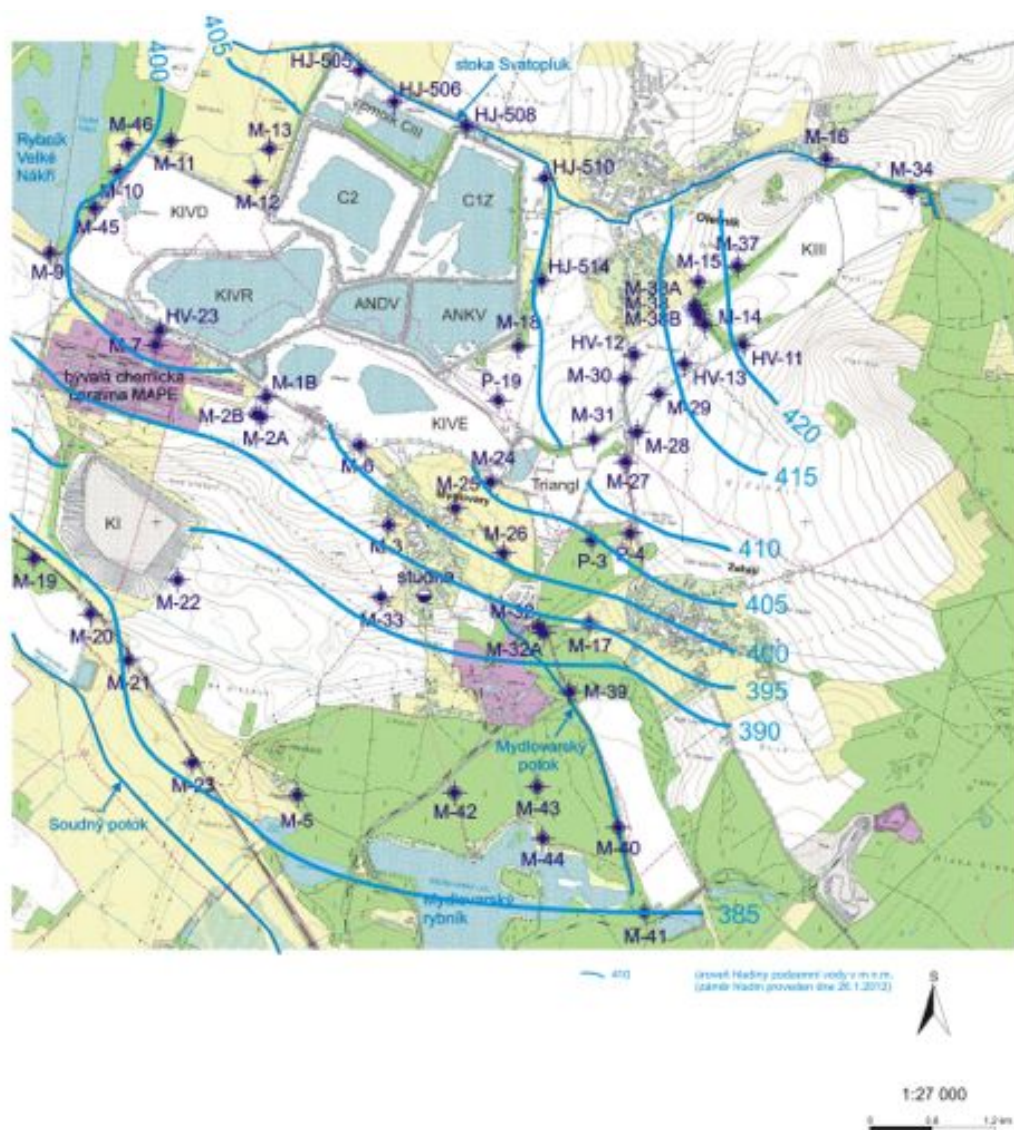
Prvním krokem bylo vyčlenit analyzované území, které lze nalézt níže:

Obrázek 4: Analyzovaná oblast šíření kontaminantů (širší zájmové území a nejbližší okolí). *Zdroj: (51)*

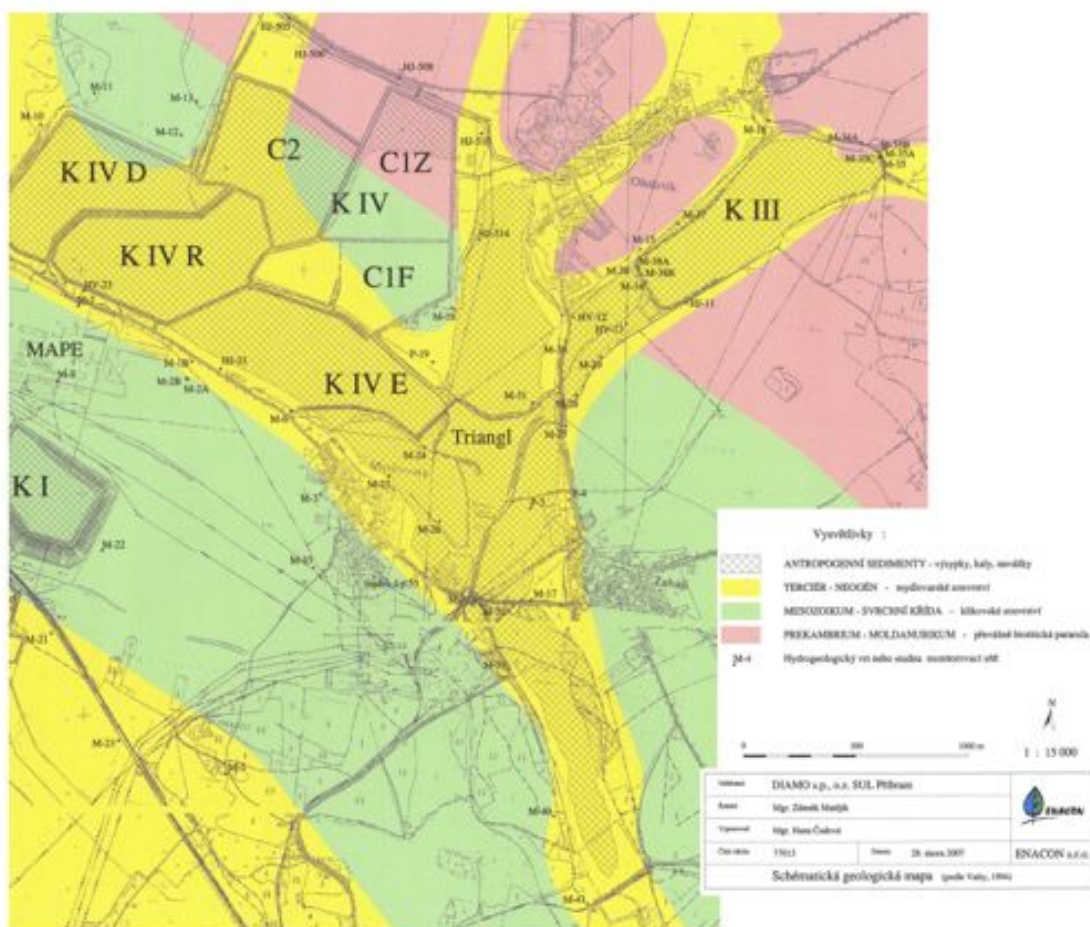


Dále bylo třeba zhodnotit relevantní informace. Za tyto informace byly považovány zejména jednotlivé úrovně hladiny podzemních vod a geologická data.

Obrázek 5: Mapa úrovní hladiny podzemních vod v širším zájmovém území. Zdroj: (50)



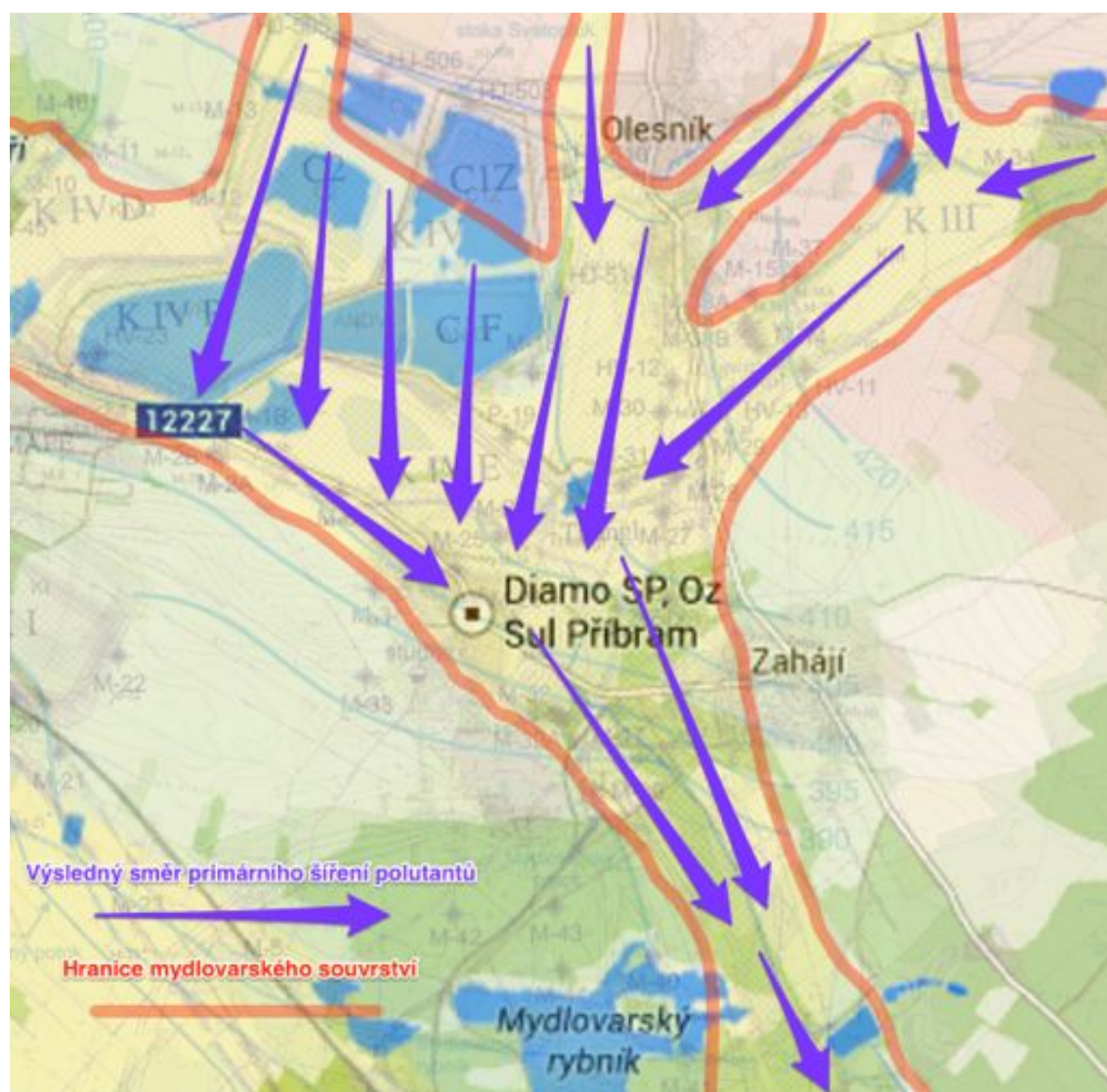
Obrázek 6: Schématická geologická mapa (širší zájmové území a nejbližší okolí). Zdroj: (50)



Po analýze jednotlivých úrovní hladiny podzemních vod a geologických dat byly následně mapové podklady proloženy, za pomoci grafického editoru, v jeden celek, na kterém byl vyhodnocen hlavní směr šíření kontaminovaných podzemních vod.

Obrázek 7: Schématická mapa hlavního směru šíření kontaminovaných podzemních vod.

Zdroj: vlastní výzkum



4 Diskuze

Diplomová práce byla zaměřena na otázky chemické toxicity v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary a blízkém okolí. Primárním cílem bylo zjistit možná rizika chemické toxicity, pramenící z provozu MAPE, na bývalé zaměstnance chemické úpravy, obyvatele přilehlých obcí a okolní krajinnou sféru. Za tímto účelem bylo potřebné analyzovat chemické látky používané při úpravě uranových rud, možné projevy chemické toxicity uranu a kvalitu spodních vod v širším zájmovém území.

Projevy chemické toxicity uranu

Analyzovat a stanovit možné projevy chemické toxicity uranu v případě lidského organismu bylo velmi obtížné, neboť dostupná data nejsou natolik relevantní, aby bylo možné vyvodit jednoznačný závěr této problematiky. Po návštěvě Státního ústavu radiační ochrany v Praze jsem danou problematiku konzultoval s paní Ing. Věrou Bečkovou. Na její doporučení jsem se rozhodl podrobit dostupné studie druhotné analýze.

V souvislosti s tematikou této práce a dostupnými daty jsem zvolil studie zabývající se pouze projevy chemické toxicity oxidu uraničitého (UO_2), oxidu uranového (UO_3) a diuranátu amonného ($(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$) na živých organismech. Právě těmto sloučeninám mohli být zaměstnanci MAPE exponováni.

Oxid uraničitý a oxid uranový jsou dvě nejčastěji se vyskytující formy uranu ve vytěžených rudách. Expozice těmto sloučeninám byla možná již v prvotních fázích procesu úpravy uranové rudy, kde probíhalo vyložení dopravené rudy, její třídění a následné drcení. Expoziční dávky zaměstnanců těmto sloučeninám nelze stanovit, protože jejich hladiny nebyly monitorovány. Lze jen konstatovat, že riziko expozice bylo jak cestou dermální, tak cestou inhalace a ingesce.

Diuranátu amonný byl výsledným produktem procesu chemické úpravy. Místem největšího rizika expozice lidského organismu touto sloučeninou byla sušárna. Zde byl realizován proces sušení a kvůli požadavkům na minimální vlhkost prostředí nebylo

možné provádět skrápění povrchů za účelem redukce prašnosti tak jako v jiných částech chemické úpravní.

Pro účely své analýzy jsem vyhledal 13 rozsáhlých studií zabývajících se problematikou uranové toxicity. Dále jsem analyzovaná, a pro účel této práce relevantní data, uvedl do souvislého přehledu, seřazeného dle exponované látky, expoziční cesty a doby samotné expozice. Na závěr jsem uvedl absolutní četnost výskytu jednotlivých projevů chemické toxicity oxidu uraničitého, oxidu uranového a diuranátu amonného na živých organismech s příslušným komentářem.

Hlavní lokací toxických projevů expozice uranových sloučenin byly systémy renální a respirační. K projevům uranové toxicity docházelo převážně v plicní tkáni. Jednalo se o degenerativní změny (v případě expozic oxidů uranu), plicní edém, krvácení a nekrózu (v případě diuranátu amonného). V renálním systému byly ve všech případech nejvážněji zasaženy uranovou toxicitou proximální kanálky ledvin. Byla narušena jejich funkce zpětného vstřebávání látek (bílkovin) zpět do krve a také docházelo k rozvoji nekrotických lézí různého rozsahu.

Dalším faktem mé analýzy je to, že veškeré pozorované projevy uranové toxicity, výše zmíněných sloučenin, byl pozorovány pouze na zvířatech. I přes vynaložené úsilí jsem nenašel žádnou z kvalitně a exaktně provedených studií, která by zkoumala tyto projevy přímo na lidském organismu. Proto lze pouze předpokládat, že tyto projevy uranové toxicity zasahující orgánové soustavy zkoumaných zvířat budou shodné i v případě lidského druhu. V neposlední řadě se lze pouze pozastavit nad faktem, proč některé z analyzovaných studií (Rothstein 1949b) nezaznamenaly žádné projevy uranové toxicity na exponovaných zvířatech? Vzhledem k době, ve které byly realizovány, se však nelze spolehnout na naprostou exaktnost těchto studií. Tedy i přes všechny skutečnosti, které tato analýza přinesla nelze jednoznačně konstatovat, že evidované projevy jsou vlivem výhradně toxicko-chemických vlastností uranu.

Vyhodnocení rizik používaných chemických látek při úpravě uranových rud

Dalším z kroků vedoucích k naplnění cílů této práce bylo vyhodnotit možná nebezpečí, která plynou z používání určitých chemických látek v procesu úpravy uranových rud.

Samotnému vyhodnocení předcházela analýza těchto látek. Komplikací však bylo to, že reglementy postupů pro zpracování uranových rud v původní uranové úpravně MAPE Mydlovary již nebyly k dispozici, a tak bylo nutné najít určitý ekvivalent. Po konzultaci tohoto problému s vedoucím provozu rekultivačních a likvidačních prací v bývalé úpravně MAPE Mydlovary, panem Josefem Vackem, jsem byl obeznámen s ne zcela jistou skutečností, že technologický proces chemické úpravy uranových rud se od ukončení činnosti MAPE příliš nezměnil. Pro ověření této informace jsem kontaktoval Odštěpný závod GEAM v Dolní Rožince, kde mi tato informace byla potvrzena. Proto jsem se rozhodl Odštěpný závod GEAM navštívit rovněž osobně. Vedoucí střediska výroby uranu, Ing. Bohumil Velen, mě obeznámil s chodem ještě stále plně fungující chemické úpravy uranových rud v Dolní Rožince a s chemickými látkami, které se při procesu úpravy aplikují. Rovněž mi byly poskytnuty aktuální bezpečnostní listy těchto chemických látek a reglementy jednotlivých procesů chemické úpravy.

Na základě všech získaných informací jsem mohl provést vyhodnocení jednotlivých rizik a nebezpečí, která plynou z nakládání s těmito látkami při procesu úpravy. Všechny používané chemické látky jsem uvedl do souhrnného přehledu s informacemi o jejich nebezpečnosti dle aktuálního nařízení Globálně harmonizovaného systému klasifikace a označování chemikálií - 1272/2008/ES. Tyto informace byly následně vyhodnoceny grafem absolutní četnosti výskytu jednotlivých nebezpečí plynoucích z použití uvedených chemických látek v procesu úpravy uranových rud.

Nejčastěji vyskytujícím se typem nebezpečí analyzovaných chemických látek bylo nebezpečí poškození kůže a očí dráždivým nebo žíravým účinkem. Konkrétně se jednalo o H-věty:

- H314: Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
- H315: Dráždí kůži
- H319: Způsobuje vážné podráždění očí

Reálnou míru rizika bývalých zaměstnanců MAPE nelze určit. Dokumentace evidence pracovních úrazů dle slov pana Vacka již není dostupná a lze se pouze domnívat jakému reálnému riziku byli bývalí zaměstnanci MAPE vystaveni. Na základě těchto informací jsem i tuto problematiku konzultoval s vedoucím střediska výroby uranu v Dolní Rožínce, panem Ing. Bohumil Velenem. Dle jeho slov jsou pracovní úrazy, při současných podmínkách BOZP, velmi ojedinělé a pokud k pracovnímu úrazu už dojde, nejedná se o nic vážného (nejčastěji lokální podráždění kůže). O skutečných podmínkách BOZP, které panovaly v bývalé úpravně uranových rud MAPE, se můžeme jen domnívat. Avšak lze s jistotou konstatovat, že v minulosti nebyly na bezpečnost práce kladeny takové požadavky, jaké jsou kladeny v dnešním pracovním prostředí. Tedy s největší pravděpodobností byli bývalí zaměstnanci MAPE vystaveni většímu riziku, než zaměstnanci současného provozu chemické úpravně uranových rud v Dolní Rožínce.

V neposlední řadě je důležité zmínit i skutečnost pokroku osobních ochranných prostředků a jejich materiálů, monitorovacích programů pracovišť, nově získaných informací o vlastnostech používaných chemických látek. To vše se podílí na výsledné hladině míry rizika, kterou bývalí zaměstnanci MAPE v minulosti podstupovali.

Kontaminace podzemních vod

Pro zhodnocení možných chemicky-toxických vlivů, na obyvatelstvo přilehlých obcí a okolní krajinnou sféru z provozu bývalé chemické úpravně MAPE, byla analyzována míra kontaminace podzemních vod a směr šíření těchto kontaminantů.

Celá oblast širšího zájmového území je neustále pod dohledem programu monitorování. Program je zaměřena zejména na monitoring úrovně kontaminace podzemních vod. Monitoring kontaminace podzemních vod je realizován za pomoci více jak 65 hlubinných vrtů, které pokrývají celé širší zájmové území.

Na základě dostupných dat a cíle této práce bylo vybráno 9 vrtů v okolí obcí Olešník, Mydlovary, Zahájí a 3 další vrty ve směru města Zliv. Z těchto vrtů mi byla poskytnuta poslední naměřená data od s.p. DIAMO v podobě výtahu průměrných hodnot koncentrací některých složek. Průměrné koncentrace jednotlivých složek podzemních vod byly následně uvedeny do tabulkového přehledu, rozděleného na koncentrace jednotlivých složek podzemních vod a místa měření – označení vrtu. Následně byl tabulkový přehled ještě doplněn daty průměrných koncentrací z 3 jímacích vrtů, lokalizovaných v okolí města Zliv. Data z těchto vrtů byla doplněna k tabulkovému přehledu zejména z toho důvodu, že město Zliv je výjimkou - využívá vlastní zdroj pitné vody z jímacích vrtů. Obce v okolí bývalé chemické úpravy MAPE jsou zásobeny pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě (zdroj Římov).

Závěrečným krokem bylo srovnání výtahu průměrných koncentrací některých složek s aktuálními limity vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. A také srovnání s aktuálními limity české národní normy ČSN 75 7143 udávající maximální přípustné koncentrace vod používaných k doplňkové závlaze.

Z výsledků této analýzy je zjevné, proč musí být obce Olešník, Mydlovary a Zahájí zásobeny pitnou vodou z veřejné vodovodní sítě. Kvalita podzemních vod v jejich okolí výrazně přesahuje limity jednotlivých složek stanovených vyhláškou č. 252/2004 Sb. A v takovém případě se podzemní vody dle zákona 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví, nesmí k pitným účelům použít. Voda by mohla být použita jako pitná na základě rozhodnutí příslušného orgánu veřejného zdraví a pouze v případě, že by zásobování pitnou vodou nešlo zajistit jinak a že by nedošlo k ohrožení veřejného zdraví. To vše na možnou nejkratší dobu, která nesmí přesáhnout hranici 3 let. (38)

Limity koncentrací spodních vod pro účel doplňkové závlahy, dle české národní normy ČSN 75 7143, splnily vrty v bezprostřední blízkosti obce Olešník (M-15, M-16) a Zahájí (M-17, P4). Proto je možné využívat lokální zdroje vod těchto obcí k doplňkové závlaze, bez zjevných rizik plynoucích z tohoto užití. Tato skutečnost však

neplatí pro obec Mydlovary, kde kvalita zkoumaných vod ve vrtu M-25 a v místní studni č.p. 55 výrazně přesáhla limity přípustných koncentrací síranů a rozpuštěných látek. Proto tuto vodu není možné užívat k doplňkové závlaze a v důsledku tohoto faktu byla většina lokálních studen v Mydlovarech zrušena nebo je nadále nevyužívána.

Hodnoty složek koncentrací spodních vod v jímacích vrtech (S1, S2, S4) situovaných v blízkém okolí města Zliv, kde je voda využívána jako pitná, nepřesáhly limity jak vyhlášky č. 252/2004 Sb., tak české národní normy ČSN 75 7143. Dle vyjádření Krajské hygienické stanice Jihočeského kraje se jedná o velmi kvalitní vodu.

Nyní je třeba si položit otázku, proč průměrné hodnoty koncentrací některých složek podzemních vod ve směru města Zliv (vrty M-39, M-40, M-41) značně přesahují stanovené limity vyhlášky č. 252/2004 Sb. a rovněž v některých případech také limity české národní normy ČSN 75 7143. Tyto vrty se nachází v okrajové lokalitě širšího zájmového území, a tak i koncentrace obsahu kontaminantů ve spodních vodách by měly dosahovat nejnižších možných hodnot. Tomuto faktu však neodpovídá skutečnost.

Na základě výše zmíněného podnětu jsem provedl analýzu směru proudění podzemních vod, neboť souvislost s šířením polutantů byla evidentní.

Prvním krokem analýzy směru proudění podzemních vod bylo zvolit analyzované území. Za toto území byla, v souvislosti s monitorovacími místy, zvolena oblast širšího zájmového území. Následoval sběr relevantních informací potřebných pro určení směru proudění podzemních vod. Mezi rozhodující faktory analýzy směru patřily zejména jednotlivé úrovně hladiny podzemních vod a geologická data, včetně mapových podkladů zkoumané oblasti.

Schémata geologických map a příslušné informace vyhradily oblastí našeho zájmu analyzovat směr šíření podzemních vod v sedimentech mydlovarského souvrství. Souvrství je pomyslnou spojnicí mezi jednotlivými odkališti a jímacími vrty města Zliv. Z tohoto faktu pramení potenciál určitého ohrožení kvality vod v jímacích vrtech města Zliv.

V závěrečném kroku této analýzy, kde byla vzata v potaz všechna dostupná data (složení sedimentů mydlovarského souvrství, úroveň hladiny podzemních vod, preferenční zóny měnicí směr proudění), následovalo proložení dostupných mapových podkladů v grafickém editoru a závěrečné vyhodnocení a vyznačení hlavního směru šíření kontaminovaných podzemních vod v mydlovarském souvrství.

Na základě výsledků analýzy směru šíření kontaminovaných vod v mydlovarském souvrství a hodnot průměrných koncentrací některých složek lze konstatovat několik zřejmých skutečností.

Sanační práce provedené v minulosti na odkališti KIII měli za následek redukcí negativních vlivů na kvalitu podzemních vod (viz. hodnoty **tabulka 34** vrt M-15 u zrekultivovaného odkaliště KIII a **tabulka 35** vrt M-25 u nezrekultivovaného odkaliště KIV/E) , a to i přesto, že byly částečně provedeny dle starého postupu sanace a rekultivace. Tento postup byl údajně nevyhovující a technicky nedořešený. Sanační a rekultivační práce, probíhající v současné době na zdejších odkalištích jsou již postaveny na novodobých technologických postupech. Je možné tedy předpokládat, že z hlediska redukce negativních vlivů na obyvatele přilehlých obcí a okolní krajinnou sféru budou ještě účinnější než sanační a rekultivační práce provedené v minulosti.

V poslední řadě bych rád zmínil evidentní riziko plynoucí z postupu kontaminovaných vod ve směru jímacích vrtů města Zliv. Konkrétně jímací vrt S4, nacházející se jako první v pořadí ve směru šíření kontaminovaných podzemních vod, je vystaven největšímu riziku potenciálního znehodnocení kvality této vody. Avšak dle posledního dostupného transportního modelu šíření kontaminace, zpracovaného pomocí programu MODFLOW 2000 v rámci procesoru WHI VISUAL MODFLOW a modulu proudění MT3D99, je toto riziko znehodnocení kvality vody v jímacím vrtu S4 přijatelné (viz. **příloha B** a **příloha C**).

5 Závěr

Diplomová práce se zabývala otázkami chemické toxicity v bývalé úpravně uranových rud MAPE Mydlovary a přilehlém okolí. Hlavními cíli této práce bylo analyzovat možná rizika, pramenící z provozu MAPE, jak pro bývalé zaměstnance MAPE, tak pro obyvatele přilehlých obcí a rovněž pro okolní krajinnou sféru.

Určení rizik chemické toxicity, kterým byli bývalí zaměstnanci MAPE vystaveni spočívalo v analýze chemických látek, používaných v procesu úpravy a projevů chemické toxicity uranu na živých organismech.

Mezi tyto chemické látky patřily automobilové a technické benzíny, motorová nafta, čpavek, kyselina dusičná, kyselina sírová a její soli, uhličitán sodný a chlorid barnatý dihydrát. Na základě vyhodnocení nebezpečnosti jednotlivých látek bylo zjištěno, že nejčastěji se vyskytujícím typem nebezpečí mezi používanými chemickými látkami je nebezpečí postižení kůže a očí dráždivým nebo žíravým účinkem.

Analyzovat projevy chemické toxicity uranu na živých organismech bylo velmi obtížné, neboť v současné době je o této problematice velmi malé množství dostupných a relevantních informací. Proto možné projevy byly určeny na základě jakého si přehledu jednotlivých, již realizovaných, studií. Vycházelo se ze sloučenin uranu (UO_2 , UO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$), kterým bývalí zaměstnanci MAPE mohli být exponováni a výsledným projevům chemické toxicity těchto sloučenin. Největší četnost projevů chemické toxicity uranu byla lokalizována v renálním a respiračním systému živých organismů.

Za hlavního nositele možných chemicky-toxických vlivů na obyvatele okolních obcí a přilehlou krajinnou sféru byly vytipovány spodní vody širšího zájmovém území. Z analýzy kvality a směru šíření je evidentní, že obce vyskytující se v bezprostřední blízkosti úpravny mohou podzemních vod využívat pouze k doplňkové závlaze (v obci Mydlovary nesmí voda být užívána ani k doplňkové závlaze). Dále je zde nepatrné riziko plynoucí ze směru šíření kontaminovaných vod ve směru jímacího vrtu S4 u

města Zliv, neboť voda z tohoto vrtu je využívána jako voda pitná a zhoršení její kvality by mohlo mít za následek překročení limitů stanovených vyhláškou č. 274/2003 Sb.

Závěrem bych rád zmínil skutečnost, že bývalá chemická úpravná uranových rud MAPE Mydlovary představuje v současné době stále jednu z největších ekologických zátěží na území České republiky. Sanační a rekultivační práce se významnou mírou podílí na redukci negativních vlivů úpravný a bez těchto prací by současná situace představovala reálné nebezpečí jak v oblasti ekologie, tak ochrany veřejného zdraví. Vliv bývalé chemické úpravný uranových rud MAPE Mydlovary na bývalé zaměstnance, okolní obyvatelstvo a přilehlou krajinnou sféru je problematikou velmi obsáhlou a její zkoumání je časově velmi náročné. Proto se tato práce zabývá pouze základními otázkami chemické toxicity, které pramenily z minulých let provozu chemické úpravný a ze současného stavu širšího zájmového území.

6 Seznam použitých zdrojů

Literatura:

- 1) ČSN 75 7143. *Jakost vod. Jakost vody pro závlahu*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- 2) de Rey BM, Lanfranchi HE, Cabrini RL. *Percutaneous absorption of uranium compounds*. Environ Res 30, 1983, s. 480-491.
- 3) Dygert HP. *Ammonium Diuranate*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Book Inc., 1949b, s. 666-672.
- 4) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí: Příloha č.1 Mapa zájmového území*. Brno, 2012.
- 5) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí: Příloha č.2 Chemická úprava – podrobnosti k areálu*. Brno, 2012.
- 6) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí: Příloha č.3 Odkaliště – podrobnosti k areálu*. Brno, 2012.
- 7) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí: Příloha č.53 Situace monitorovacích profilů s.p. DIAMO*. Brno, 2012.
- 8) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí: Příloha č.54 Modelové řešení proudění podzemních vod a transportní model kontaminace*. Brno, 2012.
- 9) GEOTEST A.S. *Komplexní analýza rizik areálu a odkališť s.p. DIAMO u Mydlovar včetně širšího okolí*. Brno, 2012.
- 10) HANSLÍK, Eduard a Jaroslav RŮŽIČKA. *Ekologické problémy chemických úpraven uranové rudy*. Vodní hospodářství. 1991, roč. 41, č. 7, s. 240-243.

- 11) JESENÁK, K. *Environmentálna anorganická chémia*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta UK, 2005.
- 12) Jim C.Y.. *Ecological and landscape rehabilitation of quarry site in Hong Kong*. Restoration Ecology 9(1). 2001, s. 85-94.
- 13) Leach LJ, Maynard EA, Hodge CH, et al.. *A five-year inhalation study with natural uranium dioxide dust*. Health Phys 18. 1970, s. 599-612.
- 14) Leach LJ, Yuile CL, Hodge HC, et al.. *A five-year inhalation study with natural uranium dioxide (UO₂) dust. II. Postexposure retention and biologic effects in the monkey, dog and rat*. Health Phys 25. 1973, s. 599-612.
- 15) MARHOLD, Josef. *Přehled průmyslové toxikologie*. 1. vydání. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1974, s. 768.
- 16) Maynard EA, Down WL. *Oral toxicity of uranium compounds*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Book Inc., 1953, s. 1221-1369.
- 17) Maynard EA. *Studies of the toxicity of various uranium compounds when fed to experimental animals*. In: Voegtlin IC, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds, National Nuclear Energy Series (IV)*. New York: Mc Graw-Hill Book Inc., 1949, s. 309-376.
- 18) Morris KJ, Barker CL, Batchelor AL, et al. *Dosimetric implications of pulmonary macrophage clusters observed within lungs of rats that have inhaled enriched UO₂ particles*. Environ Health Perspect 97. 1992, s. 201-208.
- 19) Morris KJ, Khanna P, Batchelor AL. *Long-term clearance of inhaled UO₂ particles from the pulmonary region of the rat*. Health Phys 58(4). 1990, s. 477-485.
- 20) Morris KJ, Townsend KMS, Batchelor AL. *Studies of alveolar cell morphometry and mass clearance in the rat lung following inhalation of an enriched uranium dioxide aerosol*. Radiat Environ Biophys 28. 1989, s. 141-154.

- 21) Orcutt JA. *The toxicology of compounds of uranium following application to the skin*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Book Inc., 1949, s. 377-414.
- 22) PBA group projekt Blata. *INVESTIČNÍ ZÁMĚR "Rekultivace a odstranění ekologické zátěže po hydrometalurgickém zpracování uranových rud v oblasti Dívčice, Mydlovary a Olešník v regionu Blata"*. Praha: PBA Group, 2004.
- 23) Rothstein A. *Uranium dioxide*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Inc., 1949b, s. 614-621.
- 24) Rothstein A. *Uranium trioxide*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Inc., 1949c, s. 635-648.
- 25) ŘEPA, Libor. *Možná rizika zneužívání radioaktivních materiálů z bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary*. Č. Bud., 2012. diplomová práce (Mgr.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH. Zdravotně sociální fakulta.
- 26) Stokinger HE, Baxter RC, Dygert HP, et al. *Toxicity following inhalation for 1 and 2 years*. In: Voegtlin C, Hodge HC, eds. *Pharmacology and toxicology of uranium compounds*. New York: McGraw-Hill Inc., 1953, s. 1370-1776.
- 27) TOMÁŠEK, Josef. *EIA 2001 – Dokumentace o hodnocení vlivu na životní prostředí stavby – Sanace, rekultivace a vyřazování odkališť po uranové činnosti na lokalitě Mydlovary*. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2001, s. 260.
- 28) TOMÁŠEK, Josef. *Problematika vlastností a kvality sanačních materiálů pro sanaci odkališť bývalé Chemické úpravny MAPE Mydlovary*. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2013, s. 28.
- 29) TOMÁŠEK, Josef, et al. *Chemická úpravna MAPE Mydlovary: Analýza rizika zahlazování následků hornické činnosti*. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2003, s. 80.

- 30) TOMÁŠEK, Josef. *Historie území: Chemická úpravná uranového průmyslu. Přílohy ke Studiu EIA: Sanace a rekultivace Mydlovary č. 1-10.* SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2001.
- 31) TOMÁŠEK, Josef. *Přílohy ke Studiu EIA: Sanace a Rekultivace Mydlovary. Příloha 22.* SMO s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2001.
- 32) Vašta V. *Zpráva o hydrogeologickém a hydrochemickém průzkumu v prostoru odkaliště CHÚ MAPE Mydlovary.* Praha: Aqutest – Stavební geologie a.s., 1994.
- 33) World Health Organization (WHO) (1998b) *World Report.* Geneva: WHO, 1998.

Legislativa:

- 34) Česko. VYHLÁŠKA Ministerstva zdravotnictví č. 252 ze dne 22. Dubna 2004 kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 2004, Částka 82, s. 5402.
- 35) Česko. VYHLÁŠKA Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307 ze dne 13. června 2002 o radiační ochraně. In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 2004, Částka 113, s. 6362-6540.
- 36) Česko. ZÁKON č. 18 ze dne 24. ledna 1997 o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů. In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 1997, Částka 5, s. 82-106.
- 37) Česko. ZÁKON č. 254 ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 2001, Částka 98, s. 5617.
- 38) Česko. ZÁKON č. 274 ze dne 7. srpna 2003 kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví. In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 2003, Částka 92.

- 39) NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2008, s. 1.

Internetové odkazy:

- 40) CALLA. Uran bude se u nás znovu těžit? [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z: http://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/uran_brozura.pdf
- 41) DIAMO. Mydlovary. [online]. [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/mydlovary>
- 42) HLASOVÁ, Eva. Podnět na ČIŽP [online]. 27. února 2003 [cit. 2011-11-08]. 2. Chemická úpravna uranové rudy Mydlovary MAPE. Dostupné z: http://www.jihoceskematomy.cz/old/informations/uran_mape.htm
- 43) HOLOUBEK, Ivan. Chemie životního prostředí IV.: Polutanty s dlouhou dobou života v prostředí [online]. 2006 [cit. 2008-15-03]. Dostupné z http://www.recetox.muni.cz/sources/prednasky/chzp_iv/chzp_iv_18.pdf
- 44) Mydlovary | DIAMO, státní podnik [online]. 2011 [cit. 2011-11-08]. Uranové rudy. Dostupné z: <http://www.diamo.cz/mydlovary>
- 45) PETRLÍK, Jindřich. Arnika. Kadmium [online]. [cit. 2014-08-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/kadmium>
- 46) Sčítání lidu, domů a bytů 2011 [online]. 2011 [cit. 2014-08-03]. Dostupné z: <http://www.scitani.cz/>
- 47) ŠVEHLA, Jaroslav. *Pohled na oblast bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE-Mydlovary u Českých Budějovic*. In: *Těžba uranu v souvislostech: Sborník příspěvků o problematice případné obnovy těžby uranu* [online]. Liberec: Nadace Partnerství, 2008 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/tezba/sbornik.pdf>

Ostatní:

- 48) DIAMO, státní podnik, odštěpný závod GEAM, 592 51 Dolní Rožinka
- 49) DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Správa uranových ložisek, ul. 28. října
184, 261 13 Příbram
- 50) Enacon s.r.o, Krčská 16, 140 00 Praha 4
- 51) Mapy Google, Dostupné z: <https://maps.google.cz>
- 52) Státní ústav radiační ochrany, v. v. i., Bartoškova 1450/28, 140 00 Praha 4

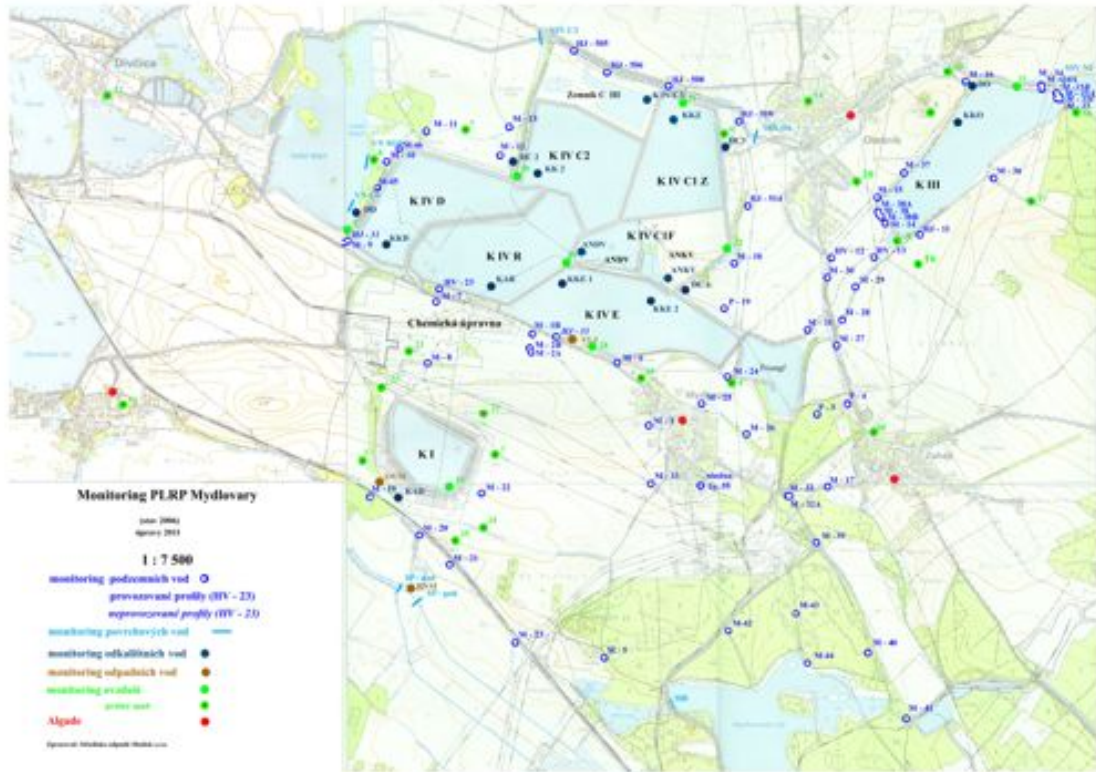
7 Přílohy

Příloha A. Situace monitorovacích profilů s.p. DIAMO

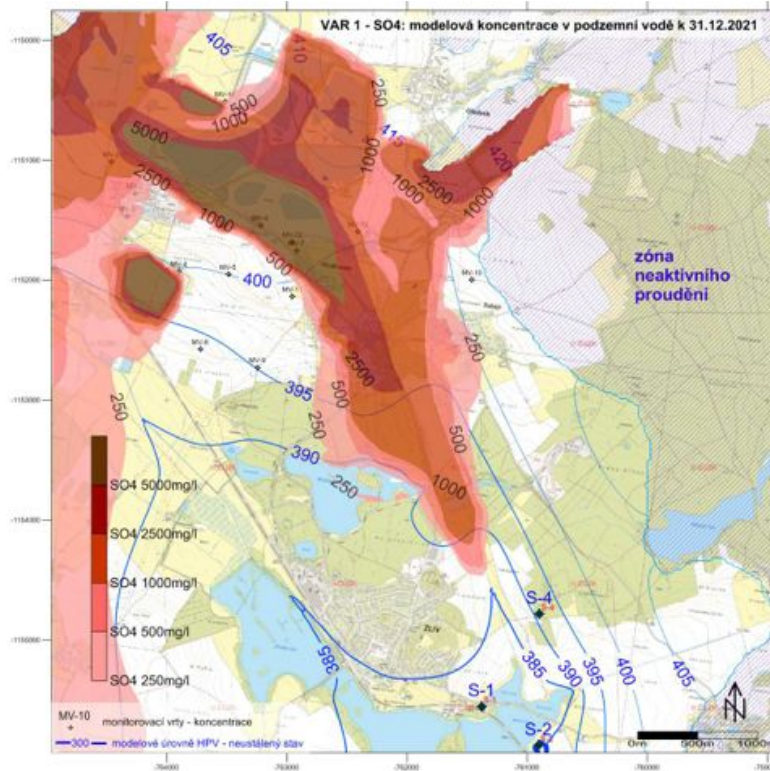
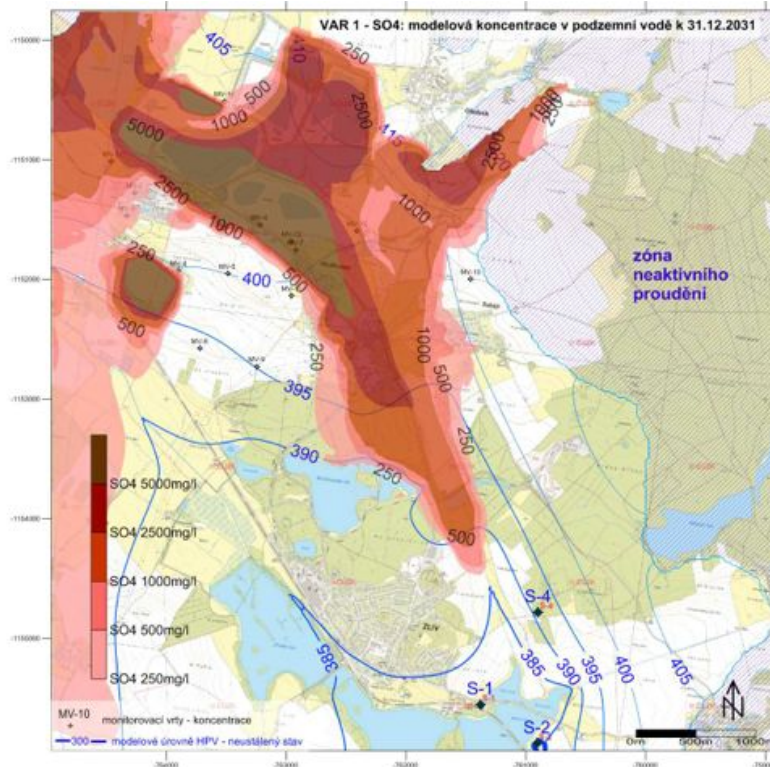
Příloha B. Modelová koncentrace SO_4^{2-} v podzemní vodě v roce 2021-2031

Příloha C. Modelová koncentrace Na v podzemní vodě v roce 2021-2031

Příloha A: Situace monitorovacích profilů s.p. DIAMO (7)



Příloha B: Modelová koncentrace SO_4^{2-} v podzemní vodě v roce 2021-2031 (8)



Příloha C: Modelová koncentrace Na v podzemní vodě v roce 2021-2031 (8)

