

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY**



**Zpracování vody produkované Podzemním  
zásobníkem plynu Háje**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: Ing. Michaela Hrabalíková, Ph.D.**

**Diplomant: Bc. Regina Lukešová**

**2017**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Regina Lukešová

Regionální environmentální správa

Název práce

Zpracování vody produkované Podzemním zásobníkem plynu Háje

Název anglicky

Processing of water produced in the Underground gas storage Háje

---

### Cíle práce

Obecným cílem této práce je shrnutí dosavadních poznatků o zpracování vody produkované v Podzemním zásobníku plynu Háje. Zejména se jedná o shrnutí poznatků o chemickém složení a způsobů odstraňování těchto vod.

Z tohoto dále plyne hlavní cíl práce, kterým je porovnání a posouzení předchozích a stávajících způsobů zpracování vyprodukované vody. Práce se bude soustředit na následující aspekty:

- kvality, dopadu na životní prostředí a to porovnáním výsledků rozborů s limity nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v aktuálním znění.
- hlediska ekonomického porovnáním dvou variant zpracování nadlimitní vody, tj. zpracování vody v úpravně vody vs. likvidace vody jako odpadu.

### Metodika

Literární rešerše bude obsahovat stručný popis podzemních zásobníků plynu, ovšem podstatná část rešerše se zaměří na shrnutí existujících studií zabývajících se úpravou a likvidací vody produkované v podzemních zásobnících plynu. Nedílnou součástí literární rešerše bude rozbor legislativy týkající se této problematiky.

Studie se bude dále zaměřovat pouze na způsob zpracování vody na konkrétním zásobníku – Podzemní zásobník plynu Háje. Kde metodická část studie se bude zabývat rozbohem návrhu koncepce současné úpravy vody, hodnotícími kvalitativními kritérii vody a stručně popíše metody použité pro ekonomické hodnocení.

Studie také popíše dříve a v současnosti používané technologie k zpracování vody produkované v Podzemním zásobníku plynu Háje. Zejména se jedná o shrnutí poznatků o chemickém složení a způsobů likvidace těchto vod.

Diskuze bude zaměřena na porovnání způsobu likvidace vod v Podzemním zásobníku Háje s dalšími zásobníky plynu nacházejících se v ČR.

Doporučený rozsah práce  
cca 50-60 stran včetně příloh

**Klíčová slova**

podzemní zásobník plynu, likvidace vody, odpady, důlní voda

---

**Doporučené zdroje informací**

Ahmaduna F.-R., Pendashteha A., Abdullaha L. Ch., Biaka D. R. A., Madaenic S. S., Abidina Z. Z., 2009:  
Review of technologies for oil and gas produced water treatment. Journal of Hazardous Materials  
170: 530–551

ČSN EN 1918-5 (38 6490): Zařízení pro zásobování plynem – Podzemní zásobníky plynu – Část 5:  
Doporučení pro povrchová zařízení.

Osička R, Zaňát J., 2012: Doporučení k nakládání s důlními vodami na PZP Třanovice a PZP Štrambersk  
Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů v platném znění

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Michaela Hrabalíková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 6. 4. 2017

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 7. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2017

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Michaely Hrabalíkové, Ph.D. a že jsem uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 13. 4. 2017

.....

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Michaele Hrabalíkové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při vypracování této práce a především celé mojí rodině za podporu a trpělivost.

V Praze 13. 4. 2017

.....

## **Abstrakt**

Tématem diplomové práce je problematika nakládání s vodami, které vznikají při provozu podzemních zásobníků plynu. V literární rešerši popisují uskladňovací soustavu zemního plynu v České republice, technické provedení podzemních zásobníků, chemické složení produkovaných vod a jejich možné kontaminanty.

Hlavním tématem práce je podzemní zásobník plynu Háje, který je nejmenším zásobníkem v České republice, ale rozhodně nejzajímavějším z hlediska technického provedení. Pro tento zásobník nebyla využita ložiska po primární těžbě plynu nebo ropy, ani již nevyužívaný důl, ale byl vyrubán v granodioritovém masivu středočeského plutonu. Způsobem vzniku je zásobník raritou a to se odráží i na jeho specifických podmínkách fungování.

Běžně je voda na zásobnících těžena spolu se zemním plynem a je tak jeho kontaminantem. Po vytěžení plynu je voda odlučována v separátorech nebo na sušení plynu. Tímto způsobem vzniká voda na PZP Háje v objemu cca 15 m<sup>3</sup>/rok. Podstatně větší množství vody je ze zásobníku vytěženo. Ročně se množství takto vytěžené vody pohybuje kolem 250 m<sup>3</sup>.

Během téměř dvaceti let fungování zásobníku se vystřídalo několik specializovaných firem a použilo se několik metod úpravy a odstraňování těchto vod. Důvodem napsání této práce je popsání a porovnání jednotlivých použitých postupů nakládání s vodami a zpracování návrhu optimalizace nakládání s těmito vodami v souladu s legislativními požadavky.

## **Klíčová slova**

podzemní zásobník plynu, likvidace vody, odpady, důlní voda

## **Abstract**

The thesis deals with the issue of waste water generated by the operation of underground gas storage facilities. The literature review describes the storage gas system in the Czech Republic, the technical design of underground storage tanks, chemical composition of produced water and possible contaminants.

The main topic of the work is the underground gas storage Háje, which is the smallest tank in the Czech Republic, but definitely the most interesting in terms of technical implementation. The deposits after primary extractions of gas or oil were not used and nor were disused mines. However, it was mined in granodiorite massif of Central Bohemian pluton. The container is thus a rarity and this is reflected in its specific functioning conditions.

Normally, the water in the tanks is mined together with natural gas and is thus a contaminant. After extraction of gas the water is separated in the water separators or during drying gas. This produces water at UGS Háje with the volume of about 15 m<sup>3</sup>/year. Substantially greater quantities of water are extracted from the reservoir. Annually the quantity of the extracted water is around 250 m<sup>3</sup>.

For almost twenty years of the reservoir several specialized companies have changed and used several methods of treatment and disposal of these waters. The reason for writing this paper is to describe and compare the various techniques used in water management and draft the optimization of the use of these waters in accordance with legislative requirements.

## **Keywords**

underground gas storage, liquidation of water, waste, mine water

## Obsah

1	Úvod.....	13
2	Cíle práce .....	14
3	Literární rešerše .....	15
3.1	Podzemní zásobníky plynu.....	15
3.1.1	Technické provedení.....	15
3.1.2	Podzemní zásobníky plynu v České republice .....	16
3.1.3	Zásobníky plynu provozující společnost iGS .....	18
3.2	Vody z podzemních zásobníků plynu.....	21
3.2.1	Studie prováděné v zahraničí .....	22
3.2.2	Studie prováděné v České republice .....	23
3.3	Složení vod produkovaných ropným a plynárenským průmyslem .....	25
3.4	Voda produkovaná z uhelných ložisek obsahujících zemní plyn .....	26
3.5	Vlastnosti důlních vod.....	27
3.5.1	Množství rozpuštěných anorganických solí (RAS).....	28
3.5.2	Ionty .....	30
3.5.3	pH .....	32
3.5.4	Konduktivita .....	32
3.5.5	Teplota.....	33
3.5.6	Obsah těžkých kovů.....	33
3.5.7	Radioaktivita .....	34
3.5.8	Celkový organický uhlík.....	35
3.6	Legislativní rámec.....	35
4	Podzemní zásobník plynu Háje.....	38
4.1	Přírodní poměry.....	39
4.1.1	Geomorfologické a hydrografické poměry .....	39
4.1.2	Geologické a hydrogeologické poměry.....	39
4.1.3	Hydraulika .....	40
4.2	Technické provedení .....	40



4.3	Vytěžená voda.....	44
4.4	Historie nakládání s vytěženou vodou .....	45
4.4.1	Filtrace .....	47
4.4.2	Biodegradace a filtrace.....	48
4.4.3	Návrh koncepce čištění odpadních vod na PZP Háje .....	50
5	Metodika.....	52
5.1	Úpravna vody .....	52
5.1.1	Hodnocená kritéria zadání .....	52
5.1.2	Zkušební provoz.....	55
5.1.3	Vyhodnocení zkušebního provozu .....	57
5.1.4	Příprava technologie .....	57
6	Současný stav .....	63
6.1	Popis zařízení a jeho umístění.....	63
6.1.1	Základní technické prvky zařízení .....	63
6.1.2	Specifikace používaných chemických produktů.....	63
6.1.3	Technologické schéma.....	64
6.1.4	Technologický postup čištění vody .....	65
6.1.5	Dávkování chemikálií – cirkulace a homogenizace kalové vody .....	66
7	Výsledky .....	68
7.1	Vyhodnocení postupů čištění na kvalitu vody .....	68
7.1.1	Metoda filtrace prováděná firmou EKOHELP .....	68
7.1.2	Návrh koncepce čištění odpadních vod na PZP Háje .....	71
7.1.3	Úpravna vody .....	72
7.2	Vyhodnocení ekonomické náročnosti .....	74
8	Diskuse.....	76
9	Závěr .....	79
10	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	83
11	Seznamy .....	88
11.1	Seznam obrázků.....	88

11.2	Seznam tabulek.....	88
11.3	Seznam fotografií .....	89
11.4	Seznam příloh .....	89
12	Přílohy .....	90

## Seznam použitých zkratk

Ag	stříbro
Al	hliník
AOX	halogenované organické sloučeniny
As	arsen
Ba	baryum
BČOV	biologická čistírna odpadních vod
BTEX	benzen, toluen, ethylbenzen, xylen
Ca	vápník
Cd	kadmium
CH <sub>3</sub> OH	methanol
CHČOV	chemická čistírna odpadních vod
ČOV	čistírna odpadních vod
Fe	železo
Hg	rtuť
CHSK <sub>Cr.</sub>	chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
Cl	chlor
Cr	chrom
Cu	měď
ICA	Inform – Consult – Aqua, Příbram, s. r. o.
iGS	innogy Gas Storage, s. r. o.
K	draslík
KNK <sub>4,5</sub>	kyselinová neutralizační kapacita
Li	lithium
Mg	hořčík
Mn	mangan
N	dusík
Na	sodík

NEL	nepolární extrahovatelné látky
Ni	nikl
NL	nerozpustné látky
P	fosfor
Pb	olovo
PCB	polychlorované bifenyly
pH	potenciál vodíku
PZP	podzemní zásobník plynu
RAS	rozpuštěné anorganické soli
RL	rozpustné látky
TEG	triethylenglykol
TOC	celkový organický uhlík
Zn	zinek
ZNK <sub>8,3</sub>	zásadová neutralizační kapacita

## 1 Úvod

Zemní plyn je směs proměnlivého složení, jehož hlavní složkou je methan. Dalšími látkami ve směsi jsou dusík, ethan, oxid uhličitý a propan. Je to bezzápachová směs (pokud není odorizována), patří mezi hořlavé plyny. Jedná se o palivo, které je určeno především k výrobě energie. Zemní plyn je fosilní palivo, které bývá označováno jako jedno z nejméně znečišťujících životní prostředí. Aby takto mohlo být označováno, je potřeba minimalizovat dopady na životní prostředí nejen při jeho používání, ale i při jeho celé cestě k zákazníkovi, tj. jeho přepravě, uskladňování a distribuci.

K uskladňování letních přebytků plynu a těžbě uskladněného plynu v zimě slouží podzemní zásobníky plynu. Při provozu podzemních zásobníků plynu je negativním jevem existence vody v těžném zemním plynu. Tyto vody vznikají odlučováním z těžného plynu, případně se těží přímo z důlního prostoru. U PZP (podzemní zásobník plynu) Hájce se voda dostává do tělesa zásobníku především průsaky přes zátky a okolí zátek z mezizátkového prostoru. V mezizátkovém vrtu musí být udržován přetlak vůči tlaku v zásobníku 0,5 MPa. Tlak je vytvářen pomocí sloupce vody a inertního plynu - dusíku.

Některé zásobníky mají povolení k zatlačení důlní vody do vodního zápolí, jiné musí řešit odstraňování těchto vod jinou cestou, mezi ně patří právě i PZP Hájce. Tento zásobník je jediný svého druhu, a proto má i jedinečné podmínky pro provozování včetně negativního vlivu, jako je vznik důlních vod ve vytěženém důlním díle. Téma práce je zvolené vzhledem k potřebě vytvoření stabilních, systémových a účinných opatření odstraňování vod v souladu s legislativními normami, posouzení všech dosavadních způsobů nakládání, finanční nákladnosti a případného využití této vody v technologickém procesu.

## 2 Cíle práce

Obecným cílem této práce je shrnutí dosavadních poznatků o zpracování vody produkované v Podzemním zásobníku plynu Háje. Zejména se jedná o shrnutí poznatků o chemickém složení a způsobu odstraňování těchto vod. Z tohoto dále plyne hlavní cíl práce, kterým je porovnání a posouzení předchozích a stávajících způsobů zpracování vyprodukované vody. Práce se soustředí na následující aspekty:

- kvality, dopadu na životní prostředí a to porovnáním výsledků rozborů s limity nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v aktuálním znění
- hlediska ekonomického porovnáním dvou variant zpracování nadlimitní vody, tj. zpracování vody v úpravně vody vs. likvidace vody jako odpadu.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Podzemní zásobníky plynu

Mezi hlavním účely zásobníků patří sezónní vyrovnávání, tzn. zvýšená spotřeba plynu v zimním období je dorovnáována těžbou ze zásobníků, do nichž se plyn ukládal v letním období, kdy je spotřeba nižší; pokrytí špiček spotřeby, kdy lze na zvýšenou spotřebu reagovat těžbou ze zásobníků; efektivita nákupu plynu za nižší ceny a následná těžba ze zásobníku v období vyšších cen; bezpečnostní zásoby pro případné omezení nebo přerušení dodávek zemního plynu ze zahraničí (iGS, 2016a).

##### 3.1.1 Technické provedení

Dle definice České technické normy jsou podzemním zásobníkem plynu veškerá podpovrchová a povrchová zařízení nutná ke skladování plynu (ČSN EN 1918-5). K tomuto účelu se využívají přírodní i uměle vytvořené prostory v podzemí, které jsou situovány mezi geologicky nepropustnými vrstvami.

Zásobníky je možné rozdělit na dva typy:

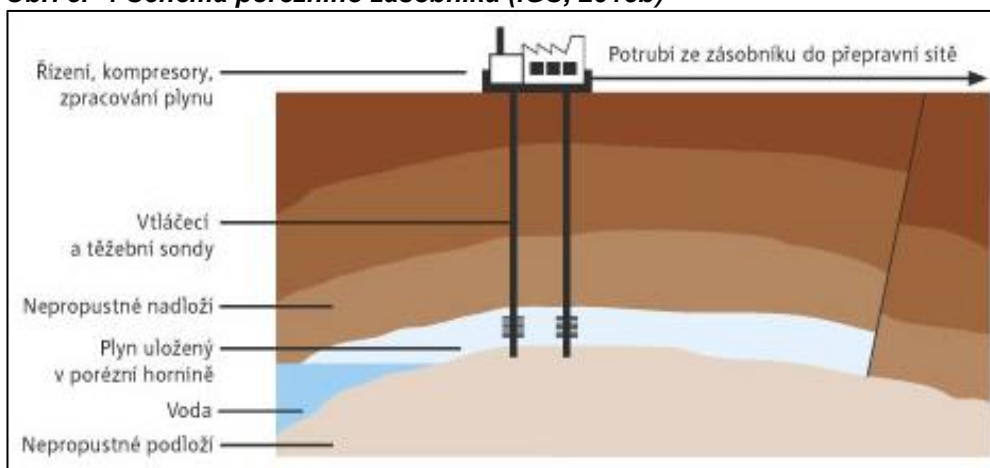
a) Porézní zásobníky

Porézní zásobníky jsou většinou tvořeny vytěženými ložisky ropy a zemního plynu. V těchto zásobnících probíhá skladování plynu v trhlinách a drobných pórech pevných hornin. Dochází tedy k navracení plynu do míst, kde již původně byl. Mezi porézní zásobníky patří i aquifery. Aquifery jsou podzemní zásobníky vody. Zatlačením vody do větších hloubek je možné tyto prostory vyplnit plynem a poté opět odtěžit (O energetice, 2016).

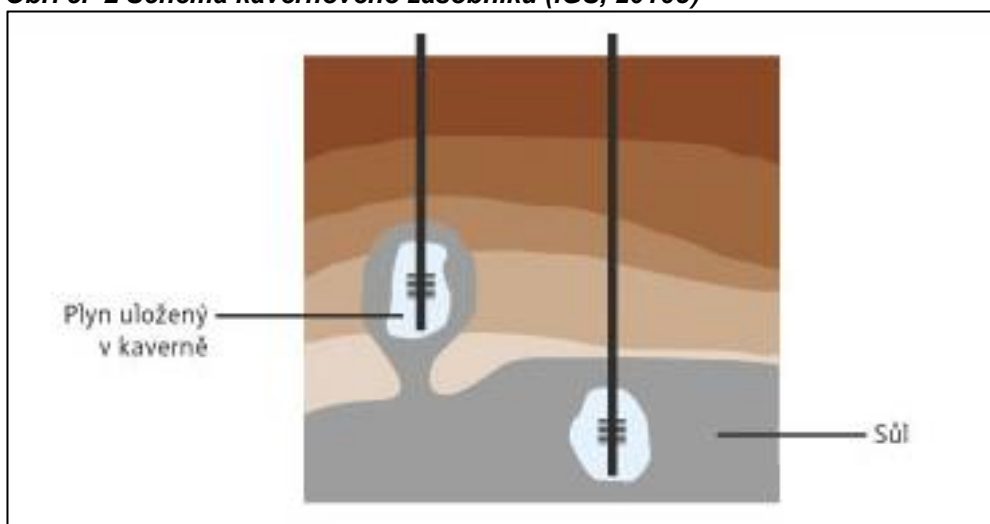
b) Kavernové zásobníky

Kavernové zásobníky jsou uměle vytvořené. Mohou to být původně solné, uhelné nebo jiné doly, případně prostory vytvořené přímo pro uskladňování plynu. Výhodou kavernových zásobníků je snadnost řízení a vysoké vtláčečí a těžební výkony (O energetice, 2016).

**Obr. č. 1 Schéma porézního zásobníku (iGS, 2016b)**



**Obr. č. 2 Schéma kavernového zásobníku (iGS, 2016c)**



### 3.1.2 Podzemní zásobníky plynu v České republice

V současnosti je v České republice celkem 10 zásobníků plynu. Šest zásobníků provozuje iGS (innogy Gas Storage) - Lobodice, Dolní Dunajovice, Tvrdonice, Štramberk, Třanovice, Háje (iGS, 2016d), dva zásobníky MND Gas Storage - Uhřice, Uhřice Jih (MND GS, 2016), jeden Moravia Gas Storage, což je společný podnik Moravských naftových dolů a Gazprom Exportu – Dambořice (Allforpower, 2016) a jeden SPP Storage - Dolní Bojanovice. Tento zásobník je na území ČR, ale je napojen na slovenskou plynárenskou síť (SPP Storage, 2016).



Obr. č. 3 Zásobníky v ČR v provozu, budované a plánované (GIE, 2015)

CZECH REPUBLIC										
026	Lobodice	RWE				N		1965		
027	Tvrdonice	RWE				N		1975		
028	Štramberk	RWE				N		1983		
029	Háje	RWE				N		1998		
030	Dolní Dunajovice	RWE				N		1989		
031	Třanovice	RWE				N		2000		
	RWE virtual storage	RWE				N		2019		
032	Dolní Bojanovice	SPP Storage	576	↑ 9,00 ↓ 7,00				1999		
033	Uhřetice	MIND Gas Storage	235	↑ 8,70 ↓ 4,50				2001		
034	Uhřetice	MIND Gas Storage	10	↑ 0,60 ↓ 0,60				2015		
035	Uhřetice	MIND Gas Storage	10	↑ 1,10 ↓ 0,30				2016		
036	Uhřetice	MIND Gas Storage	25	↑ 1,60 ↓				2017		
037	Dambořice	Moravia Gas Storage	460	↑ 7,60 ↓				2018		
038	Rožná	GSCeP	180	↑ ↓				2018		

**Operational & Investment status**

	Operational	existing facility
	Under construction	new facility / expansion / decommission
	Planned	new facility / expansion

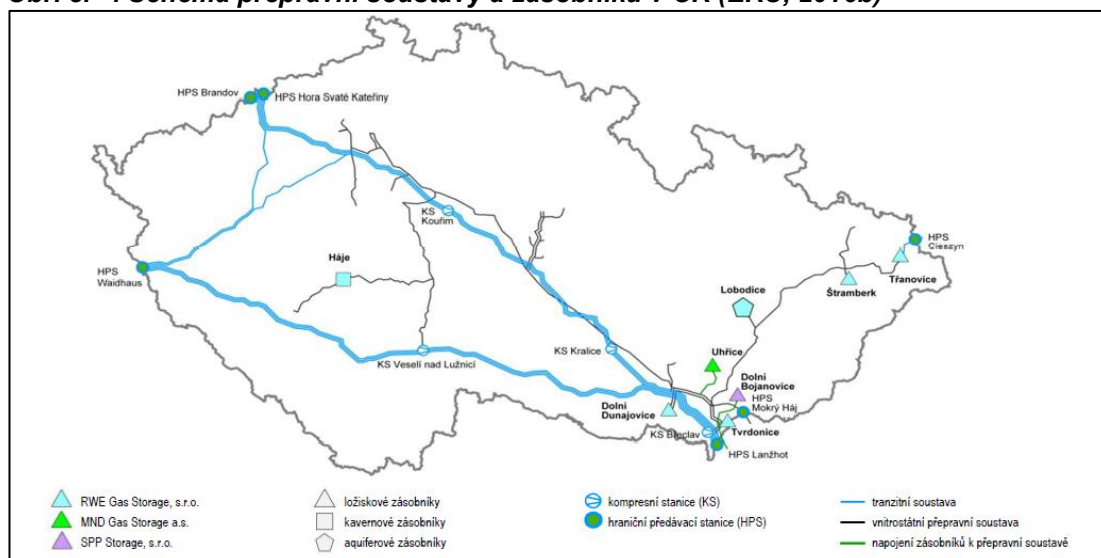
  

**Gas storage facility type**

	Acquifer		Unknown		onshore facility
	Salt cavity - cavern		Other types		offshore facility
	Depleted field / Gas field on shore / offshore				start-up year

Celková skladovací kapacita zásobníků plynu pro potřeby ČR v roce 2015 činila 2,931 mld. m<sup>3</sup>, což představovalo cca 40 procent roční spotřeby plynu v ČR. Zásobník Dolní Bojanovice patřící společnosti SPP Storage, s. r.o., s kapacitou 576 mil. m<sup>3</sup> je napojen na slovenskou plynárenskou síť, a proto není jeho kapacita započítána do celkové skladovací kapacity ČR. Technické parametry zásobníků jsou uvedeny v tab. č. 1. V roce 2015 probíhaly dokončovací práce na zásobníku plynu společnosti Moravia Gas Storage a. s. v Dambořicích. Celková kapacita zásobníku je projektovaná na 448 mil. m<sup>3</sup> plynu a těžební kapacita na 17 mil. m<sup>3</sup>/den. Zároveň byly zahájeny práce na rozšíření zásobníku plynu Uhřetice provozovaného společností MIND Gas Storage a. s., kde dojde k navýšení skladovací kapacity na 255 mil. m<sup>3</sup> a těžební kapacity na 10,4 mil. m<sup>3</sup>/den (ERU, 2016a).

**Obr. č. 4 Schéma přepravní soustavy a zásobníků v ČR (ERU, 2016b)**



**Tab. č. 1: Technické parametry zásobníků plynu v ČR (ERU, 2016a)**

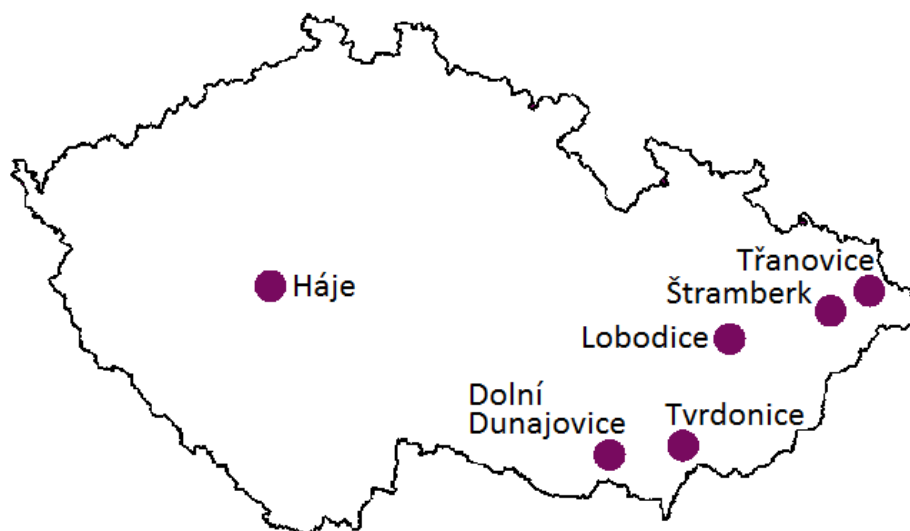
Provozovatel zásobníku plynu	Zásobník plynu	Skladovací kapacita	Maximální denní těžební výkon	Maximální denní vtláčečí výkon
		(mil. m <sup>3</sup> )	(mil. m <sup>3</sup> /den)	(mil. m <sup>3</sup> /den)
RWE Gas Storage s.r.o.	Háje	64	6,0	6,0
	Dolní Dunajovice	900	17,0	12,0
	Tvrdonice	535	8,0	8,0
	Lobodice	177	5,0	2,5
	Štramberk	500	7,0	7,0
	Třanovice	530	8,0	6,0
	<b>Celkem</b>	<b>2 696</b>	<b>51,0</b>	<b>35,0</b>
MND Gas Storage a.s.		235	6,0	2,6
<b>Česká republika celkem</b>		<b>2 931</b>	<b>57,0</b>	<b>37,6</b>
SPP Storage, s.r.o. *	Dolní Bojanovice	576	9,0	7,0

\* (napojení výhradně na slovenskou přepravní soustavu)

### 3.1.3 Zásobníky plynu provozující společnost iGS

Největší skladovací kapacitu cca 2 696 mil. m<sup>3</sup> tj. 92 % celkové skladovací kapacity vlastní společnost innogy Gas Storage, s. r. o. (do 30. 9. 2016 společnost RWE Gas Storage, s. r. o.). Tato společnost provozuje šest podzemních zásobníků plynu (4 plynová ložiska, 1 aquifer a 1 skalní kaverna), které jsou sloučeny do jednoho virtuálního zásobníku plynu (ERU, 2016a).

Obr. č. 5 Zásobníky (iGS, 2016d)



### **PZP Lobodice**

Podzemní zásobník plynu Lobodice je prvním zásobníkem na území ČR a zároveň jediným aquiferovým. Je situován 13 km jihozápadně od Přerova v Hornomoravském úvalu. Objekty zásobníku se nachází v těsné blízkosti obce Lobodice na obou březích řeky Moravy a Malé Bečvy v lužním lese. Na území tohoto lesa se nachází národní přírodní rezervace Zástudánčí.

Důvodem pro výstavbu prvního zásobníku byla potřeba uskladňování přebytků koksárenského plynu z Ostravska. Vlastní výstavba zásobníku byla zahájena v roce 1962, první vtláčení svítiplynu do zásobníku bylo provedeno v roce 1965. V roce 1995 byl odtěžen poslední svítiplyn a započala přestavba technologie. Došlo k výměně uskladňovaného média na zemní plyn.

Vlastní uskladňovací kolektor představují vrstvy hrubozrnného pískovce a slepence v hloubce 400 – 500 m o průměrné mocnosti vrstvy 12 m a pórovitosti 24%. Tyto vrstvy byly původně naplněny slabě mineralizovanou vodou, jejím odtlačení byl vytvořen zásobník plynu (iGS, 2016e).

### **PZP Tvrdonice**

Podzemní zásobník plynu Tvrdonice je situován na jihovýchodní Moravě nedaleko obce Tvrdonice asi 10 km od Břeclavi. Je prvním zásobníkem na území ČR, kde se ke skladování zemního plynu využívá původních, primární těžbou odtěžených přírodních ložisek plyných a kapalných uhlovodíků.

Před rokem 1968, kdy se ložiska zemního plynu a ropy intenzivně dobývala, vznikla myšlenka na využívání podzemních ložisek naleziště Hrušky ke skladování letních přebytků plynu a možnosti vytěžení uskladněného plynu v zimním období. Hlavními důvody byly právě narůstající rozdíly ve spotřebě v zimním a letním období a zvyšující se plynofikace.

Výstavba samotného zásobníku byla zahájena v roce 1971, zkušební provoz prvního kompresoru byl spuštěn již v roce 1973. Poslední etapa modernizace byla ukončena v roce 2005.

Ke skladování se využívá v různých hloubkách situovaných ložiskových objektů ropo-plynového naleziště Hrušky. Charakteristickým znakem PZP Tvrdonice je vysoký počet těžebně-vtláčecích a pozorovacích sond včetně speciální sondy na utrácení důlní vody.

Specifikem je, že zde souběžně probíhá v některých dalších ložiskových objektech primární těžba zemního plynu a ropy těžební společností MND, a. s. (iGS, 2016f).

### **PZP Štramberk**

PZP Štramberk se nachází v podhůří Beskyd 2 km jihovýchodně od města Štramberk.

V šedesátých letech minulého století při uhelném průzkumu byla nalezena ložiska zemního plynu v oblasti průzkumného pole Příbor – jih, která se mezi lety 1965 – 75 odtěžila. Když se v 70. letech hledala lokalita pro výstavbu podzemního zásobníku, bylo rozhodnuto využít částečně vytěžené ložisko Příbor – jih. Ložisko je situováno asi 35 km jihozápadně od Ostravy v bývalém okrese Nový Jičín, pod katastrálním územím obcí Štramberk, Kopřivnice, Ženkla, Závěšice, Rybí a Žilina na ploše asi 30 km<sup>2</sup>, v hloubce 500 – 690 m pod povrchem. Efektivní mocnost ložiska se pohybuje v rozmezí 1 -10 m.

Výstavba zásobníku započala v roce 1981, v jejímž rámci byly opraveny některé původní sondy a odvrtny nové. Všechny sondy byly propojeny sítí plynovodů a byl postaven areál závodu jako sběrné středisko (iGS, 2016g)

### **PZP Dolní Dunajovice**

Podzemní zásobník plynu Dolní Dunajovice je největším zásobníkem plynu v ČR. Komplex zásobníku se nachází pod východním úpatím Pavlovských vrchů 6 km severně od Mikulova na katastrech obcí Dolní Dunajovice, Březí a Horní Věstonice.

Při regionálním seismickém průzkumu byla objevena vhodná struktura pro akumulaci uhlovodíků, což se prvním vrtem v roce 1973 potvrdilo. Již v průběhu primární těžby zemního plynu bylo schváleno, že po odtěžení cca 50% zásob bude na struktuře vybudován podzemní zásobník plynu.

V hloubce 1050 m pod povrchem je uložena drenážní hornina plynového ložiska, kterou tvoří pískovce až prachovce, uložené místy až v sedmi hydrodynamických spojených vrstvách částečně oddělených nepravidelnými proplásky jílovců, takže tvoří jeden hydrodynamický celek. Nadloží plynonosného horizontu tvoří vápnitý jílovec (iGS, 2016h).

### **PZP Třanovice**

Nejmladší podzemní zásobník plynu Třanovice se nachází na severní Moravě, 10 km jihozápadně od města Český Těšín.

Zásobník je vybudován v prostorech bývalého ložiska plynu. Jeho výstavbě předcházelo postupné přeskladňování plynu. Výstavba byla zahájena v roce 1994, v roce 2000 byl zásobník zprovozněn. V letech 2009 – 2012 prošel rozsáhlou modernizací spojenou s rozšířením skladovací kapacity. Navýšení skladovací kapacity se dosáhlo zapojením doposud nevyužívané geologické struktury a snížením minimálního pracovního tlaku v zásobníku.

Hlavní ložiskový obzor tvoří převážně jemně až hrubě zrnité pískovce a slepence. Ložisko se nachází ve střední hloubce 445 m. Těsnění obzoru je zajištěno nadložními jíly a násunovou plochou karpatských příkrovů (iGS, 2016ch).

## **3.2 Vody z podzemních zásobníků plynu**

Důlní voda na zásobnících porézního typu, včetně aquiferů, vzniká odlučováním z těženého plynu, ať již v odlučovačích přímo na jednotlivých sondách nebo z technologie sušení a separace. Na PZP Háje (kavernový zásobník) je převážná část vody těžena pomocí čerpadel z důlního prostoru. Takto je na PZP Háje ročně vyčerpáno z důlního prostoru cca 250 m<sup>3</sup>, 7 m<sup>3</sup> vody je z kondenzace v potrubním dvoře a 8 m<sup>3</sup> je odstraněno sušením.

Na zásobnících iGS je vytěžená voda skladována v nádržích v jednotlivých centrálních areálech zásobníků.

Na zásobnících Lobodice, Tvrdonice a Dolní Dunajovice jsou odloučené vody zatláčeny speciální zatláčecí sondou na ukládání těchto vod do vodního zápolí a to na základě rozhodnutí vodoprávního úřadu.

Na PZP Štramberk a Třanovice existují dva způsoby nakládání s důlní vodou:

- a) Odstranění důlní vody jako odpadu pod katalogovým číslem 16 10 01 Odpadní vody s obsahem nebezpečných látek. Podmínkou je, aby voda neobsahovala vysoké množství ropných látek tj. vrstvu gazolinických látek na hladině ani kaly. V případě vysokého obsahu ropných látek se využívá katalogové číslo 05 01 06 Ropné kaly z údržby zařízení. Nevýhodou tohoto způsobu odstranění vod je vznik nebezpečného odpadu na jednotlivých PZP.
- b) Odstranění důlní vody jako odpadní vody v rámci zákona č. 254/2001 Sb., o vodách v platném znění. V tomto případě je důlní voda převážena k likvidaci oprávněnou organizací na zařízení určené k likvidaci odpadních vod. Výhodou je nezvyšování produkce nebezpečného odpadu na jednotlivých PZP (Osička et Zaňát, 2012).

V současné době je na PZP Třanovice důlní voda odvážena jako odpadní voda, na PZP Štramberk je odstraňována jako nebezpečný odpad.

### **3.2.1 Studie prováděné v zahraničí**

#### **Voda produkovaná z podzemních zásobníků plynu**

V roce 2007 byla ve Spojených státech amerických prezentována studie s daty získanými z již publikovaných zdrojů, daty od tří provozovatelů zásobníků plynu (cca 4 000 údajů) a daty získanými analýzami odebraných vzorků vod z několika podzemních zásobníků plynu. Jedním z cílů studie bylo charakterizovat rizika spojená s chemickými i fyzikálními vlastnostmi vody produkované podzemními zásobníky a identifikovat potenciální příčiny, které by mohly ovlivnit vypouštění těchto vod do vod povrchových nebo zamezit jejich opětovnému využití (Johnson et al., 2008).

V tabulce níže lze vidět přehled intervalů výskytu hodnot jednotlivých ukazatelů sledovaných v rámci studie.

**Tab. č. 2 Výsledky studie (Johnson et al., 2008)**

Ukazatel	Minimální hodnota (mg/l)	Maximální hodnota (mg/l)
pH*	3	11
chemická spotřeba kyslíku	11,18	45,88
RAS	nezjištěno	494
nerozpuštěné látky celkem	8	5,484
Ba	nezjištěno	5,481
Cl <sup>-</sup>	1	384
Cr, celkem	0,002	0,213
Cu, celkem	0,001	5
Pb, celkem	0,008	135
Mn, celkem	nezjištěno	10,2
Hg, celkem	nezjištěno	2,83
Ni, celkem	nezjištěno	0,087
S <sup>2-</sup> , celkem	0,034	1,4
Zn, celkem	nezjištěno	5
Al	0,002	83
As	nezjištěno	51
Cd	nezjištěno	1,21
Ca	0,01	89,2
Li	18,6	235
Mg	nezjištěno	3,9
Ag	0,047	7
Na	0,015	200
Vodivost**	nezjištěno	> 200

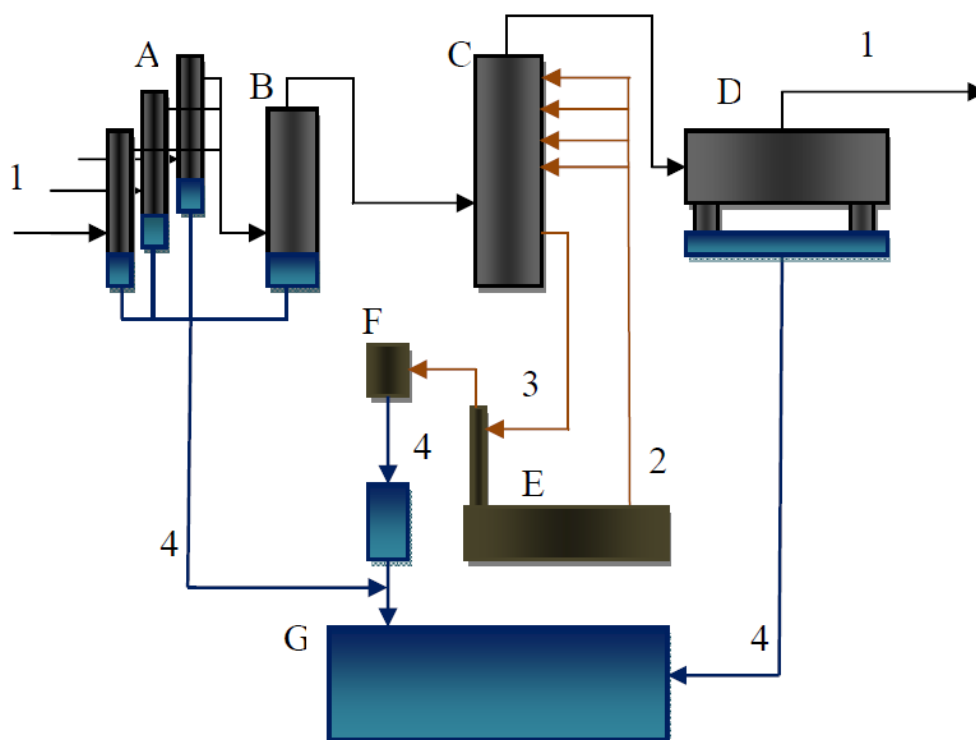
Pozn.: \*pH je uvedeno v jednotkách, \*\*vodivost je udána v jednotkách (mS/cm)

Voda se tak stává hlavním kontaminantem suchého zemního plynu, kterým jsou zásobníky plněny, neboť se do něj její určité množství absorbuje. Společně s vodou mohou být do plynu absorbovány uhlovodíky, které se mohou v zásobníku přirozeně vyskytovat nebo jsou do něj vneseny antropogenní činností (Osička, 2010).

### 3.2.2 Studie prováděné v České republice

Vody vzniklé činností podzemních zásobníků jsou svým způsobem směsí mnoha chemických sloučenin, které mohou ovlivňovat jejich další nakládání s nimi. V období 2007/2008 byla na vodách z podzemního zásobníku Dolní Dunajovice provedena analýza vzorků vod odebraných v různých místech daného zásobníku. Zjednodušené schéma daného zásobníku lze vidět na obr. č. 6 (Osička, 2010).

**Obr. č. 6 Zjednodušené schéma technologie podzemního zásobníku Dolní Dunajovice (Osička, 2010)**



Vysvětlivky: A - šachtový odlučovač plyn/voda, B - společný odlučovač plyn/voda, C – sušící kolona, D – mikrofiltr, E – TEG regenerátor, F – kondenzační jednotka, G – nádrž na vodu, 1 – zemní plyn, 2 – suchý TEG, 3 - nasycený (mokrý) TEG, 4 – oddělené nebo kondenzované produkované vody

Byly analyzovány vzorky vod z následujících míst:

- 1 – šachtový odlučovač plyn/voda na sběrné stanici 1,
- 2 – společný odlučovač plyn/voda na sběrné stanici 1,
- 3 – kondenzační jednotka v předávací stanici 1,
- 4 – mikrofiltr č. 1 v centrálním prostoru,
- 5 – vodní nádrž v centrálním prostoru (Osička, 2010).

K porovnání vlastností odebraných vod byly v jednotlivých vzorcích laboratorními analýzami stanoveny ukazatele, které jsou uvedeny v následující tabulce (Osička, 2010).



**Tab. č. 3 Výsledky chemických analýz (Osička, 2010)**

Vzorek		1	2	3	4	5
<b>hustota</b>	g/dm <sup>3</sup>	0,9973	1,0081	0,9983	1,1174	0,9289
<b>CH<sub>3</sub>OH</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0	0	0	-	0
<b>NH<sub>2</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>OH</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0	0	0	4 200	0
<b>triethylenglykol</b>	%	0	0,05	0	91,49	1
<b>pH</b>		6,7	6	5,79	7,26	5,39
<b>CHSK<sub>Cr</sub></b>	mg/dm <sup>3</sup>	25 800	31 000	79 400	-	151 000
<b>BSK<sub>Cr</sub></b>	mg/dm <sup>3</sup>	19 500	22 900	66 400	-	108 000
<b>Cl<sup>-</sup></b>	mg/dm <sup>3</sup>	0	27 800	0	1 020	229
<b>NEL</b>	mg/dm <sup>3</sup>	1,18	0,598	108	3 200	46,9
<b>Fe</b>	mg/dm <sup>3</sup>	966	2 780	5,01	-	173
<b>BTEX celkem</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,499	0,359	117	-	27
<b>benzen</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,316	0,23	67,7	-	16,6
<b>ethylbenzen</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,004	0,002	0,856	-	0,123
<b>toluen</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,148	0,106	40,8	-	7,79
<b>o-xylen</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,024	0,005	2,6	-	0,304
<b>p-xylen</b>	mg/dm <sup>3</sup>	0,008	0,016	5,61	-	0,745

Jak z výše uvedeného vyplývá, chemické složení vod vzniklých činností podzemního zásobníku je velmi proměnlivé a souvisí s původem vzniklé vody a na způsobu separace vody ze zemního plynu.

Nižší hodnoty pH vody přispívají ke korozi v dané technologii využívaných nádob a potrubí. Přídavkem inhibitoru koroze - monoethanolaminu v regenerátoru TEG (triethylenglykol) lze upravit hodnotu pH (vodu zneutralizovat), částečně tím přispět k omezení koroze a chránit tak ty nejvíce zranitelné části technologie (Osička, 2010).

### 3.3 Složení vod produkovaných ropným a plynárenským průmyslem

Produkovaná voda je v rámci jednotlivých toků ropného, ale i plynárenského průmyslu jedním z největších proudů odpadu.

Produkovanou vodu lze brát jako směs organických a anorganických sloučenin. Na její fyzikální i chemické vlastnosti a složení má vliv především geologické umístění a složení ložiska plynu nebo ropy, životnost tohoto ložiska a v neposlední řadě také typ těženého uhlovodíkového produktu (Ahmaduna et al., 2009).

Hlavními sloučeninami produkované vody mohou být:

- a) rozpuštěné nebo rozptýlené olejové sloučeniny - množství těchto sloučenin ovlivňuje nejen pH, teplotu, poměr olej/voda, ale i slanost nebo typ a množství různých druhů stabilních sloučenin (jako jsou vosky nebo jemné pevné částice),

- b) rozpuštěné minerální látky z horninového složení ložiska – anorganické sloučeniny rozpuštěné v produkované vodě v sobě zahrnují široké spektrum aniontů a kationtů, těžké kovy (množství a typ závisí především na stáří těžební jámy a geologii okolí) a mohou být zahrnuty i radioaktivní látky,
- c) těžbou produkované chemické sloučeniny – v rámci těžebního procesu jsou do něj přidávány chemické sloučeniny, které mají sloužit k prevenci nebo odstranění různých provozních problémů a k ošetření technologických částí strojů využívaných při těžbě dané suroviny (jedná se o různé inhibitory koroze, biocidy nebo chemikálie pro úpravu vody). Dle studií se koncentrace chemických sloučenin tohoto typu v produkovaných vodách pohybuje do 0,1 ppm,
- d) těžbou produkované pevné látky (např. korozivní částice, vosky, bakterie nebo asfaltény) – např. ve vodě, která dlouhodobě nebyla vystavena působení kyslíku, byla detekováno zvýšené množství sulfidů a sirovodíků v souvislosti s bakteriální redukcí síranů. Biologickou analýzou bylo zjištěno, že v 1 ml produkované vody může být přítomno 50 – 100 buněk mikroorganismů (většinou se jedná o gram-pozitivní bakterie), které v takovémto množství mohou ucpat nebo způsobit korozi zařízení a potrubí,
- e) rozpuštěné plyny – hlavními rozpuštěnými plyny jsou  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  a  $\text{H}_2\text{S}$ .

Tyto vody lze čistit pomocí různých druhů fyzikálních, chemických nebo biologických metod a jejich kombinacemi (Ahmaduna et al., 2009).

### **3.4 Voda produkovaná z uhelných ložisek obsahujících zemní plyn**

Uhelná ložiska produkující zemní plyn představují asi 10 % produkce zemního plynu v USA a jsou tedy významným zdrojem této komodity (Orem et al., 2007).

V období let 2001 – 2002 byla v oblasti Powder River Basin (Wyoming, USA) na vzorcích vod produkovaných uhelnými ložisky prováděna studie, která měla zmapovat možné zdravotní a ekologické účinky těchto vod a to v souvislosti s obsahem organických sloučenin (Orem et al., 2007).

V produkovaných vodách byla analýzami zjištěna přítomnost četných organických sloučenin typu fenolů, bifenolů, heterocyklických sloučenin obsahujících N, O nebo S. Dále byly ve vodách také identifikovány polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), aromatické aminy a ftaláty. PAU reprezentují skupinu organických látek, která byla nejčastěji pozorována. Koncentrace celkových PAU se pohybovala až do 23  $\mu\text{g/l}$ . Koncentrace jednotlivých sloučenin byly nízké a pohybovaly se v rozmezí od 0,01  $\mu\text{g/l}$  do 18  $\mu\text{g/l}$  (Orem et al., 2007).

Mnohé z identifikovaných organických látek (fenoly, heterocyklické uhlovodíky či PAU) byly dle závěrů této studie do vod uvolněny pravděpodobně z uhlí. (Orem et al., 2007).

Do níže uvedené tabulky byly na ukázkou výsledků vybrány z desítek detekovaných sloučenin touto studií některé sloučeniny třídy PAU (Orem et al., 2007).

**Tab. č. 4 Výsledky studie – hodnoty koncentrace vybraných sloučenin (Orem et al., 2007)**

<b>Polycyklické aromatické uhlovodíky</b>	<b>Koncentrace µg/l - rozsah</b>
naftalen	0.26 – 0.66
methylnaftalen	0,14 – 0,48
dimethylnaftalen	0,01 – 1,44
trimethylnaftalen	0,04 – 2,60
tetramethylnaftalen	0,43 – 0,79
methylethylnaftalen	0,55
1,6-dimethyl-4(1-methylethyl) naftalen	0,01 – 0,32

### 3.5 Vlastnosti důlních vod

Důlní vody se v přírodě vyskytují v mnoha formách v souvislosti s lokalizací a charakterem důlních děl, odvodňovacím účinkem, nebo vlivem na změny hydrochemických a hydrogeologických poměrů ložiskového území. Proto nelze vytvořit jednoduchou definici, která by shodně vystupovala v báňské, odpadové, vodohospodářské a environmentální legislativě (Grmela et Blažko, 2004).

Důlní vody lze označit za směsné vody (vody se změněným chemismem), neboť ve většině případů jsou výsledkem míšení přírodních vod v různém poměru, vod vzniklých antropogenní činností nebo vod, které jsou získané současně s těžebními surovinami (Grmela et Blažko, 2004).

Důlní vody jsou tedy podzemní a povrchové vody, které vznikly působením lidské činnosti a také skutečností, že jejich vznik je spjatý s těžbou nerostných surovin (Grmela et Blažko, 2004).

Množství důlních vod a jejich kvalita se často podstatně liší v období aktivní těžby a v období po jejím ukončení a opuštění ložiska, jejich zařazení v rámci legislativních rámců však již ne (Grmela et Blažko, 2004).

Chemické složení podzemních, resp. důlních vod je velice proměnlivé a liší se podle geografického umístění (v rámci jednoho státu, ale i kontinentu) a typu dolů, ve kterých se nachází (např. uranové a uhelné doly, doly po těžbě železných a neželezných rud, atd.).

Složení důlní vody je ovlivněné především

- a) chemickým složením okolních hornin,
- b) složením přitékající vody a jejím množstvím,
- c) typem a délkou antropogenní činnosti,
- d) druhem a množstvím chemikálií a typem zařízení používaných při těžbě některých surovin, ale i
- e) typem ročního období (Zeman et al., 2004; Nelson, 2002).

Chemické vlastnosti podzemních vod jsou dány poměrem rozpuštěných látek a jejich množstvím či koncentrací ve vodě. Každá podzemní voda v přírodě se vyznačuje značnou mineralizací, neboť v průběhu aktivní činnosti dolů dochází k oxidačnímu rozpouštění rudních a horninotvorných minerálů z okolních hornin (Pitter, 1998).

Hlavním oxidantem je kyslík, jehož obsah je před zahájením těžby v důlních vodách podobný jako v ostatních podzemních vodách. Po zahájení čerpání důlních vod z ložiska, hladina podzemní vody klesá. Horniny, které se nacházely pod hladinou podzemní vody, se dostávají nad hladinu, kde jsou vystaveny působení kyslíku, jehož obsah v podzemních prostorech roste v souvislosti s vyšší ventilací podzemních prostor, ražbou tunelů a šachet. Některé z produktů jsou oxidovány. Po ukončení těžby dochází ke zvýšení hladiny podzemní vody a k opětovnému zaplavení hornin, což vede ke změně oxidačně-redukčních podmínek a původně oxidované partie ložiska se dostávají do redukční zóny. Tím začne docházet k redukčnímu rozpouštění produktů oxidace a k uvolnění sorbovaných složek (těžkých kovů) (Pitter, 1998).

Obsahy jednotlivých složek v podzemních vodách a sledované ukazatele kvality vod jsou důležité pro poznání původu těchto vod. Při stanovení složení vody je určován obsah jednotlivých iontů a organických látek, celková mineralizace vody, z fyzikálních vlastností je pak sledována hodnota pH, teplota a vodivost (konduktivita). Z hlediska vlivu na životní prostředí jsou pak sledovány zejména tyto ukazatele - obsahy radioaktivních látek, těžkých kovů, některých vybraných iontů a organických látek.

### **3.5.1 Množství rozpuštěných anorganických solí (RAS)**

Celkové množství rozpuštěných anorganických látek - celková mineralizace (salinita) – je jedním ze základních ukazatelů jakosti přírodních, užitkových i odpadních vod. Tento ukazatel má nejenom význam hydrochemický a hygienický při hodnocení chemických a biologických vlastností vody, ale také význam legislativní při výpočtu poplatků za vypouštění odpadních vod do vod povrchových (Nelson, 2002).

Mezi faktory nejvíce ovlivňující množství a druh rozpuštěných látek v podzemních vodách, lze zařadit:

- typy hornin a minerálů, ve kterých se voda nachází,
- doba, po kterou je voda s těmito minerály v kontaktu, tzv. doba zdržení podzemní vody v kolektoru, a
- samotný chemický stav podzemních vod (Nelson, 2002).

Obecně tedy lze říct, že čím delší dobu je podzemní voda v kontaktu s danými druhy hornin a minerálů, tím větší je rozsah chemických reakcí v ní probíhajících a tím větší je obsah rozpuštěných anorganických solí (Nelson, 2002).

V tab. č. 5 je vidět přehled parametrů a jejich hodnot stanovených v různých typech vod. Je zde patrné v jakých hodnotách lze jednotlivé složky v různých typech vod nalézt a tím potvrdit domněnku, že vody podobných vlastností mají obdobné hodnoty parametrů.

**Tab. č. 5 Přehled složení přírodní vody z různých míst a prostředí (koncentrace jsou uvedeny v mg/l) (Nelson, 2002)**

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	0,8	0,65	241	400	144	6,5	3,11	4 540
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	1,2	0,14	7 200	1 350	55	1,1	0,7	160
<b>Na<sup>+</sup></b>	9,4	0,56	83 600	10 500	~27	~37	3,03	2 740
<b>K<sup>+</sup></b>	-	0,11	4 070	380	~2	~3	1,09	32,1
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	4	-	251	28	622	77	20	55
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	7,6	2,2	16 400	185	60	15	1	1
<b>Cl<sup>-</sup></b>	17	0,57	140 000	19 000	53	17	0,5	12 600
<b>Si</b>	0,3	-	48	3	22	103	16,4	8,5
<b>RAS</b>	38	4,7	254 000	35 000	670	222	36	20 338
<b>pH</b>	5,5	-	7,4	-	-	6,7	6,2	6,5

*Vysvětlivky: 1 – dešťová voda (Menlo Park, Kalifornie), 2 – běžná „urbanizovaná“ dešťová voda (North Carolina, Virginia), 3 – voda z Great Salt Lake (Utah), 4 – běžná mořská voda, 5 – podzemní voda z vápencové oblasti Supai Formation (Grand Canyon), 6 – podzemní voda z prostředí vulkanických hornin (Nové Mexiko), 7 – čerstvě odebraná podzemní voda (Sierra Nevada Mountains) – krátká doba zdržení, 8 - podzemní voda z prostředí metamorfovaných hornin (Kanada) - dlouhá doba zdržení*

Z hlediska klasifikace chemického složení přírodních vod je důležitá hodnota celkové mineralizace 1000 mg/l, která je jedním z klasických kritérií odlišujících prosté podzemní vody od vod minerálních (Pitter, 1998).

Podle množství rozpuštěných látek lze rozlišit vody

- prosté – hodnota hustoty rozpuštěných látek je menší než 1000 mg/l a
- minerální - hodnota hustoty rozpuštěných látek je větší než 1000 mg/l.

V tabulce č. 6 je uvedeno Alekinovo rozdělení přírodních vod podle celkové mineralizace, které lze využít i v podmínkách České republiky (Pitter, 1998).

**Tab. č. 6 Alekinovo rozdělení přírodních vod podle celkové mineralizace (Pitter, 1998)**

Třída vody	Sp (mg.l)
velmi málo mineralizované	< 100
málo mineralizované	100 – 200
středně mineralizované	200 – 500
se zvýšenou mineralizací	500 – 1000
vysoko (velmi) mineralizované	> 1000

### 3.5.2 Ionty

Při analýzách podzemních vod se vychází zejména ze stanovené koncentrace hlavních, vedlejších a stopových chemických prvků. Mezi hlavní stanovované ionty patří např.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (Varsányi et Kovács, 2009).

Podle převládajících koncentrací iontů lze vody klasifikovat do různých tříd – chloridové a jodidové (např. na sodno-chloridové (Na-Cl)), siřné (např. vápenato-síranové (Ca-SO<sub>4</sub>)) nebo uhličitě (např. sodno-hydrogenuhličitanové (Na-HCO<sub>4</sub>)) (Varsányi et Kovács, 2009).

#### Chloridy

Chloridy se v podzemní vodě vyskytují běžně, mohou být přírodního původu z horninového podloží (např. halitu (NaCl), sylvínu (KCl) nebo carnallitu (KMgCl.6(H<sub>2</sub>O))), vulkanické činnosti nebo jsou jejich zdrojem vody vzniklé antropogenní činností, které se dostanou do podzemí z povrchu (např. odpadní vody, výluhy a splachy ze zimních posypů vozovek) (Mullaney at al, 2009).

Nadměrný obsah chloridů je většinou spjat s vysokou mineralizací.

Chloridy prakticky vytváří pouze rozpustné sloučeniny, jen velmi omezeně se adsorbují, a proto se ve vodě mohou vodou šířit na velké vzdálenosti, aniž by výrazně poklesla jejich koncentrace. Jsou chemicky i biochemicky stabilní.

#### Sírany

Sírany spolu s hydrogenuhličitanem, chloridy a popřípadě dusičnany patří mezi hlavní anionty přírodních vod. Zdrojem síranů jsou horniny v podloží nebo v okolí hydrogeologické struktury. Vznikají při oxidaci sulfidických rud, které jsou hlavním

zdrojem síranů důlních vod, dále rozpouštěním sádrovce ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhydritu ( $\text{CaSO}_4$ ) nebo pyritu ( $\text{FeS}_2$ ) (Nelson, 2002).

K redukci síranů na sulfidy dochází v anaerobních podmínkách v důsledku biochemických reakcí způsobených bakteriemi (Nelson, 2002).

Obsah síranů se v podzemních a povrchových vodách pohybuje od 10 mg/l do 100 mg/l, na rozdíl od minerálních vod, jejichž koncentrace může přesahovat i tisíce mg/l (Pitter, 2009).

Sírany jsou charakteristické tím, že urychlují korozi materiálu a ovlivňují organoleptické vlastnosti vody (teplotu, barvu, zákal, průhlednost, pach, chuť) (Pitter, 2009).

## **Dusičnany**

Koncentrace dusičnanů v podzemních vodách je nejvíce ovlivněna klimatickým a půdním charakterem oblasti, ve které se daná voda vyskytuje.

Oblasti s borovými lesy, s písčitou a dobře provzdušněnou půdou obsahují v podzemních vodách velké množství dusičnanů a dusitanů. To je způsobeno nitrifikačními bakteriemi a bakteriemi, které fixují elementární dusík ve svrchních vrstvách půdy (Pitter, 2009).

V přírodních vodách se jejich koncentrace mění v závislosti na změně vegetačních období. Maximální koncentrace dusičnanů, kdy dochází k vyluhování dusičnanů z půd, nastává v mimo vegetačním období. Naopak v letním období se obsah snižuje na minimum, což je způsobeno odčerpáváním dusíku vegetací (Pitter, 2009).

## **Vápenaté a hořečnaté ionty**

Ionty  $\text{Ca}^{2+}$  jsou hlavními kationty vod s nižší mineralizací. Do vod se dostávají především vyluhováním některých minerálů (např. vápence ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomitu ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), sádrovce ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )). Obecně lze říci, že čím větší je obsah rozpuštěného  $\text{CO}_2$  ve vodě, tím více se zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů.

Jedním z ukazatelů kvality vody je koncentrace vápenatých a hořečnatých solí, která je označována jako tzv. tvrdost vody. Vysoké množství  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  kationtů způsobuje zhoršení části užitečných vlastností vody tím, že se usazují jako nerozpustné zbytky, tzv. kotelní kámen apod. (Spring, Abboud, 2014).

Podle množství  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  solí je identifikována:

- a) Přechodná tvrdost vody - voda je tvořena vápenatými a hořečnatými uhličitany a hydrogenuhličitany. Za určité teploty a tlaku je v roztoku mezi rozpuštěným oxidem uhličitým a hydrogenuhličitany rovnováha. Při zahřívání roztoku z něj začne unikat oxid uhličitý a tím se rovnováha poruší. To vede k postupné přeměně hydrogenuhličitanu na uhličitan. Uhličitan vápenatý, který je málo rozpustný, se vysráží na povrchu topných těles nebo na stěnách nádoby ve formě tzv. vodního kamene.
- b) Trvalá tvrdost vody – voda je tvořená rozpuštěnými vápenatými a hořečnatými solemi, uhličitany, hydrogenuhličitany, sírany, chloridy, dusičnany a křemičitany.
- c) Celková tvrdost vody - součet trvalé a přechodné tvrdosti (Spring, Abboud, 2014).

### 3.5.3 pH

Hodnota pH v podzemních vodách je závislá na druhu geologického podloží. Veličina pH určuje kyselost, resp. zásaditost vody a je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity resp. koncentrace vodíkových iontů  $pH = -\log(a_{H^+})$ .

Ovlivňuje průběh biochemických, chemických a fyzikálně-chemických procesů ve vodě. Už jen malé změny v hodnotě pH (o 0,3 jednotek a méně), mohou vést k relativně velkým fyzikálním a chemickým změnám ve vodě (Nelson, 2002).

Obecně lze říct, že čím vyšší je obsah  $H^+$  (tzn. nižší hodnota pH), tím vyšší je hodnota RAS v dané podzemní vodě (Nelson, 2002).

Dle výše hodnoty pH lze podzemní vody rozdělit do několika skupin – viz tab. č. 7

**Tab. č. 7 Rozdělení vod dle pH (Nelson, 2002)**

Skupina	pH
kyselá voda	$\leq 6$
slabě kyselá voda	6,1 – 6,7
neutrální voda	6,8 – 7,2
slabě alkalická voda	7,3 – 8,2
alkalická voda	$> 8,2$

### 3.5.4 Konduktivita

Konduktivita (měrná elektrická vodivost) je fyzikální veličinou, která popisuje schopnost iontově rozpuštěných látek vést elektrický proud.



Umožňuje odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Konduktivita vody je závislá především na obsahu minerálů ve vodě, dále je ovlivněna nábojem iontů, jejich teplotou a pohyblivostí. Např. pokud dojde ke zvýšení teploty o 1 °C, dochází k růstu vodivosti o 2 % - 3 % (Spring, Abboud, 2014).

Vysoká konduktivita důlních vod je způsobená jejich vysokou mineralizací.

Konduktivita povrchových a prostých podzemních vod se v České republice pohybuje v rozmezí 5 až 50 mS/cm, některé průmyslové vody mohou mít hodnotu vyšší než 100 mS/cm (Spring, Abboud, 2014).

### 3.5.5 Teplota

Z fyzikálních vlastností podzemních vod je nejdůležitější teplota, která je také jedním z parametrů, které mohou významně ovlivnit hodnotu RAS. Při vyšších teplotách podzemní vody může docházet k uvolnění více minerálních látek v závislosti na působení okolní horniny (např. i zvýšení teploty o 5 – 10 °C může způsobit prokazatelné změny v hodnotě RAS). Sezónní vliv teploty na složení podzemních vod není příliš velký, neboť dochází ke změnám teploty v průměru o 1 °C (Nelson, 2002).

### 3.5.6 Obsah těžkých kovů

#### Železo

Železo se ve vodě vyskytuje ve formách  $\text{Fe}^{2+}$  (rozpuštěná forma) a  $\text{Fe}^{3+}$  (nerozpuštěná forma). V důsledku nedostatku kyslíku se železo v důlních vodách vyskytuje především ve formě  $\text{Fe}^{2+}$ , při vyšších koncentracích kyslíku roste obsah  $\text{Fe}^{3+}$  (Nelson, 2002).

Do vod ze železo dostává zvětráváním železných rud (pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonit (vodnatý  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ )) a také je obsaženo v hlinitokřemičitanech (chamosit ( $4\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )). Rozpuštěním těchto rud jsou vody obohaceny velmi málo. Zvýšení koncentrací železa v důlních vodách může být způsobeno také antropogenní činností nebo korozními procesy (Kulveitová, 2007).

#### Mangan

Mangan se přirozeně vyskytuje v povrchových i podzemních vodách, především v kyslíkově vyčerpaných oblastech nebo anaerobních systémech. Koncentrace

manganu v podzemní vody jsou závislé na řadě faktorů, jako je litologie zvrstveně, geochemické prostředí, cesty proudění podzemních vod a doba zdržení. Některé z těchto faktorů mohou být velmi proměnlivé v poměrně malých prostorových a časových horizontech (IMnI, 2013).

Mangan se v důlních vodách vyskytuje v různých formách  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$  a  $Mn^{4+}$ . Forma  $Mn^{2+}$  je ve vodách s vyšším obsahem kyslíku nestabilní a proto rychle oxidovatelná. V důlních vodách je obsah Mn vyšší než ve vodách povrchových (Kulveitová, 2007).

Mangan je po železe v železných rudách (např. v sideritu ( $FeCO_3$ ) a limonitu ( $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ )) nejrozšířenější kov. Do vod se dostává zvětráváním železných rud, uvolňováním z manganových rud (pyroluzit ( $MnO_2$ ), braunit ( $Mn_2O_3$ ), manganit ( $MnO(OH)$ ) a hausmannit ( $Mn_3O_4$ )) nebo antropogenní činností z průmyslových provozů. Obsah manganu ve vodě je většinou nižší než obsah železa (Kulveitová, 2007).

Oxidace manganu je způsobena nejen chemickými reakcemi, ale také biochemickými procesy za pomoci bakterií. Přítomnost síranů způsobuje snížení rychlosti oxidace manganu (Pitter, 2009).

### 3.5.7 Radioaktivita

Aktivita radioaktivních látek je udávána v becquerelech (Bq). Becquerel udává počet rozpadů radioaktivních látek za 1 sekundu. Aktivita je přímo závislá na množství radionuklidů.

Primárním zdrojem přírodních radionuklidů jsou horniny. Typické hmotnostní aktivity významných radionuklidů radia  $^{226}Ra$  jsou v horninách přibližně v radioaktivní rovnováze s uranem  $^{238}U$  a pohybují se v rozmezí 1 - 1000 Bq/kg, v uranových ložiscích více než desítky tisíc Bq/kg. Podobné hodnoty lze nalézt i v půdách. Běžné hodnoty objemových aktivit radonu jsou v půdním vzduchu 1 m pod povrchem země v České republice v typickém rozmezí 1 – 100 kBq/m<sup>3</sup>, v extrémních případech více než 1000 kBq/m<sup>3</sup> (SÚRO, 2017).

Přírodní radionuklidy, které jsou obsaženy v horninách, se uvolňují do vod celkem složitými procesy, které závisí na fyzikálních geochemických a hydrologických poměrech. Objemové aktivity jednotlivých radionuklidů ve vodě jsou rozmezí 1 – 100 mBq/l. Jiná je situace v případě radonu, kde jsou v podzemní vodě objemové aktivity  $^{222}Rn$  na úrovni objemových aktivit radonu v pórech hornin a půd 10 - 1000 Bq/l, extrémních hodnot dosahují vody v oblastech uranových ložisek v podzemních vodách pro  $^{222}Rn$  10 – 1000 kBq/l (např. v Jáchymově) (SÚRO, 2017).

### 3.5.8 Celkový organický uhlík

V podzemních vodách je registrován výskyt řady mikroorganismů, jejichž činnost může ovlivnit chemické, resp. biochemické reakce probíhající v těchto vodách. Během vlastní těžby dané suroviny se v důlních vodách množství mikroorganismů mohou zvyšovat nad úroveň než je v podzemních vodách obvyklá. Zvýšení jejich množství bývá způsobeno vyšším obsahem kyslíku (Pitter, 2009).

Jedním z důležitých ukazatelů kvality vody je stanovení množství organických látek rozpuštěných ve vodě, tedy celkový organický uhlík (TOC). Mezi přirozené zdroje organického uhlíku patří především biologické pochody (zejména rozklad odumřelých organismů a produkty jejich metabolických procesů). Mezi antropogenní zdroje emisí TOC jsou řazeny veškeré organické látky unikající do přírodních vod (Pitter, 2009).

### 3.6 Legislativní rámec

Vymezení pojmu „důlní vody“ není jednoduché. Nakládání s důlními vodami je legislativně upraveno zákonem č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů v platném znění (dále vodní zákon). Zde § 4 odst. 2 říká: *„Důlní vody se pro účely tohoto zákona považují za vody povrchové, popřípadě podzemní a tento zákon se na ně vztahuje, pokud zvláštní zákon nestanoví jinak“*.

Zvláštním zákonem je v tomto případě zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství v platném znění (dále horní zákon). V § 40 tohoto zákona jsou důlní vody definovány takto: *„Důlní vody jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.“* Nejdůležitější ukazatelem, které důlní vody charakterizuje, je důlní prostor. Důlními prostorami, jak uvádí Grmela et Blažko (2004) jsou všechna důlní díla a dále také vyrubané, zavalené a založené prostory hlubinných dolů, prostory lomu po vytěženém ložisku, hliništi nebo po těžbě písků a štěrku z vody. Z uvedeného vyplývá, že ty povrchové a podzemní vody, které vnikly do důlních prostor, jsou vodami důlními. Důlními vodami jsou nejen vody z povrchových a hlubinných dolů, štěrkoven, pískoven, kamenolomů a hlinišť, ale také vody, které jsou vytěženy současně s nerostnými surovinami. Jsou to například vody získané při těžbě zemního plynu a ropy, kdy je voda vynášena současně s těžbou surovinou a následně od suroviny separována, nebo jsou to vody, které se používají k zatlačení do ložiska.

Příčinou problematické definice důlních vod je právě různorodost jejich forem a důsledkem nejednoznačnosti v legislativě vodohospodářství, báňské, odpadové i environmentální (Grmela et Blažko, 2004).

Dále je v § 40 horního zákona v odst. 2) řečeno následující. *Organizace je při hornické činnosti oprávněna:*

- a) bezúplatně užívat důlní vody pro vlastní potřebu,*
- b) bezúplatně užívat na základě povolení vodohospodářského orgánu důlní vodu jako náhradní zdroj pro potřebu těch, kteří byli poškozeni ztrátou vody vyvolanou činností organizace,*
- c) vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebuje pro vlastní činnost, do povrchových, popřípadě do podzemních vod a odvádět ji, pokud je to třeba, i přes cizí pozemky způsobem a za podmínek stanovených vodohospodářským orgánem a orgánem ochrany veřejného zdraví.*

V horním zákoně tak nejsou blíže určeny podmínky, za kterých lze důlní vodu vypouštět, a proto se v tomto případě postupuje podle obecného předpisu (vodního zákona) a k vypouštění důlních vod je potřeba povolení vodohospodářského orgánu. Vodohospodářský orgán při stanovování podmínek pro vypouštění důlních vod do vod povrchových postupuje podle nařízení vlády č. 401/2005 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v platném znění. Zde je v § 14 odst. 1) řečeno: *„Při stanovování způsobu a podmínek pro vypouštění důlních vod, průsakových vod ze starých ekologických zátěží, odkališť a skládek odpadů po rekultivaci s následnou péčí do vod povrchových postupuje vodoprávní úřad podle tohoto nařízení přiměřeně.“* Cílem tohoto ustanovení je, aby vypouštěné důlní vody co nejméně znečišťovaly recipient a aby mohl vodohospodářský orgán stanovit podmínky vypouštění individuálně vzhledem k místním vodohospodářským podmínkám. Prakticky to samé říká vodní zákon v § 38 odst. 3). *„Kdo vypouští důlní vody do vod povrchových nebo podzemních podle zákona o ochraně a využití nerostného bohatství, může tak činit pouze způsobem a za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad.“*

V příloze č. 2 vodního zákona jsou určeny sazby pro výpočet poplatku a hmotnostní a koncentrační limity zpoplatnění. Tyto limity mohou být použity jako limity pro vypouštění důlních vod, stejně tak lze použít přísnější normy environmentální kvality uvedené v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

**Tab. č. 8 Vybrané koncentrační limity zpoplatnění odpadních vod (z. 254/2001 Sb. v platném znění)**

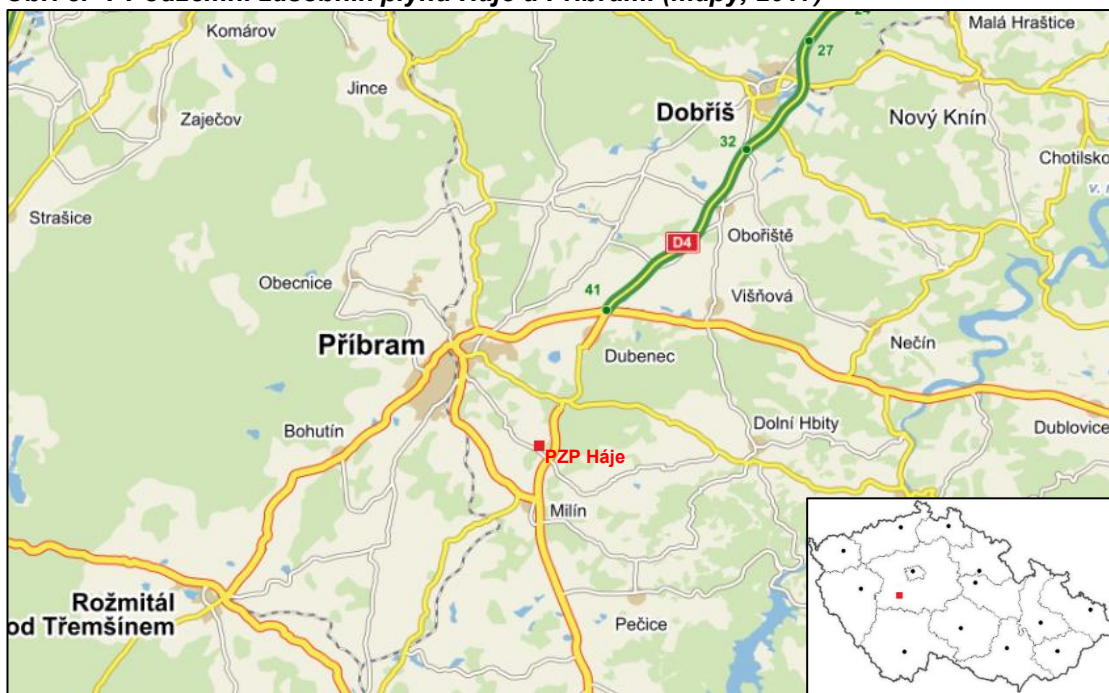
Ukazatel znečištění	Koncentrační limit zpoplatnění
CHSK <sub>Cr</sub>	40
RAS	1200
NL	30
P <sub>celk.</sub>	3
N <sub>anorg.</sub>	20
AOX	0,2
rtuť	0,002
kadmium	0,01

V případě, že podzemní zásobník plynu nemá povolení k zatláčení důlní vody do vodního zápolí, ani povolení vodohospodářského orgánu k vypouštění těchto vod, lze vodu odvážet a likvidovat jako odpadní vodu, pokud splňuje limity ČOV, na kterou je odvážena anebo ji lze odstranit jako nebezpečný odpad dle zákona č. 185/2001 Sb. v platném znění, resp. dle vyhlášky č. 93/2016 o Katalogu odpadů v platném znění.

#### 4 Podzemní zásobník plynu Háje

Podzemní zásobník plynu Háje je nejmenším zásobníkem v České republice, zároveň jde o unikátní důlní dílo ve světě. Nachází se cca 60 km jihozápadně od Prahy nedaleko hornického města Příbrami.

**Obr. č. 7 Podzemní zásobník plynu Háje u Příbrami (mapy, 2017)**



Výstavba podzemního zásobníku plynu Háje (tehdy kavernového zásobníku plynu Příbram) byla realizována s cílem zajistit krytí špičkových odběrů zemního plynu pro Prahu a střední Čechy. Podzemní část se nachází pod obcí Buk, nadzemní část severovýchodně od křižovatky silnic Buk – Jerusalém a Konětopy – Jesenice (Domečka et al., 1997).

V září 1989 započal předběžný průzkum horninového masivu k vhodnosti horninového masivu pro vybudování podzemního zásobníku plynu v prostoru jihozápadně od jámy č. 16 v hloubce 1000 m (Domečka et al., 1997).

Rozhodnutí o umístění stavby bylo vydáno 15. 10. 1990 Městským národním výborem v Příbrami, povolení hornické činnosti ze dne 22. 10. 1991 vydal Obvodní báňský úřad v Příbrami. Ražby a dokončovací práce kromě čtyř drátkobetonových zátek byly ukončeny v roce 1997 (Domečka et al., 1997). Zátky byly dokončeny v roce 1998 a v květnu téhož roku byl spuštěn provoz PZP Háje.

## **4.1 Přírodní poměry**

### **4.1.1 Geomorfologické a hydrografické poměry**

Podle geomorfologického členění náleží zájmové území do provincie Česká vrchovina, soustavy Poberounské, Brdské podsoustavy, celku Brdská vrchovina, podcelku Příbramská pahorkatina. Reliéf má ráz pahorkatiny, nadmořská výška se zde pohybuje kolem 550 m. n. m (Demek, Mackovčín, 2006).

Zájmové území je odvodňováno Jerusalémským potokem a patří k povodí Berounky. Číslo hydrologického pořadí 1-11-04-008 (ČHÚ, 2017).

### **4.1.2 Geologické a hydrogeologické poměry**

Podzemní část zásobníku se nachází v granodioritovém masivu středočeského plutonu. Granodiorit blatenského typu, což je středně zrnitý granodiorit s faciemi jemnozrnného liotitického až amfibolickobiotitického granodioritu, dosahuje až na povrch (Domečka et al., 1997).

Hydrogeologické poměry území jsou dány geologickou stavbou a vyznačují se výhradně puklinovou propustností, s oživeným oběhem vody v pásmu podpovrchového rozvolnění a rozpojení hornin (Domečka et al., 1997).

Hydrogeologický průzkum byl zaměřen především na podzemní prostory zásobníku. Bylo sledováno přirozené zvodnění, během ražby byly sledovány vývěry podzemních vod z hlediska kvantitativního i kvalitativního, těsnost a drenážní účinky horninového masivu (Domečka et al., 1997).

Vlastní zásobník zemního plynu se nalézá v zóně zpomaleného oběhu podzemní vody, kde jsou statické zásoby podzemních vod. Zvodnění se váže na vývěry z tektonických poruch s přítoky do 0,1 l/sec a nižšími, stropní kapačky a vlhkost na stěnách výrubů (Domečka et al., 1997).

Z výsledků laboratorních rozborů vzorků vod odebraných z PZP a z objektů těžby uranových dolů i z povrchu vyplývá, že základní chemické složení podzemních vod vyvěrajících z masivu v prostoru PZP se zásadně liší od vod povrchových, vod odebraných v prostorách důlní činnosti – důlních vod a od vody technologické. Toto složení je charakterizováno vysokým pH roztoku s maximem 9,65; nízkou mineralizací roztoku okolo 300 mg/l a relativně malým obsahem iontů HCO + CO (3,5 – 165 mg/l) (Domečka et al., 1997).

Toto složení odpovídá dlouhému setrvání vody v hluboce uložených strukturách a její izolace od zóny s oživeným oběhem podzemní vody. Nízká radioaktivita podzemní

vody ukazuje na oběhové cesty mimo zrudnělé struktury příbramského uranového ložiska. S tím korespondují i zjištěné nízké obsahy těžkých kovů a dalších stopových kovů včetně Fe a Mn (Domečka et al., 1997).

### 4.1.3 Hydraulika

S postupem ražby zásobníkových chodeb byla upřesňována představa o zvodnění masivu a s tím spojené případné netěsnosti zásobníku. Primární informace o těsnosti, resp. propustnosti horninového masivu byly získávány registrací a následným sledování výronů vody při dokumentaci výrubů. Výskyt výronů vody nebyl příliš častý a vydatnost většiny výronů časem slábla až během několika týdnů až měsíců zcela zmizela (Činka et al., 1993). Těsnost okolního masivu zásobníku byla testována vodními a plynovými tlakovými zkouškami propustnosti ve zkušebních vrtech a vyjadřována koeficientem filtrace. Generelně je neporušený skalní masiv považován za nepropustný s koeficientem filtrace řádu  $10^{-12}$  m/s. Tyto hodnoty odpovídají hodnotám předpokládaným v hloubkách okolo 1000 m. U tektonických poruch s větší propustností byl stanoven koeficient filtrace řádu  $10^{-8}$  až  $10^{-9}$  m/s. Pokud zvodněné poruchy zasahovaly do zásobníkových chodeb, bylo rozhodnuto o jejich utěsnění injektáží (Domečka et al., 1997).

V okolí důlního díla se vytvářela zóna s jinou propustností než okolní masiv. Tyto změny byly způsobeny ražbou. V závislosti na způsobu provádění trhacích prací, docházelo v 0,3 – 0,7 m mocné zóně ke zvýšení propustnosti o 2 až 3 řády. S touto vyšší propustností bylo potřeba počítat pro první plnění zásobníku a zónu bylo nutno utěsnit v prostoru tlakových zátek (Domečka et al., 1997).

## 4.2 Technické provedení

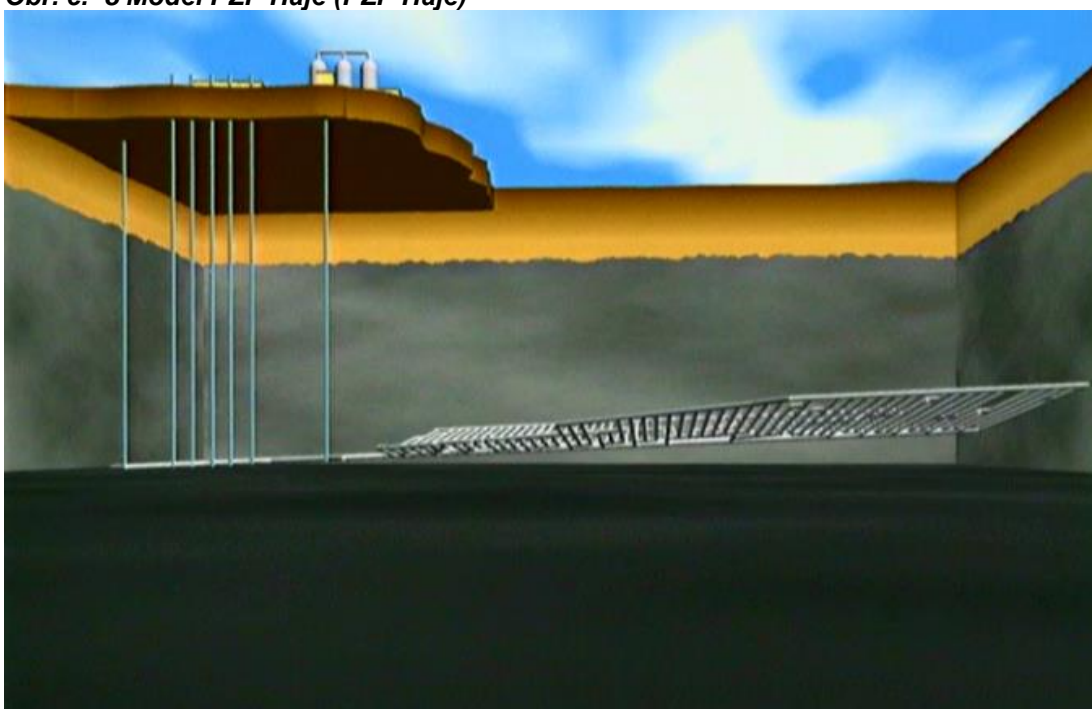
Podzemní zásobník zemního plynu Háje je technologickým celkem, který je součástí plynárenské soustavy zemního plynu využíváný ke krytí odběrových špiček zejména v oblasti středních a jižních Čech prostřednictvím zemního plynu uskladněného v podzemní části PZP. Vtláčení zemního plynu do zásobníku je prováděno v období nízkého odběru plynu z plynovodu a čerpání v období odběrových špiček (Domečka et al., 1997).

Zároveň jsou při těžbě či vtláčení respektovány požadavky komerčního dispečinku, který má plyn uskladněný ve výše uvedeném technologickém celku jako součást virtuálního zásobníku innogy Gas Storage, s. r. o.



Prostor pro skladování zemního plynu byl vytvořen ražbou a vytěžením horniny z podzemí. Razící práce započaly v roce 1992 z 21. patra šachty č. 16. Ražba byla provedena v jednom horizontu se spádem 5 ‰ v hloubce od 955 do 961 metrů. Ústí pěti těžebně-vtláčecích vrtů je v hloubce 961 metrů, na druhém konci zásobníku ve vzdálenosti 1350 m je dosaženo hloubky 955 m. Zásobník je tvořen soustavou chodeb. Profil jednotlivých chodeb se pohybuje v rozmezí 12 - 15 m<sup>2</sup> o celkové délce 45 066 m, čímž je vytvořen prostor pro skladování zemního plynu o objemu 620 502 m<sup>3</sup>. Vyražené chodby byly ponechány bez povrchové úpravy, výztuže byly postaveny pouze v místech, kde byla silně rozvolněná hornina, a hrozilo zavalení chodby. Na místa s průsaky vody puklinami ve skalním masivu bylo použito dotěsnění injektáží (Domečka et al., 1997). Jedná se o jediné hornické dílo tohoto typu ve světě.

**Obr. č. 8 Model PZP Háje (PZP Háje)**



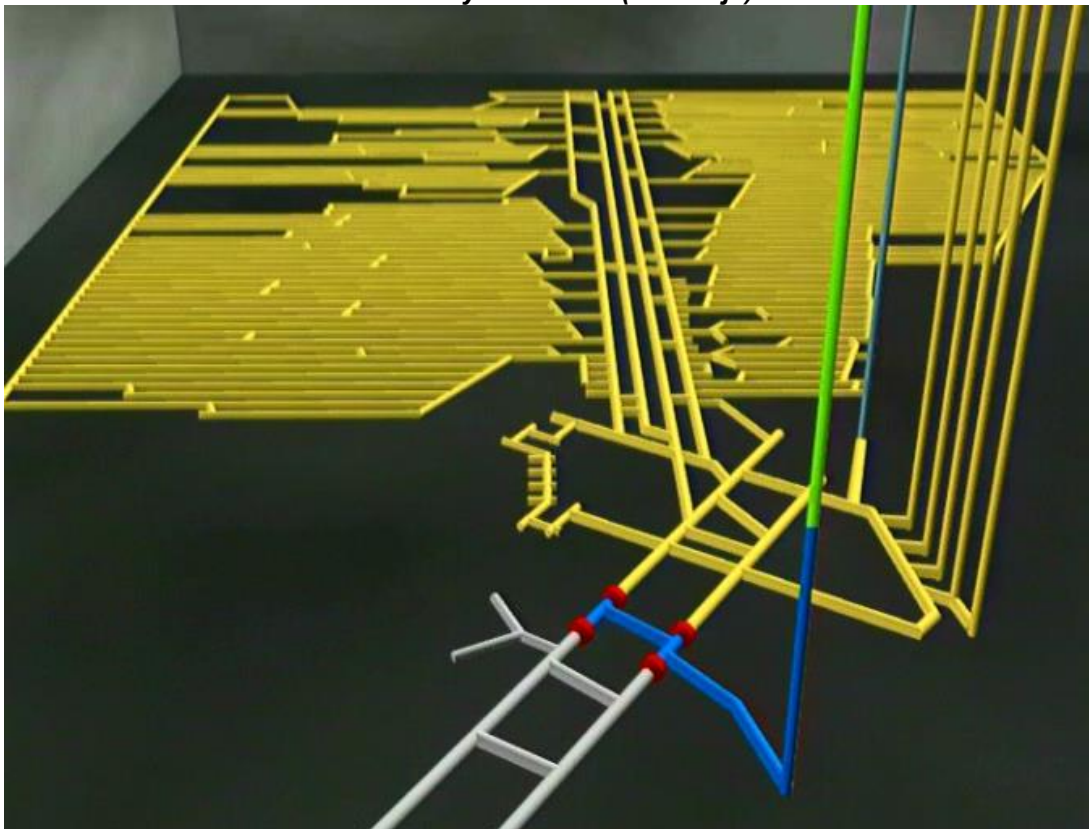
Poslední částí spodní stavby byly tlakové uzávěry uzavírající dva dopravní překopy, kterými byl zajišťován přístup do raženého prostoru zásobníku. Před počátkem výstavby definitivních zátek byla v jedné z přístupových chodeb k mezizátkovému vrtu nastříkána zátka zkušební. Na této zátce byly zkoumány objemové změny tělesa zátky, těsnost horniny v okolí zátky, kvalita nastříkaného drátkobetonu a byl ověřován matematický model zátky. Po injektáži tělesa zkušební zátky a okolní horniny bylo přistoupeno k tlakování prostoru za zátkou směrem k mezizátkovému vrtu, čímž se ověřovalo chování zátky při vyšším tlaku než je hydrostatický a chování masívu. Na základě zkušeností a výsledků získaných při chování zkušební zátky, byla definována technologie nástřiku drátkobetonu, injektážních prací a stanovena kritéria pro vodní tlakové zkoušky. Nástřik zátek pomocí manipulátoru nahradil ruční stříkání



tlaku pneumaticko-hydraulickým systémem, který je tvořen vodou a dusíkem. Potřebný přetlak zajišťuje nadzemní technologie.

Přístupové cesty k tělesu zásobníku jsou včetně bývalých navazujících důlních děl zaplaveny důlní vodou do výše 845 m nad vlastní těleso kaverny (Domečka et al., 1997).

**Obr. č. 10 Model zásobníku s tlakovými zátkami (PZP Háje)**



Chování tlakové uzávěry sledoval v prvních třech letech provozu monitorovací systém, který byl nainstalován v mezizátkovém prostoru v předpolí zátek. U každé zátky byl umístěn jeden koncentrátor dat. Data byla dále přenášena karotážním kabelem do počítače v centrálním velínu. Počítač vyhodnocoval a archivoval cenná data získaná z cca 120 měřených míst. V současné době je v mezizátkovém vrtu umístěno tlakové čidlo, které slouží k řízení diferenčního tlaku na vnitřních zátkách.

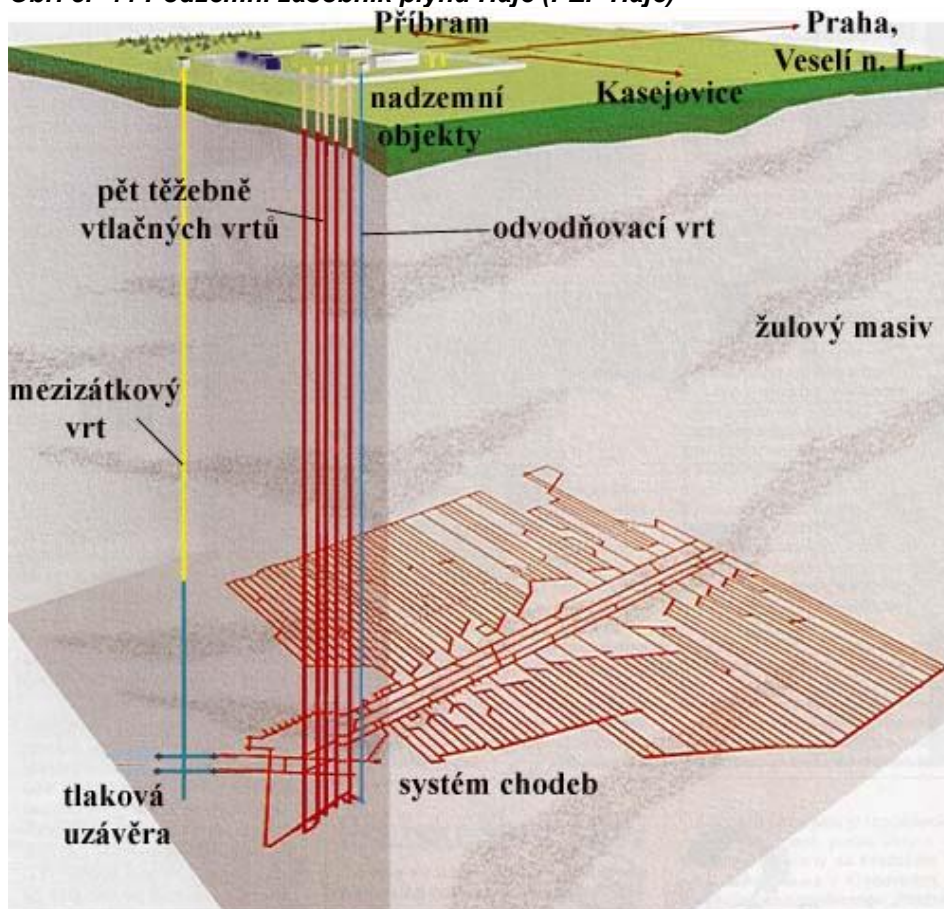
Odvodňovací vrt je druhým technologickým vrtem, který je zaveden do nejnižšího místa v zásobníku. Zde se nachází jímka o obsahu 250 m<sup>3</sup>, do které je svedena voda z celého zásobníku. Pro odčerpávání vody z podzemí je vrt vystrojen pažnicí, čerpacími trubkami a ejektorovým čerpadlem (Domečka et al., 1997).

Těžba a vtláčení zemního plynu je zabezpečeno pomocí pěti těžebně-vtláčecích sond, které propojují podzemní skladovací prostor s povrchovou technologií. Konstrukce sond je řešena s přihlédnutím k podmínce, že vrty musí být bezporuchově



provozní schopné po celou dobu životnosti zásobníku. Těžební kolony sond jsou v hloubce cca 50 m pod povrchem vybaveny podpovrchovými hydraulicky ovládanými bezpečnostními uzávěry.

**Obr. č. 11 Podzemní zásobník plynu Háje (PZP Háje)**



V nejbližším okolí podzemního zásobníku je provozována lokální seismická a plynometrická síť, kterou tvoří sedm stanic. Seismická síť registruje lokální i světové seismické děje, plynometrická síť monitoruje obsah metanu v půdních vrstvách (Domečka et al., 1997).

### 4.3 Vytěžená voda

Voda se do podzemní uskladňovací části dostává pomocí systému mezizátkového vrtu a prostoru přes tlakové uzávěry, jednak narušeným horninovým masivem a jednak přes samotné betonové zátky a to v množství 0,5 - 15 m<sup>3</sup> za den v závislosti na tlaku. Jako technologická voda pro zajištění přetlaku se používala 95 % pitná voda a to z důvodu minimální agresivity vůči betonovým konstrukcím a čistoty (Domečka et al., 1997). Zbývajících 5% bylo zajišťováno vodou z požární nádrže, která plní i funkci čističky dešťových vod a obsahuje velké množství nerozpuštěných látek, které silně poškozovaly vysokotlaká pístová čerpadla. V současné době je pitná voda

používána v minimálním množství cca 15%, zbytek je používána voda z úpravny vytěžené vody.

Množství vody, která se dostane do podzemní části zásobníku, bylo stanoveno na základě měření průsaku při tlakových zkouškách betonových zátek. Nadlimitní voda tj. cca 250 m<sup>3</sup> se vyčerpává pomocí odvodňovacího vrtu (Peisert, 1996).

Dále Peisert (1996) předpokládá znečištění této vody ve velmi malém rozsahu. Přesto doporučuje provádět kontrolní chemické rozbor, na základě kterých bude rozhodováno o využití vody pro potřeby zásobníku nebo o odstranění jako nebezpečného odpadu.

Dle provozních deníků odvodňovacího vrtu, bylo od roku 2000 do roku 2016 vytěženo průměrně 263 m<sup>3</sup>.

**Tab. č. 9 Množství vody vytěžené z odvodňovacího vrtu PZP Háje (iGS,2016i)**

<b>Rok</b>	<b>Množství vytěžené vody (m<sup>3</sup>)</b>
<b>2000</b>	225
<b>2001</b>	552
<b>2002</b>	111
<b>2003</b>	111
<b>2004</b>	133
<b>2005</b>	218
<b>2006</b>	290
<b>2007</b>	160
<b>2008</b>	141
<b>2009</b>	184
<b>2010</b>	247
<b>2011</b>	182
<b>2012</b>	0
<b>2013</b>	82
<b>2014</b>	78
<b>2015</b>	470
<b>2016</b>	493

#### **4.4 Historie nakládání s vytěženou vodou**

##### **1998**

Při prvním čerpání vody byl proveden rozbor pouze na NEL z důvodu návrhu odstranění vody zapouštěním do šachty č. 16, do důlních uranových vod. Podmínkou správce důlních vod podniku DIAMO SUL byla nepřítomnost NEL z důvodu technologie čističek důlních vod, které odstraňují uran a další těžké kovy. Vytěžená voda byla zatížena NEL ve výši 17,1 mg/l.

Dalším návrhem bylo převážení vyčerpaných vod do čistící stanice splaškových vod v areálu liniové části tranzitního plynovodu Písek, kde byl pro zadržování nebezpečných látek používán aktibent. Tento návrh nebyl realizován z důvodu vodoprávního rozhodnutí a kapacitních možností ČOV.

Nakonec byla vyčerpaná voda množství v cca 40 m<sup>3</sup> zneškodněna firmou EKOHELP a to odvozem do jejího areálu v Syrovicích u Brna, kde byla zlikvidována na mikrobiologickém poli.

#### **1998 – 2003**

Vyčerpaná voda byla upravována firmou EKOHELP odstraněním nadbytečných NEL pomocí mobilní odlučovací jednotky na hodnoty, při nichž bylo možno odvézt tyto přečištěné vody na ČOV Příbram.

#### **2004**

Filtrační jednotka byla doplněna firmou EKOTRADE o biotechnologii ENVI-GEM.

#### **2004 – 2009**

Firmy SITA, s. r. o., AVE CZ odpadové hospodářství, s. r. o., GUTRA, s. r. o. odváželi vody jako nebezpečný odpad 16 10 01

#### **2009**

Transgas,a. s. požádal podnik DIAMO s. p., o. z. SUL o možnost odvozu a likvidace vody ze zásobníku na odkališti Bytíz I a II. Vzhledem k vydanému vodohospodářskému povolení na provozování odkaliště Bytíz I a II byla tato žádost zamítnuta.

#### **2010 – 2011**

Firma SITA odváží vytěženou vodu jako nebezpečný odpad 16 10 01.

#### **2011**

Bylo navrženo vyčištění těžené vody a její využití pro potřeby v mezizátkovém vrtu (splnění podmínek dle ČSN EN 206-1) a bylo započato se studií a projektem vybudování úpravny vody.

#### **2012 – 2013**

Výstavba úpravny vody, laboratorní stanovení technologického postupu pro vlastní provoz, spuštění zkušebního provozu úpravny.

#### **2014 – dosud**

Provoz úpravny s využitím přečištěné vody pro potřeby v mezizátkovém vrtu

## Studie a návrhy

### 2005

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze dostala za úkol připravit koncepci úpravy všech vod vyskytujících se na PZP Háje. Cílem zpracování studie bylo vypouštění přečištěných důlních, splaškových a technologických vod do recipientu.

#### 4.4.1 Filtrace

V roce 1998 byl spuštěn provoz zásobníku Háje. V rámci spuštění zásobníku bylo napuštěno cca 250 m<sup>3</sup> pitné vody do odvodňovacího vrtu, z důvodu vyzkoušení technologie vrtu.

V listopadu 1998 započalo čerpání, filtrace a vzorkování vody z odvodňovacího vrtu a v dubnu následujícího roku bylo připraveno k filtraci vody následující zapojení stabilních a dodaných mobilních zařízení:

čerpaný vrt (areál PZP Háje, hloubka 1000 m)

↓ *těleso vrtu, kovové potrubí*

čerpací stanice u vrtu

↓ *kovové potrubí*

skladovací nádrž (25 m<sup>3</sup>, objekt skladového hospodářství)

↓ *vestavěné kovové potrubí*

čerpadlo (objekt čerpací stanice)

↓ *hadice 2 m*

filtr (objekt čerpací stanice)

*hadice 2 m*

↓ *kovové potrubí*

*hadice 10 m*

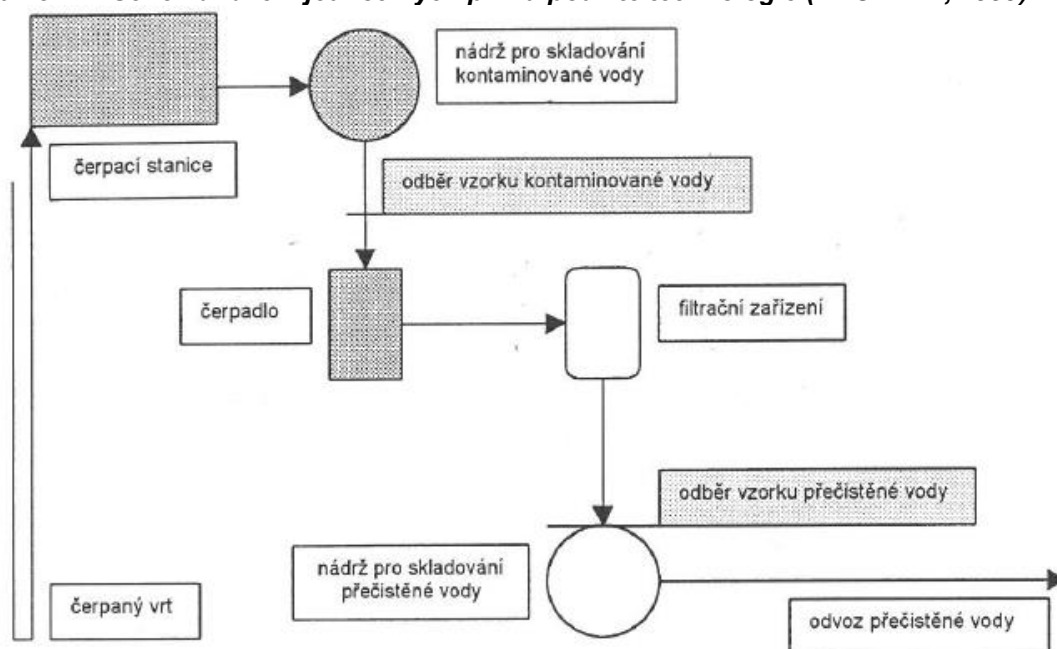
mobilní nádrž (20 m<sup>3</sup>, volná plocha před skladovým hospodářstvím)

(EKOHELP, 1999)

K čištění kontaminované vody byl použit upravený sorpčně tlakový filtr STF 500/II o objemu 0,5 m<sup>3</sup> s vestavěným lapačem sekundárních kalů. Účinná náplň filtru byla tvořena následujícími složkami:

- sorpční hydrofobní stříž
- granule aktivního uhlí
- sorpční textilní stříž

**Obr. č. 12 Schéma řazení jednotlivých prvků použité technologie (EKOHELP, 1999)**



Čerpání a čištění vody probíhalo od dubna 1999 do prosince 2013. Firma EKOHELP měla odsouhlasen odběr přefiltrované důlní vody na ČOV Příbram pokud bude přečištěná voda odpovídat limitům ČOV, tj. limitu do 4 mg/l NEL (EKOHELP, 1999)

Dle nabídky fy EKOHELP, v. o. s. byla předpokládaná cena za 1 m<sup>3</sup> vyčištěné vody následující:

první rok	1.800,- Kč/m <sup>3</sup> (nejméně však 500 m <sup>3</sup> )	tj. min. 900.000,- Kč
druhý rok	900,- Kč/m <sup>3</sup> (nejméně však 250 m <sup>3</sup> )	tj. min. 225.000,- Kč
třetí rok	600,- Kč/m <sup>3</sup> (nejméně však 150 m <sup>3</sup> )	tj. min. 90.000,- Kč

#### **4.4.2 Biodegradace a filtrace**

Po nástupu firmy EKOTRADE Most, spol. s r. o. byl stávající postup doplněn o biotechnologii. Technologie ENVI-GEM odbourává ropnou kontaminaci v době od inokulace do expedice na městskou ČOV, kde je nutné dodržet limit 4 mg/l. Stávající filtr zachycuje již jen případné zbytkové znečištění, jde tedy spíše o rezervu nebo garanci dosažených výsledků (Esentier, 2004).

Biologické čištění metodou ENVI-GEM je určeno k rozkladu ropných uhlovodíků a jejich derivátů v půdách, vodě a odpadních kalcích. V postupu ENVI-GEM je použit bakteriální preparát GEM 100. Směsná bakteriální populace preparátu GEM obsahuje dva bakteriální kmeny *Pseudomonas sp.* a *Acinetobacter sp.* Oba kmeny byly získány izolací ze vzorků půdy kontaminované ropnými uhlovodíky. Biopreparát



GEM 100 byl testován na patogenitu a toxicitu se závěrem, že tyto bakteriální kmeny je možné použít k průmyslovým účelům. Jsou to běžné půdní bakterie, které nebyly při práci s nimi mutageně ani geneticky ovlivněny. Výživovým médiem jsou hnojiva, např. fosforečnan draselný, Cererit, NPK, ledek draselný, pálené vápno (Esentier, 2004).

Biologická dekontaminace půdy a vody může probíhat in situ i ex situ. Metodu in situ je možné použít při vhodných geologických podmínkách, kdy je provedena síť vrtů nebo rýh, které slouží k aplikaci preparátu do podzemí a k jímání vody v sanovaném území. Sběrné vrty shromažďují vodu, která je pak přečerpána do aerobního bioreaktoru. Inokulace ošetřené půdy při metodě in situ může být kombinována s postřikem ošetřené lokality. Tento postup je aplikován pouze tam, kde není možné použití jiné způsoby. Tato metoda je velmi pomalá, probíhá v rozmezí od šesti měsíců až do dvou let (Esentier, 2004).

Předpokladem metody ex situ je vytěžení kontaminované půdy nebo v našem případě vyčerpání kontaminované vody. Půda je dekontaminována v hromadách na zabezpečených plochách. Před aplikací se do půdy přidává organická hmota a upravuje se pH a poměr živin. Dekontaminace vody probíhá ve větraných bioreaktorech. Čištěná voda se obohatí živinami, upraví se pH a případně i teplota zahřátím na 20 – 26 °C. Do takto upravené vody se přidá bakteriální suspenze (Esentier, 2004).

Při odběrech vzorků důlní vody před čištěním bylo zjištěno, že vstupní koncentrace NEL je v nádržích zonálně rozvrstvena, v průměru činí 40 mg/l. Naproti tomu těkavé aromatické uhlovodíky (BTEX) byly prakticky v celém objemu nádrží vyrovnané, v průměru 350 µg/l. Vzhledem k použité technologii (intenzivní provzdušňování po dobu 10 dní tj. současně doprovodný striping a navíc probíhající biodegradace) nebyla hodnota BTEX po vyčištění sledována. Vzorkování bylo zaměřeno na hlavní sumární ukazatel NEL (Esentier, 2004).

V průběhu června 2004 bylo technologií biodegradace (spolu se stripováním) a filtrace přečištěno 59 t důlní vody, jejíž hodnoty NEL se pohybovaly v rozmezí 0,77 – 2,7 mg/l. Tento ukazatel dovolil její likvidaci na ČOV v Příbrami (Esentier, 2004).

### 4.4.3 Návrh koncepce čištění odpadních vod na PZP Háje

V roce 2005 dostala Vysoká škola chemicko-technologická v Praze za úkol přijít s koncepcí úpravy důlních vod na PZP Háje. Tato studie byla zpracována za účelem zjištění možnosti vypouštění důlních a splaškových vod do recipientu. Byly odebrány vzorky důlní vody z odvodňovacího vrtu a vzorek povrchové vody z Jeruzalémského potoka jako recipientu.

Zkušební testy byly prováděny v laboratorních podmínkách na Vysoké škole chemicko-technologické Praha jako součást technicko ekonomické studie čištění vod z areálu PZP Háje. Studie byla zpracována za účelem zjištění možnosti vypouštění všech odpadních a technologických vod do recipientu (Jeruzalémského potoka).

Navrhovaná úpravna důlních, technologických a odpadních vod obsahuje následující technologie (Prokeš et al., 2005).

#### Chemická čistírna odpadních vod

##### 1. stupeň – oxidace $KMnO_4$

V tomto stupni je využit vysoký obsah  $Fe^{2+}$  v upravované vodě, který vytvoří spolu s  $KMnO_4$  Fentonovo činidlo, které se používá k oxidaci organických látek. Oxidací  $Fe^{2+}$  vzniká  $Fe^{3+}$ , které je v dalším kroku slouží jako koagulant. Předpokládaná dávka  $KMnO_4$  bude činit 31,6 mg/l.

##### 2. stupeň – koagulace + separace kalu + sedimentace

Vzhledem k nepravidelnosti produkce důlních a technologických vod je zvolen šaržovitý proces, kdy bude probíhat v jednom reaktoru postupně oxidace, koagulace s flokulací a sedimentace. Objem jedné šarže bude činit 5 m<sup>3</sup> odpadní vody načerpané do reaktoru.

Do procesu koagulace bude dávkován 40%  $Fe(SO_4)_3$  v dávce cca 30 mg/l a 0,1% polyelektrolytu (PE) v dávce cca 5 mg/l 100% PE. Během zkušebního provozu budou dávky upřesněny.

##### 3. stupeň – sorpce

Jako sorbent bylo testováno granulované aktivní uhlí a aktivovaný koks. Vzhledem k prakticky stejným výsledkům bude konečné rozhodnutí o volně sorbentu vycházet z dosahované kapacity a reakce procesu sorpce na zbytkové NL za sedimentací. Sorpce byla vyzkoušena při filtrační rychlosti 5 m/s, provozní hodnota bude nižší.

## Biologická čistírna odpadních vod

Dočištění důlních a technologických vod a čištění splaškových vod bude probíhat na malé typové aktivační ČOV. Zbytkové organické látky z čištění důlních a technologických vod budou zachyceny sorpcí na aktivovaném kalu. Dále dojde k jejich anaerobní stabilizaci v usazováku ČOV (Prokeš et al., 2005).

### Předpokládané investiční náklady

• Projekt pro stavební povolení a realizaci	285 000,- Kč
• Dokumentace skutečného provedení	65 000,- Kč
• Realizační náklady CHČOV	989 000,- Kč
• Realizační náklady BČOV	465 000,- Kč
Investiční náklady celkem	3 804 000,- Kč

### Předpokládané provozní náklady

• CHČOV – náklady na el. energii, pitnou vodu, chemické přípravky, sorbent, bez nákladů na obsluhu	76 372,- Kč
• BČOV – náklady na el. energii, náklady na zahuštění kalu včetně dopravy	27 783,- Kč
Provozní náklady celkem	104 155,- Kč

(Prokeš et al., 2005)

## 5 Metodika

Pro zpracování diplomové práce jsem čerpala data a informace z odborné literatury, projektů vypracovaných pro výstavbu a intenzifikaci PZP Háje firmou Plynoprojekt a. s., ze zpráv týkajících se ražby a celé výstavby podzemní části zásobníku Stavební geologie – GEOTECHNIKY, a. s., a z materiálů týkajících se provozování zásobníku, např. z dolového deníku a provozní dokumentace PZP Háje vedené od roku 1998.

Vyhledala jsem dostupnou dokumentaci k jednotlivým použitým způsobům odstraňování důlní vody, zpracovaný, ale nevyužitý projekt na toto téma a v neposlední řadě informace k současné úpravně důlní vody. Shrnula jsem získané poznatky o chemickém složení vody a jednotlivých způsobem nakládání s ní. Porovнала jsem výsledky rozborů s limity poplatnými době zpracování, v případě úpravy vody s limity současnými. Porovnání výše jednotlivých hlavních kontaminantů z různých procesů není zcela možné, jelikož se při použití jednotlivých metod sledovaly rozdílné parametry. Jednotlivé odebrané vzorky vody byly analyzovány v akreditovaných laboratořích ALS Group, Aquatest a v případě provozních měření úpravy vody v laboratoři firmy ICA (Inform – Consult – Aqua, s. r. o.). Při těchto odběrech jsem byla přítomna a konzultovala výsledky rozborů se zástupcem firmy. V současné době je po předsezónní přípravě úpravna vody opět schopna provozu. V nádržích je po vytěžení uskladněno cca 24 m<sup>3</sup> vody. Po provedení odběru vzorku a jeho rozboru akreditovanou laboratoří, bude úpravna vody spuštěna.

Z ekonomického hlediska jsem porovнала variantu odstraňování vody jako odpadu a její zpracování v úpravně vody.

### 5.1 Úpravna vody

V roce 2012 bylo rozhodnuto o zřízení úpravy znečištěné důlní vody. Jako zhotovitel byla vybrána příbramská společnost ICA. Firmě ICA byl poskytnut projekt PZP Háje – posouzení vtlačení ložiskové vody do mezizátkového prostoru a návrh případných nutných technických opatření (RWE Plynoprojekt, s. r. o., 2012).

#### 5.1.1 Hodnocená kritéria zadání

Těžená ložisková voda ze skladovacího prostoru PZP Háje je produktem vodní tlakové clony vytvářené v okolí mezizátkového prostoru PZP. Skladování zemního

plynu na PZP Háje, tj. zásobníku v krystalických pevných horninách, je podmíněno vytvářením vodní tlakové clony, jako těsnícího tlakového prvku puklinového systému horninového okolí skladovacího prostoru. Vodní tlaková clona v mezizátkovém prostoru je vytvářena vtlačáním upravené pitné vody z vodárenského systému (RWE Plynoprojekt, s. r. o., 2012).

Průměrné roční množství těžené ložiskové vody, se pohybuje od roku 1998, kdy byl zahájen provoz, cca 212 m<sup>3</sup>. Z vyhodnocení provozu vyplývá, že množství těžené ložiskové vody není příliš ovlivňováno výší ložiskového tlaku v zásobníku. Dosud byla vytěžená ložisková voda buď upravena mobilní čistírnou vod a odvážena na městskou ČOV (čistírna odpadních vod) nebo rovnou odvážena jako nebezpečný odpad bez využití v technologii provozu zásobníku (RWE Plynoprojekt, s. r. o., 2012).

V případě využití vytěžené a přečištěné důlní vody do mezizátkového vrtu je nutné splnit následující kritéria:

- chemická neagresivita vůči drátkobetonovým konstrukcím zátek posuzovaná podle ČSN EN 206-1 Beton, agresivita podzemní vody,
- nepřítomnost chemických látek způsobujících postupnou kontaminaci vod puklinového oběhu a tím ohrožení životního prostředí posuzovaná podle Metodického pokynu MŽP 12/2005 pro analýzu rizik kontaminovaného území,
- odstranění mechanických částic, které by mohly způsobit postupnou kolmataci puklinového systému okolí mezizátkového vrtu a tím snížit účinnost vodní tlakové clony (RWE Plynoprojekt, s. r. o., 2012).

Za účelem chemické analýzy byl odebrán vzorek ložiskové vody dne 6. 2. 2012 viz příloha č. 1.

### **Chemický charakter důlní vody**

Důlní voda obsahuje organické i anorganické znečištění doprovázené zákalem i nahnědlým až hnědým zabarvením, které je způsobováno zvýšenou koncentrací iontů železa a manganu (ICA, 2012).

Silný pach vody je způsoben vysokou koncentrací vyšších uhlovodíků, jako je benzen, naftalen, toluen apod.

Koncentraci vodíkových iontů v alkalické oblasti potvrzují poměrně vysoké hodnoty sumy vápníku a hořčíku, včetně hodnoty kyselinové neutralizační kapacity (KNK<sub>4,5</sub>).

Dále je vysoká hodnota hydrogenuhličitanů i celkového organického znečištění stanovené jako CHSK<sub>Cr</sub>.

Chemické složení podzemní důlní vody potvrzuje i vysoká koncentrace rozpuštěných i nerozpuštěných látek (ICA, 2012).

## **Technologická úprava důlní vody**

V rámci technologické úpravy důlní vody je nutné zabezpečit kontinuální provoz v rozsahu obsluhy technologického zařízení, kontrolní činnost, následný servis, dále dodávku spotřebního materiálu, především chemických látek. Nezbytnou součástí provozu úpravny je rovněž zabezpečení kontrolních odběrů vzorků vody ve stanoveném rozsahu i zajištění jejich analýz v akreditované laboratoři.

Vzhledem k chemickému složení upravované důlní vody musí být značná pozornost věnována důkladnému odvětrání plynů ve vertikální provzdušňovací jednotce, zvláště pak methanu, ethanu a ethenu, které jsou ve vodě obsaženy ve vysoké koncentraci.

Rovněž navazující chemická úprava probíhající v technologické samonosné nádrži v několika stupních musí garantovat optimální oddělení pevných mechanických nečistot formou dávkování chemických látek s následnou fází perikinetické a orthokinetické koagulace.

Po následné volné sedimentaci usaditelných vysrážených látek, je odsazená voda čerpána na dva duplexní filtrační komplety. V prvním stupni filtrace vrstvou velice jemné filtrační náplně Ceramic se z upravované vody eliminuje zbytkové mechanické znečištění do velikosti pěti mikronů. Ve druhém stupni filtrace se v granulovaném aktivním uhlí adsorbují v rozpuštěné formě organické látky, zvláště pak benzen.

Odsazená kalová složka, která v technologické nádrži zůstává po koagulaci a homogenizaci, je přepuštěna do kalové nádrže. Po následné úpravě homogenizací a sedimentací (nadávkování chemického roztoku), je kalová voda (cca 80 - 90% z celkového objemu) přečerpána zpět do technologické nádrže a zpracována s další šarží upravované vody.

Zahuštěný kal je po přečerpání odvezen odbornou firmou k likvidaci (ICA, 2016).

### **Hodnotící kvalitativní kritéria**

Chemická agresivita vůči drátkobetonovým konstrukcím posuzovaná podle ČSN EN 206-1 (73 2403) Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – tab. 2 – XA3.

#### *Vstupní neupravená voda*

Ložisková voda nedosahuje hodnot ani pro úroveň velmi slabá agresivita vůči betonu, u hodnocených hodnot pH, Mg, SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>.

#### *Upravená voda*

Technologickou úpravou se naopak u této vody zvyšuje hodnota pH. Mg a SO<sub>4</sub> se neupravují, CO<sub>2</sub> a NH<sub>4</sub>, které jsou i bez úpravy vyhovující, se intenzivním provzdušněním eliminují.

Nepřítomnost chemických látek způsobujících postupnou kontaminaci vod hlubokého puklinového oběhu a tím ohrožení životního prostředí posuzované dle Metodického pokynu MŽP 12/2005 pro analýzu rizik kontaminovaného území.

#### *Vstupní neupravená voda*

Porovnáním chemické analýzy s Metodickým pokynem MŽP vyplynulo překročení signální hodnoty kritéria B pouze u hodnot benzenu, tj. 422,0 µg/l. Překročení hodnoty kategorie B se posuzuje jako znečištění, které může mít negativní vliv na zdraví člověka a na jednotlivé složky životního prostředí. Koncentrace benzenu by neměla překročit cca 15 µg/l.

#### *Upravená voda*

Technologickou úpravou podzemní vody se koncentrace benzenu snížila na úroveň měřitelnosti (ALS Praha – akreditovaná laboratoř, ve které byly rozbory vstupní neupravené a upravené vody prováděny). Hodnota benzenu v upravené vodě je registrována v rozsahu < 0,2 µg/l (hranice měřitelnosti 0,2 µg/l).

Odstranění veškerých mechanických nečistot, které by mohly způsobit postupnou kolmataci puklinového systému okolí mezizátkového prostoru a tím výrazně snížily účinnost vodní tlakové clony.

#### *Vstupní neupravená voda*

Hodnota nerozpuštěných látek ve vstupní neupravené vodě je 159,0 mg/l.

#### *Upravená voda*

Po realizované technologické úpravě vykazovala koncentrace nerozpuštěných látek v upravované vodě hodnotu < 5,0 mg/l (ICA, 2016).

### **5.1.2 Zkušební provoz**

Vlastnímu zahájení zkušebního provozu předcházelo provedení laboratorních testů. Kromě provedení kvalitativních rozborů důlní vody, především z hlediska koncentrace iontů železa, které jsou ve vodě ve výrazně větších hodnotách, než je uvedeno v příloze č. 1 (viz tab. č. 18), byly testovány parametry, které se mohou výrazně podílet na koagulačních srážecích reakcích při separaci železa formou volné sedimentace a následné filtraci (pH, KNK<sub>4,5</sub>, ZNK<sub>8,3</sub>,  $\Sigma$  (Ca + Mg), Fe) (ICA, 2016).

V druhé polovině května, červnu a červenci 2013 byly v laboratoři firmy ICA provedeny technologické testy, ve kterých byly upřesněny optimální podmínky pro oxidaci iontů železa na nerozpustné oxidy a jejich oddělení z upravované vody formou volné sedimentace. Po provedených laboratorních zkouškách byl upřesněn postup zkušebního provozu instalované technologické linky. Na základě získaných

výsledků a chování upravované vody v průběhu procesu provzdušňování, kdy kvůli silnému pění upravované vody došlo k omezení prostupnosti vzduchového protiproudého proudění umělohmotnou vestavbou vertikální provzdušňovací věže, byla provedena výměna původního ventilátoru za zařízení s větší provozní kapacitou.

Po nadávkování optimálního množství chlorovaného desinfekčního media s obchodním názvem SAVO Originál a koagulantu síranu železitého (PIX-113), dochází po homogenizaci s upravovanou vodou k výrazné tvorbě nerozpustných oxidů železa a dalších organických látek. Po ukončení provzdušňovacího cyklu upravované vody dochází k velice rychlé volné sedimentaci železitých kalů na dno technologické nádrže. Provedenými rozbory vody bylo dokladováno odvětrání těkavých látek z upravované vody. Jejich koncentrační hodnoty po realizovaném provzdušnění upravované vody byly na hranici měřitelnosti s označením < (viz příloha č. 2 a 3).

Takto předupravená voda je čerpána na technologický filtrační stupeň pro separaci veškerých mechanických nečistot (duplexový komplet ER KINETICO 2000 ceramic). Následně je voda čerpána na technologický filtrační komplet pro adsorbci zbytkových hodnot těkavých organických látek (duplexový komplet ER KINETICO 2000 carbon). Takto upravená voda je po ověření chemických kvalitativních parametrů čerpána do technologické akumulární jímky.

Odsazená kalová voda s podílem odsedimentovaného kalu je čerpána do kalové technologické nádrže o obsahu 5,0 m<sup>3</sup>. V průběhu technologické úpravy kalové směsi jsou do prostoru technologické nádrže postupně v předepsaném režimu nadávkovány vodné roztoky síranu železitého (PIX-113) + chlorový roztok a flokulačního polymeru SUPERFLOCK A100PWG v předepsané koncentraci. Po následné homogenizaci a pozvolném promíchání kalové vody se formou volné sedimentace oddělí kal od kalové vody. Kal je odčerpán do kontejnerové nádrže a odvezen. Kalová voda je přečerpána zpět do technologické nádrže a společně s další šarží důlní vody zpracována uvedeným technologickým postupem (ICA, 2016).

Kontrolní vzorky upravené vody byly i nadále zpracovávány v akreditované laboratoři v dohodnutém rozsahu.

Důlní voda je značně zatížena organickým i anorganickým znečištěním. Rozpuštěné látky představují koncentraci cca 1500 mg/l. Značné koncentrační zatížení představují hodnoty benzenu (437,0 µg/l), toluenu (214,0 µg/l) i dalších organických látek. Vysoká hodnota je registrována rovněž u plyných látek, zvláště pak methanu (8.070,0 µg/l), ethanu (423,0 µg/l) i acetylenu (57,6 µg/l), tak jak je vidět v příloze č. 1.



Realizovanou technologickou úpravou této podzemní důlní vody se velice výrazně zkvalitní její chemické složení. V kontrolních rozborech upravené vody je uvedené znečištění maximálně eliminováno, což je dokladováno zpracovanými vzorky vody akreditovanou laboratoří v průběhu zkušebního provozu. Hodnoty BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen, xylen) látek jsou registrovány na hranici stanovitelnosti minimální koncentrace (ICA, 2016).

### **5.1.3 Vyhodnocení zkušebního provozu**

V průběhu měsíce září 2013 byla dokončena úprava poslední 10,0 m<sup>3</sup> šarže důlní vody. V průběhu tohoto období byl upřesněn technologický režim úpravy vody, jehož rozsah musel zohlednit silné pění vody, které prakticky vyloučilo její okamžité provzdušňování po nadávkování oxidačního chlorového roztoku, který garantuje tvorbu oxidů železa a jejich následnou volnou sedimentaci (ICA, 2016).

Velice nízký obsah nerozpuštěných látek je dokladován jejich hodnotou sušených při 105°C, tj. < 5,0 mg/l. Hodnoty organických látek – vybraných kvalitativních parametrů jsou po druhém filtračním stupni (adsorpce v granulovaném aktivním uhlí) velice nízké – prakticky zanedbatelné (viz příloha č. 2).

Na základě zkušebního provozu instalovaného technologického zařízení v roce 2013 byla upřesněna technologická koncepce úpravy podzemní důlní vody. Rovněž byl zpracován technologický režim pro jednu provozní šarži, tj. 10,0 m<sup>3</sup> upravované důlní vody (ICA, 2016).

### **5.1.4 Příprava technologie**

#### **Laboratoř ICA, s. r. o. Příbram**

Stanovení optimálních podmínek pro oxidaci iontů železa – dávkování silně oxidačního a desinfekčního media s obchodním názvem SAVO.

#### ***Květen 2013***

Odběr vzorku vody ze zásobní nádrže. Provedení rozboru vody se zaměřením na chemické parametry, které jsou rozhodující pro oxidaci iontů železa s následnou volnou sedimentací. Voda z nádrže je silně zakalena červenohnědým sedimentem. Koncentrace železa v upravované vodě je vysoká a přesahuje hodnotu 10,0 mg/l, tj. 10,0 g/m<sup>3</sup> vody.

Opakovaný rozbor vody v průběhu měsíce května potvrdil uvedené kvalitativní parametry:

pH	6,8 – 7,7
KNK <sub>4,5</sub>	15,0 – 20,0 mmol/l
Σ(Ca + Mg)	25,0 – 28,0 °N
Fe	10,0 – 15,0 mg/l

### Červen 2013

Odběr vzorku vody pro laboratorní ověření dávky NaClO (SAVO) ke stanovení podmínek pro optimální oxidaci iontů železa a jejich následnou volnou sedimentaci. Laboratorní postup - na objem 1,0 l vzorku vody bylo použito v několika variantách chlorové medium SAVO.

**Tab. č. 10 Vyhodnocení provedených laboratorních testů (ICA, 2016)**

Objem vzorku vody (l)	Dávka NaClO		Odsazená voda po 24 hod. sedimentaci
	ml/l	mg Cl <sub>2</sub> /l	mg Fe/l
1,0	0,3	13,5	1,5
1,0	0,5	22,5	1,0
1,0	0,7	31,5	0,5 - 0,8
1,0	1,0	45,0	0,4 - 0,5
1,0	2,0	90,0	0,05 - 0,2

Optimální dávka NaClO, tj. 2,0 ml/l, tj. 2,0 l/m<sup>3</sup> vody, umožní po 24 hodinové volné sedimentaci optimální vysrážení iontů železa a jejich následnou sedimentaci. Uvedená optimální dávka NaClO v koncentraci 90,0 mg/l představuje hodnotu 2,0 l NaClO/m<sup>3</sup> vody, tj. 20,0 l NaClO na jednu šarži odpadní vody, tj. 10,0 m<sup>3</sup>.

### Červenec 2013

V průběhu července byly zopakovány technologické zkoušky s dávkováním desinfekčního media do upravované vody, doplněné o intenzivní provzdušňování, což je v provozu realizováno vertikální provzdušňovací věží.

Laboratorní zkoušky potvrdily výsledky provedených testů z června 2013, intenzivní provzdušňování podstatně zkvalitnilo a urychlilo oxidační procesy iontů železa a současně i docházelo k očekávanému snižování hodnoty volného chloru (ICA, 2016).

**Tab. č. 11 Závěrečné vyhodnocení provedených zkoušek**

Objem vzorku vody (l)	Dávka NaClO		Odsazená voda po 24 hod. sedimentaci	
	ml/l	mg Cl <sub>2</sub> /l	mg Fe/l	mg Cl <sub>2</sub> /l
1,0	0,3	13,5	1,8 - 2,0	0,8 - 1,5
1,0	0,5	22,5	1,0 - 1,5	0,9 - 1,0
1,0	0,7	31,5	0,8 - 1,0	0,6 - 0,8
1,0	1,0	45,0	0,2 - 0,45	0,4 - 0,6
1,0	2,0	90,0	0,05 - 0,1	0,2 - 0,3

Chemické kvalitativní parametry při dávce 2,0 ml NaClO/l, tj. 90,0 mg Cl<sub>2</sub>/l.

pH	6,3
KNK <sub>4,5</sub>	1,0 mmol/l
ZNK <sub>8,3</sub>	2,7
Σ(Ca + Mg)	20,0 °N, tj. 3,57 mmol/l
Fe	0,05 mg/l

### **Srpen 2013**

Stanovená dávka desinfekčního a oxidačního media SAVO (90,0 g Cl<sub>2</sub>/l , tj 2,0 l/m<sup>3</sup>) doplněná intenzivním provzdušňováním v průběhu 24 hod a následnou volnou sedimentací nerozpuštěné formy oxidů železa (společně s manganem) byla ověřována v průběhu zkušebního provozu (ICA, 2016).

Výsledky stanovení těkavých organických látek po 24 hodinovém provzdušňování s nadávkování 20 l media SAVO/10 m<sup>3</sup> vody, tj. jedna provozní šarže, jsou uvedeny v tab. č. 12.

**Tab. č. 12 Hodnoty před a po 24 hodinovém provzdušňování**

Stanovený ukazatel	Hodnota před úpravou	Hodnota po chemické úpravě před filtrací přes aktivní uhlí
benzen	437,0 µg/l	0,28 µg/l
toluen	214,0 µg/l	< 0,1 µg/l
ethylbenzen	17,3 µg/l	< 0,1 µg/l
xylén - meta, xylén - O	suma 69,4 µg/l	< 0,3 µg/l
suma BTEX	738,0 µg/l	< 1,6 µg/l
uhličitany	0 mg/l	0 mg/l
hydrogenuhličitany	893 mg/l	725,0 mg/l
KNK <sub>4,5</sub>	14,6 mmol/l	< 0,15 mmol/l
ZNK <sub>8,3</sub>	1,06 mmol/l	0,271 mmol/l
CO <sub>2</sub> agresivní	0 mg/l	0 mg/l
vápník	170,0 mg/l	148,0 mg/l
železo	> 10,0 mg/l	< 0,02 mg/l
mangan	16,4 mg/l	13,8 mg/l

Provozní hodnoty jednotlivých kontaminantů upravované vody po sedimentaci a filtraci zpracované v laboratoři ICA ukazuje tab. č. 13.

**Tab. č. 13 Hodnoty kontaminantů po sedimentaci a filtraci (ICA, 2016)**

Datum	Chemické kvalitativní parametry						
	po sedimentaci						po filtraci
	pH	$\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$ °N	Ca mg/l	Fe mg/l	Cl <sub>2</sub> mg/l	KNK <sub>4,5</sub> mmol/l	Fe mg/l
18.07.2013	7,0	20,0	151,0	0,8	0,5	17,0	0,1
26.07.2013	7,3	21,0	144,0	0,5	0,45	17,0	0,08
15.08.2013	7,8	20,0	140,0	0,5	0,3	15,0	0,05

### Doplňující technologické zařízení pro provoz kalového hospodářství

Cílem laboratorního testu je vybrat optimální koagulant a případně pomocný polymer a stanovit jejich ideální dávky.

#### Metodika laboratorních zkoušek

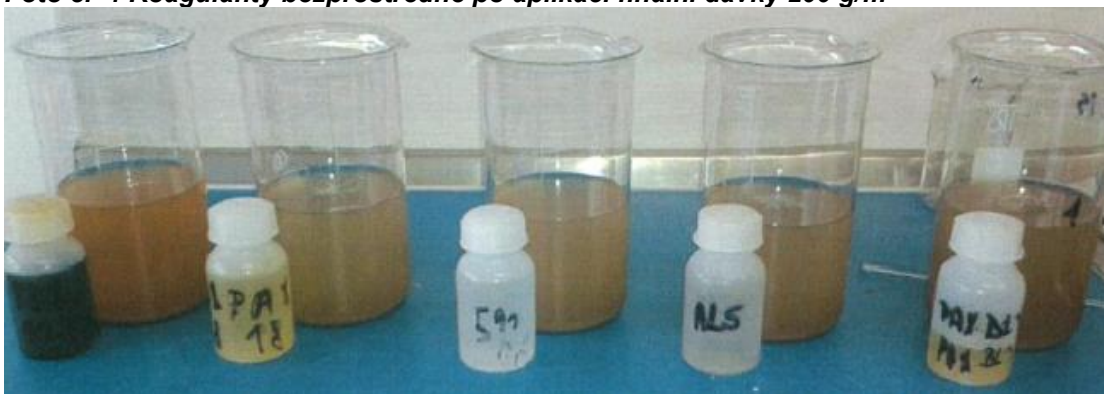
Na laboratorní testy byly použity 1000 ml kádinky, objem vzorku 500 ml. Míchání bylo provedeno ručně skleněnou tyčinkou. Při laboratorních pokusech se pohledově sledovala tvorba vloček, jejich velikost, pevnost, struktura a rychlost sedimentace po vyčeření vzorku (ICA, 2016).

#### Použité chemické látky a přípravky

V testech byly použity koagulanty síran železitý, PAX-18, organický koagulant C591, síran hlinitý a směsný koagulant s obsahem polymeru PAX-BL1. Dávky produktů byly určeny postupným přidáváním koagulantů. Pro zvýšení účinku sedimentace byl použit předem vytipovaný polymer řady Superfloc A-100.

Dosažené výsledky laboratorního testu jsou zdokumentovány fotografiemi (ICA, 2016).

**Foto č. 1 Koagulanty bezprostředně po aplikaci finální dávky 200 g/m<sup>3</sup>**



síran  
železitý

PAX-18

C591

síran  
hlinitý

směsný  
koagulant  
+ polymer  
PAX-BL1

**Foto č. 2 Koagulanty po aplikaci finální dávky 200 g/m<sup>3</sup> a deseti minutách sedimentace**



síran  
železitý

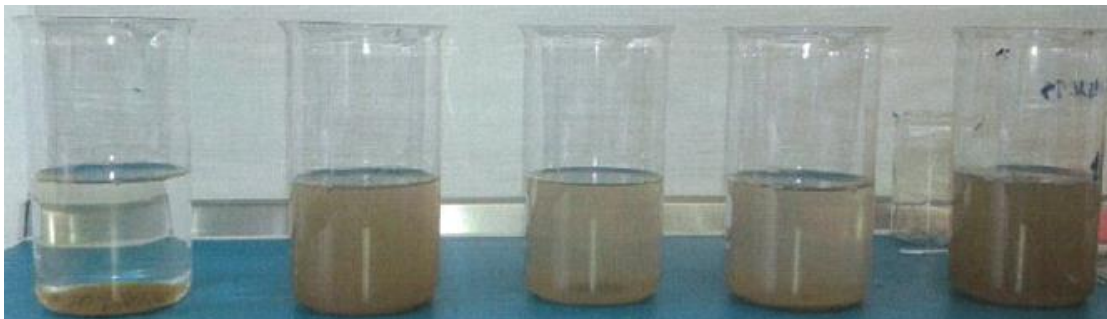
PAX-18

C591

síran  
hlinitý

směsný  
koagulant  
+ polymer  
PAX-BL1

**Foto č. 3 Koagulanty po aplikaci finální dávky 200 g/m<sup>3</sup> + 4 g/m<sup>3</sup> polymeru A-100 a deseti minutách sedimentace**



síran  
železitý

PAX-18

C591

síran  
hlinitý

směsný  
koagulant  
+ polymer  
PAX-BL1

**Foto č. 4 Koagulant síran železitý po aplikaci finální dávky 200 g/m<sup>3</sup> + 4 g/m<sup>3</sup> polymeru A-100 a deseti minutách sedimentace**



## **Zkušební provoz instalovaného technologického zařízení**

### **Červen 2013**

Cirkulace vody přes provzdušňovací věž podpořila silný nárůst pěny, která prakticky znemožnila optimální funkci provzdušňovacího zařízení. Po hodině provozu byl ventilátor z důvodu neprůchodnosti umělohmotné vestavby vertikálního provzdušňovacího kompletu a silném zvlhčení jeho elektro části „spálen“ a odstaven z provozu. Obratem byl dodavatelem technologie objednán nový ventilátor s podstatně vyššími provozními parametry.

### **Červenec 2013**

Po provedené výměně ventilátoru byl zahájen zkušební provoz instalované linky na úpravu důlní vody v následujícím rozsahu.

Cirkulace „první šarže“ upravované vody v množství 10 m<sup>3</sup>.

- a) V průběhu cirkulace vody z technologické nádrže do vertikální provzdušňovací jednotky s vypnutým ventilátorem bylo zahájeno dávkování koncentrovaného roztoku SAVO do upravované vody v optimálním množství potvrzeném provedenými laboratorními testy, tj. 2 l/m<sup>3</sup> vody, tj. 20 l chlorového media na 10 m<sup>3</sup> vody.
- b) Po nadávkování uvedeného množství koncentrovaného roztoku SAVO do 10 m<sup>3</sup> upravované vody bylo zahájeno provzdušňování vody formou cirkulace vody přes vertikální provzdušňovací věž.

Dávkovaný objem chlorového roztoku v množství 2,0 ml/l, tj. 2,0 l/m<sup>3</sup> vody zabezpečil optimální rozsah oxidace iontů železa i dalších přítomných organických látek. Následná volná sedimentace v dostatečném časovém rozpětí 2 x 24 hod. oddělila usaditelné oxidy železa na dno technologické nádrže. Cca 1,5 m<sup>3</sup> vody s oddělitelnými oxidy železa bylo následně přečerpáno do kalové nádrže. (ICA, 2016).

### **Srpen 2013**

V průběhu měsíce srpna bylo provedeno několik kontrolních odběrů upravované vody, které byly zpracovávány v laboratoři ICA v rozsahu stanovení hodnoty pH,  $\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg})$ , volného chloru, kyselinové neutralizační kapacity (KNK<sub>4,5</sub>) a obsahu železa (ICA, 2016).

## 6 Současný stav

### 6.1 Popis zařízení a jeho umístění

Úpravna vody je komplex zařízení, zajišťující úpravu vyčerpané vody z podzemí (příloha č. 4) s následným využitím pro technologickou spotřebu v mezizátkovém prostoru. Zařízení je umístěno v hale skladového hospodářství. Voda je upravována na potřebnou kvalitu tak, aby nedocházelo k poškození betonových konstrukcí zátek. Vyčerpaná voda obsahuje organické i anorganické znečištění, doprovázené zákalem i nahnědlým až hnědým zabarvením, které je způsobováno zvýšenou koncentrací iontů železa a manganu. Rozpuštěné látky představují koncentraci cca 1 500,0 mg/l. Značné koncentrační zatížení představují hodnoty rozpuštěných látek, benzenu, toluenu i dalších organických látek. Vysoká hodnota je registrována rovněž u plyných látek, zvláště pak methanu, ethanu i acetylenu (ICA, 2014).

#### 6.1.1 Základní technické prvky zařízení

1. propojovací a dopravní potrubí typu FV PPR
2. dopravní čerpadlo zn. Calpeda,  $Q = 2 \text{ l/s}$
3. dávkovač IWAKI C31- VHER
4. technologická polyethylenová jímka o obsahu  $15 \text{ m}^3$  spolu s provzdušňovací věží SK 40/200, ventilátorem a vzduchovým filtrem s náplní aktivního uhlí
5. dvě ponorná kalová čerpadla
6. tlaková AT stanice zn. Calpeda  $Q = 0,5 \text{ l/s}$
7. filtry ER/Kinetiko 2000 s keramickou náplní
8. filtry ER/Kinetiko 2000 s karbonovou náplní
9. technologická samonosná polyethylenová nádrž o celkovém obsahu  $5,2 \text{ m}^3$  s míchadlem
10. dva IBC kontejnery à 1000 l (ICA, 2014).

#### 6.1.2 Specifikace používaných chemických produktů

- Síran železitý (PIX-113) vodný roztok  
Příslušné určení použití směsi dle bezpečnostního listu – úprava pitných a průmyslových vod, čištění všech druhů odpadních vod.
- SUPERFLOCK A100PWG  
Dle bezpečnostního listu je flokulant/koagulant určen pro různá použití, např. k úpravě pitných vod, pro zlepšení filtrace atd.

- SAVO  
Určené použití směsi dle bezpečnostního listu - dezinfekce podlah, ploch, předmětů, hygienického náčiní, pitné vody, likvidace řas v bazénech, možno použít pro odstranění zápachu a na bělení textilií, dřeva apod., Dále jako dezinfekční přípravek v lékařství, veterinární, potravinářské a všeobecné praxi. Směs je účinná proti mikroskopickým vláknitým houbám, lišejníkům, řasám a má vysoké baktericidní účinky.

### 6.1.3 Technologické schéma

Technologie úpravny vody (příloha č. 4) je rozčleněna do tří propojených okruhů

1. okruh technologické jímky s provzdušňovací věží a dávkovačem umístěným v budově skladového hospodářství
2. okruh filtrace umístěný v budově ATS
3. okruh zahuštění kalu umístěný v budově skladového hospodářství

#### Okruh technologické jímky

V budově skladového hospodářství dochází k chemické úpravě vody v okruhu technologické jímky, která zajišťuje

- čerpání vody ze zásobní nádrže do technologické nádrže,
- dávkování oxidačního chlorového media s obchodním názvem SAVO v množství 20,0 l dávkovacím čerpadlem IWAKI C31-VHER,
- homogenizace upravované vody s chlorovým roztokem,
- stabilizace chemických reakcí v upravované vodě,
- odvětrání organických látek a plynů formou cirkulace upravované vody přes vertikální provzdušňovací věž,
- oddělení vysrážených oxidů železitého charakteru a dalších organických látek z upravované vody formou volné sedimentace,
- odčerpání odsedimentovaného kalu do kalové zahušťovací nádrže k dalšímu zpracování.

#### Okruh filtrace

Po chemické úpravě je odsazená voda přečerpána přes automatickou tlakovou stanici do druhé provozní budovy – budovy automatické tlakové stanice. Zde dochází k jejímu zpracování formou dvoustupňové filtrace.



- 1. stupeň – separace veškerých mechanických nečistot
- 2. stupeň – separace zbytkových organických látek formou filtrace vrstvou granulovaného aktivního uhlí

#### **Okruh zahuštění kalu (příloha č. 5)**

zajišťuje

- přečerpání kalové vody do technologické jímky (cca 1,5 – 2,0 m<sup>3</sup> na jednu šarži upravované vody, která činí 10,0 m<sup>3</sup>),
- dávkování chemikálií dle technologického postupu,
- odsazení zahuštěných kalů (30 min.),
- přečerpání kalové vody do technologické nádrže,
- přečerpání kalu do kontejneru a jeho odvoz k likvidaci.

#### **6.1.4 Technologický postup čištění vody**

- Přečerpání 10,0 m<sup>3</sup> vody z nádrže do nádrže technologické – kontinuální řízené dávkování + kontrolní odběr neupravené vody,
- jednorázové doplnění roztoku SAVO do technologické nádrže čerpadlem IWAKI C31-VHER – 20,0 l,
- homogenizace SAVO - VODA (1,5 hod.),
- samovolná stabilizace chemických reakcí – 48 hodin,
- uvedení do provozu cirkulace vody přes provzdušňovací jednotku a ventilace,
- cirkulace vody přes provzdušňovací jednotku - min. 72 hodin,
- vypnutí cirkulačního čerpadla,
- volná sedimentace vysrážených kalů – 48 hodin.

Po nadávkování optimálního množství chlorového desinfekčního media s obchodním názvem SAVO dochází po homogenizaci s upravovanou vodou k výrazné tvorbě nerozpustných oxidů železa a dalších organických látek. Po ukončení provzdušňovacího cyklu upravované vody dochází k velice rychlé volné sedimentaci železitých kalů na dno technologické nádrže.

- Zpracování odsazené čisté vody
  - čerpání vody dle potřeby,
  - dvoustupňová filtrace vody zařízením KINETICO,
  - regenerace filtračních náplní,
  - kontrolní odběr vzorku upravené vody.

- Zpracování zahuštěných kalů
  - přečerpání kalové vody do nádrže
  - příprava chemických roztoků SAVO, síranu železitého a anionaktivního polymeru SUPERFLOCK A100PWG,
  - nadávkování chemikálií do kalové vody,
  - odsazení zahuštěných kalů (30 min.),
  - přečerpání kalové vody do technologické nádrže k následné šarži,
  - přečerpání kalu do kontejneru a jeho odvoz k likvidaci.

Nádrž je opatřena pomalu-otáčkovým míchadlem (70 ot./min) pro optimální tvorbu koagulace vločkového kalu s následnou volnou sedimentací. Optimální průběh koagulace s následnou tvorbou usaditelných kalových vloček garantuje v první fázi dávkování roztoku síranu železitého (PIX-113) v dávce 150,0 – 200,0 g/m<sup>3</sup> vodného kalu + oxidační chlorový roztok SAVO. Koagulační roztok musí být ještě před vstupem do nádrže důkladně promíchán. Teprve poté je přiváděn do technologické zahušťovací nádrže. V průběhu pomalého míchání (70 ot./min) cca po 5 – 10 minutách je do kalové vody dávkován vodný roztok anionaktivního polymeru SUPERFLOCK A100PWG v dávce cca 4,0 g/m<sup>3</sup> vodného kalu. Časový rozsah pomalého míchání cca 5 – 10 min. Po ukončení fáze pomalého míchání následuje volná sedimentace vyvločkováného kalu v časovém rozsahu cca 60 – 120 min. Voda nad odsazeným kalem je odčerpána zpět do technologické nádrže (cca 1,5 m<sup>3</sup>) a bude zpracována s další následnou šarží podzemní vody (10,0 m<sup>3</sup>). Zahuštěný kal je přečerpán do zásobního kontejneru a následně odvezen akreditovanou firmou k likvidaci (ICA, 2014).

### 6.1.5 Dávkování chemikálií – cirkulace a homogenizace kalové vody

- Přípravné práce následují v tomto sledu
  - do zásobníku (pro čerpadlo IWAKI ES B11) nalít 10,0 l vody + 0,5 l roztoku SAVO,
  - připravit odměrku 180,0 ml roztoku síranu železitého,
  - ve 4,0 l vody (barel) rozpustit 6,0 g polymeru A100
  - překontrolovat nastavení čerpadla IWAKI ES B11 (Q = 2,0 l/hod.)
  - uvést do provozu pomalootáčkové lopátkové míchadlo v nádrži kalové vody
- Dávkování roztoku síranu železitého
  - do nádrže s kalovou vodou aplikovat připravený roztok síranu železitého (180,0 ml)
  - uvést do provozu cirkulační čerpadlo QSB-2JH-900

- uvést do provozu dávkovací čerpadlo IWAKI ES B11
  - po 5 min. provozu odstavit z provozu čerpadlo IWAKI ES B11
  - cirkulační čerpadlo QSB-2JH-900 i lopatkové míchadlo zůstávají v provozu
- Dávkování roztoku polymeru A100
    - do nádrže s kalovou vodou aplikovat připravený vodný roztok polymeru A100 (cca 4,0 l připraveného roztoku),
    - v provozu zůstává cirkulační čerpadlo QSB-2JH-900,
    - po 5 min. provozu odstavit z provozu cirkulační čerpadlo,
    - po 10 min. provozu odstavit z provozu lopatkové míchadlo v kalové nádrži.

Umístění technologické linky na úpravu důlní vody nedovoluje provoz v zimních měsících. Dle místních klimatických podmínek se předpokládá provoz úpravny vody v období cca od dubna do listopadu kalendářního roku. Po ukončení provozu musí být provedeno „zazimování“ formou odstavení filtračních kompletů, výměny filtračních náplní (aktivní uhlí + ceramic), komplexní vyčištění technologické i kalové jímky ekologickými přípravky Carela, včetně uložení volné čerpací techniky z provozní haly. V jarním období je opětovně technologická linka zkompletována a připravena do následného provozního režimu (ICA, 2014).

Obsluhu celého zařízení a dodávku chemických látek provádí firma ICA. Firma také provádí provozní ověření kvality přečištěné důlní vody ve své laboratoři (ICA, 2014).

## 7 Výsledky

### 7.1 Vyhodnocení postupů čištění na kvalitu vody

#### 7.1.1 Metoda filtrace prováděná firmou EKOHELP

Dne 19. 10. 1998 byl proveden chemický rozbor vzorku vody z odvodňovacího vrtu. Množství NEL ve vodě bylo ve výši 17,1 mg/l, další rozbor z 26. 10. 1998 prokázal NEL ve výši 7,8 mg/l (EKOHELP, 1998).

Výsledky z třetího rozboru laboratorního vzorku odebraného 2. 11. 1998 z odvodňovacího vrtu jsou uvedeny v tab. č. 14. Vzorek vody byl odebrán v prostoru objektu skladového hospodářství z nádrže o objemu 25 m<sup>3</sup>. Vzorkování bylo provedeno sléváním jednotlivých zonálních frakcí tak, aby byly zastoupeny jednotlivé vrstvy z odebíraného vzorku. Vzorek byl analyzován ve smyslu tehdy platného ustanovení Přílohy č. 1 k zákonu č. 58/1998 Sb. o poplatcích za vypouštění odpadních vod.

**Tab. č. 14 Přehled výsledků rozboru (EKOHELP, 1998)**

Parametr	Jednotka	Hodnota	Limit zpoplatnění koncentrační (mg/l)
<b>CHSK<sub>Cr</sub></b>	(mg/l)	<b>103</b>	40
<b>RAS</b>	(mg/l)	120	1200
<b>NL</b>	(mg/l)	<b>420</b>	30
<b>P<sub>c</sub></b>	(mg/l)	0,13	3
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	(mg/l)	2,07	15
<b>N<sub>anorg.</sub></b>	(mg/l)	2,37	20
<b>AOX</b>	(mg/l)	0,008	0,2
<b>Hg</b>	(mg/l)	0,0001	0,002
<b>Cd</b>	(mg/l)	< 0,005	0,01
<b>pH</b>	(mg/l)	7,92	
<b>NEL</b>	(mg/l)	<b>8,9</b>	
<b>fenoly</b>	(mg/l)	< 0,05	
<b>S<sup>2-</sup></b>	(mg/l)	0,05	
<b>ZNK<sub>8,3</sub></b>	(mmol/l)	0,08	

Z výsledků uvedených v tab. 14 je patrné, že voda z odvodňovacího vrtu překračuje kvantitativní parametry ve dvou sledovaných ukazatelích znečištění CHSK<sub>Cr</sub> a NL. Zvýšené hodnoty chemické spotřeby kyslíku jsou způsobovány přítomností látek organického charakteru, které podléhají oxidaci. Hlavní podíl zvýšené CHSK<sub>Cr</sub> je možné vidět ve zvýšených hodnotách NL, které mohou mít povahu jak organickou, tak anorganickou (např. jemně dispergované částičky hornin apod.). Zvýšené hodnoty NL jsou zřejmě z hydrogeologických poměrů panujících v prostoru

odvodňovacího vrtu. NEL nejsou ukazatelem znečištění ve smyslu výše citovaného zákona č. 58/1998 Sb., ale jsou jedním z hlavních faktorů při kontrole kvality povrchových a podzemních vod. Koncentrační limity jsou vždy pod úrovní 1,0 mg/l. Nízké hodnoty celkového dusíku a fosforu svědčí o nemožnosti eutrofizace prostředí při vypouštění těchto vod. Hodnota pH a  $ZNK_{8,3}$  hodnotí míru alkality a tím i agresivity vůči prostředí. V tomto směru se jedná o vodu mírně alkalickou. Suma látek představovaných AOX mimo jiné zahrnuje různé druhy chlorovaných uhlovodíků a také látek typu PCB, které je možné tímto skupinovým stanovením vyloučit. Absence  $S^{2-}$  svědčí o skutečnosti, že ve vodě nedochází k anaerobním reakcím (např. methanogenní pochody) a nejsou zde analyticky významné koncentrace merkaptanů (chemické odoranty) jako doprovodných látek při transportu plynů. Vody tohoto složení jsou relativně velmi dobře čistitelné vhodnou technologií mechanicko-chemické úpravy na parametry vyplývající ze zákona č. 58/1998 Sb. (EKOHELP, 1998).

Z počátku byla voda likvidována jako nebezpečný odpad pod kódem 05 01 01 Kaly ze zpracování. Později, na základě provedených rozborů, bylo čištění vyčerpané vody realizováno mobilním zařízením, které upravilo fyzikálně chemické vlastnosti na parametry odpovídající pro mechanicko-chemické čistírny odpadních vod. Zároveň padl návrh ze strany firmy EKOHELP v. o. s. na vybudování mechanicko-chemické čistírny odpadních vod splňující výstupní parametry pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Použití přečištěné vody k zatlačení do mezizátkového vrtu, tj. doplnění o úpravu vody na kvalitu vod odpovídají podzemním vodám (pitné vodě) bylo z ekonomických důvodů nedoporučeno. Takto upravená čistá voda by několikanásobně převyšovala nákup vody z veřejného vodovodu (EKOHELP, 1998).

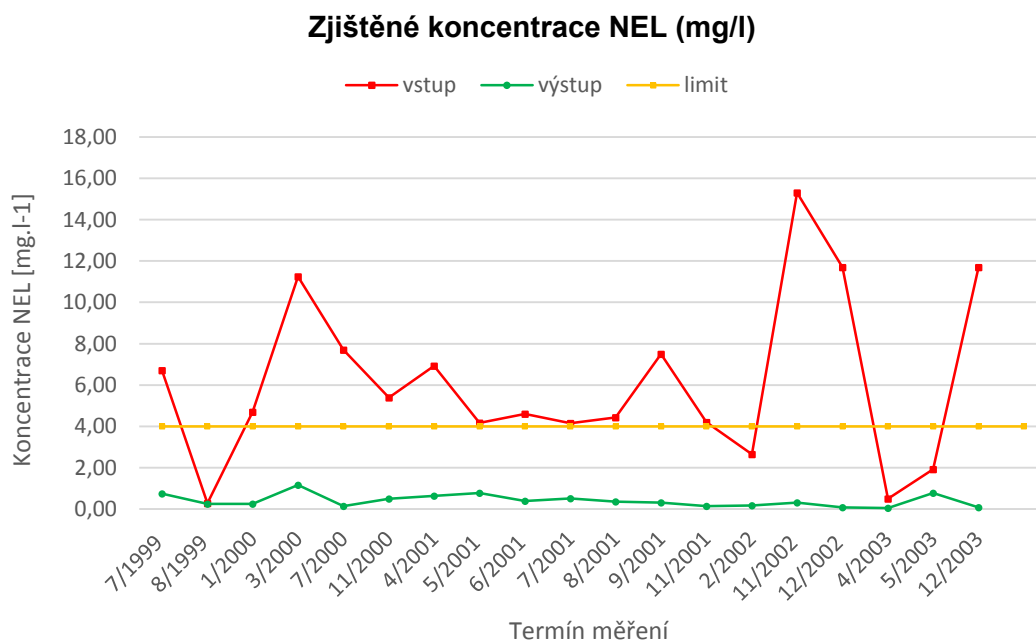
V následující tabulce jsou uvedeny koncentrace NEL před a po čištění. Limit pro odvoz přečištěné vody na městskou ČOV Příbram je 4 mg/l.

**Tab. č. 15 Výsledky vody před a po čištění (EKOHELP, 1998 – 2002)**

NEL (mg/l)	Zjištěné koncentrace NEL (mg/l) (průměr z odběrů v daném měsíci)							průměr od 11/1998
	11/1998	7/1999	8/1999	1/2000	3/2000	7/2000	11/2000	
vstup	2,8	6,70	0,27	4,70	11,24	7,70	5,39	5,54
výstup	2,0	0,74	0,24	0,24	1,16	0,13	0,50	0,72
NEL (mg/l)	Zjištěné koncentrace NEL (mg/l) (průměr z odběrů v daném měsíci)							průměr za 2001
	4/2001	5/2001	6/2001	7/2001	8/2001	9/2001	11/2001	
vstup	6,92	4,17	4,60	4,15	4,43	7,50	4,20	5,14
výstup	0,64	0,77	0,39	0,51	0,35	0,30	0,13	0,90
NEL (mg/l)	Zjištěné koncentrace NEL (mg/l) (průměr z odběrů v daném měsíci)							průměr od 2/2002
	2/2002	11/2002	12/2002	4/2003	5/2003	12/2003		
vstup	2,64	15,30	11,70	0,49	1,92	11,70		5,14
výstup	0,17	0,30	0,07	0,05	0,77	0,07		0,90

Výše uvedené hodnoty ještě jednou shrnuty v grafu, kde je lépe vidět účinnost čištění vody.

**Obr. č. 13 Porovnání koncentrací NEL před a po čištění s limitem ČOV**



Ve většině případů koncentrace NEL před čištěním vysoce přesahovala limit ČOV Příbram, tzn. nemožnost konečného odstranění neupravené vody z odvodňovacího vrtu v zařízení ČOV Příbram. Po přечиštění se hodnoty NEL pohybovaly značně

pod limitem 4 mg/l a po celou dobu funkce mobilní úpravny byla přečištěná voda na výše uvedenou ČOV odvážena.

Vývoj koncentrací NEL ve vodě čerpané z prostoru zásobníku nevykazuje zřetelný časový trend. Tato skutečnost může být způsobena nestejnými podmínkami v prostředí podzemního zásobníku plynu a rozdílným obsahem NEL v kondenzátu, případně náhodným projevem kontaminací podzemní vody v prostoru PZP, způsobeným úkapy či úniky ropných látek v prostoru zásobníku v době jeho budování (EKOHELP, 2001).

### 7.1.2 Návrh koncepce čištění odpadních vod na PZP Háje

Návrh koncepce čištění vod byl zpracován za účelem zjištění možnosti vypouštění důlních a splaškových vod do recipientu. Z tohoto důvodu byly odebrány vzorky důlní vody z odvodňovacího vrtu a vzorek povrchové vody z recipientu Jeruzalémského potoka (Prokeš et al., 2005).

**Tab. č. 16 Rozbor vody z Jeruzalémského potoka (Prokeš et al., 2005)**

Parametr	Jednotka	Hodnota	NV č. 61/2003 Sb.
RL <sub>105</sub>	(mg/l)	310	1000
RL <sub>550</sub>	(mg/l)	138	600
NL <sub>105</sub>	(mg/l)	15	25
NEL	(mg/l)	pod 0,049	0,1
suma PAU	(mg/l)	pod 0,18	0,2
Naftalen	(mg/l)	pod 3	1
CHSK <sub>Cr</sub>	(mg/l)	pod 5	35
BSK <sub>Cr</sub>	(mg/l)	1	6

Z hlediska recipientu lze konstatovat, že hodnoty hlavních kvalitativních ukazatelů byly v době platnosti nařízení vlády č. 61/2003 Sb. značně pod imisními standardy pro povrchové toky, mimo hodnoty sumy PAU, která se limitu blížila a hodnoty naftalenu, která trojnásobně limit překračovala (Prokeš et al., 2005).

Dále byl proveden odběr vzorku vody z odvodňovacího vrtu jehož výsledky jsou uvedeny v tab. č. 17. Z výsledku analýzy je patrné, že odpadní vody jsou zatíženy jak anorganickým, tak organickým znečištěním. Mezi hlavní kontaminanty lze zařadit benzen, toluen, ethylbenzen, naftalen, PAU, NEL, z anorganických látek jsou zde ve zvýšených koncentracích chloridy, železo, fosfor a amonné ionty.

**Tab. č. 17 Rozbor vody z odvodňovacího vrtu (Prokeš et al. 2005)**

Ukazatel	Jednotka	Hodnota	NV č. 61/2003 Sb.
pH		8,9	6 – 8
CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	1562	35
NL <sub>105</sub>	mg/l	49,3	25
C	mg/l	3560	1000
RL <sub>505</sub>	mg/l	2230	600
N-NH <sub>4</sub>	mg/l	2,5	0,5
N-NO <sub>2</sub>	mg/l	0,55	0,05
N-NO <sub>3</sub>	mg/l	1,6	7
P <sub>celk.</sub>	mg/l	0,9	0,15
Fe <sub>celk.</sub>	mg/l	25,6	2
Cl <sup>-</sup>	mg/l	2560	250
suma PAU	µg/l	1,05	0,2
NEL	mg/l	2,5	0,1
benzen	µg/l	55	30
toluen	µg/l	25	5
ethylbenzen	µg/l	1,2	0,01
xyleny	µg/l	9	30

### 7.1.3 Úpravná vody

V tab. č. 18 a 19 jsou uvedeny hodnoty provozních měření za rok 2016. Je zde patrné, že klesly hodnoty  $\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$ , železa, manganu a amonných iontů. Naopak se zvýšily hodnoty chloridů a volného chlóru z důvodu použití prostředku SAVO. Tyto ukazatele však nepředstavují v této výši problém.

**Tab. č. 18 Vstupní voda neupravená - provozní ověření kvality vody (ICA, 2016)**

Datum	Chemické kvalitativní parametry						
	hodnota pH	$\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$	železo	mangan	chloridy	amonné ionty	volný chlór
		°N	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
27.01.16	7,4	17	3,5	0,5	58	0,4	0
08.02.16	6,9	15	2,8	0,45	62	0,35	0
15.02.16	7,1	12	3,1	0,6	71	0,25	0
14.03.16	7,5	14,8	2,8	0,35	55	0,3	0
08.11.16	6,8	17	3,1	0,5	71	0,4	0
11.11.16	7,5	19	4,1	1,1	78	0,5	0



**Tab. č. 19 Vstupní voda upravená – provozní ověření kvality vody (ICA, 2016)**

Datum	Chemické kvalitativní parametry						
	hodnota pH	$\Sigma(\text{Ca}+\text{Mg})$	železo	mangan	chloridy	amonné ionty	volný chlór
		°N	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
27.01.16	7,8	15,5	0,4	0,1	85	0,1	0,15
08.02.16	7,7	16	0,25	0,15	88	0,15	0,2
15.02.16	7,95	14,1	0,35	0,25	91	0,1	0,25
14.03.16	7,7	10,6	0,15	0,2	89	0,25	0,15
08.11.16	7,9	15	0,2	0,1	79	0,31	0,1
11.11.16	7,7	17	0,2	0,12	80	0,4	0,2

Na základě vybraných laboratorních rozborů v akreditované laboratoři jsem sestavila z dostupných údajů tab. č. 20, kde je patrné snížení prakticky všech měřených parametrů.

**Tab. č. 20 Porovnání parametrů vytěžené vody a vody po přečištění**

Parametr	Jedn	Vytěžená voda		Voda po přečištění			
		6.2.2012	5.9.2016	21.8.2013	11.11.2014	1.10.2015	26.10.2015
NL	mg/l	159	4560	< 5	< 5	< 5	< 5
RL	mg/l	1480	5160	2480	451	275	316
Ca	mg/l	170		148	25,7	34,2	37,6
Fe	mg/l	0,0443	200	0,002	2,64	0,562	0,858
Mg	mg/l	16,4	4,55	13,8	7,1	9,22	9,78
benzen	μg/l	437		0,28	< 0,20	< 0,20	< 0,20
toluen	μg/l	214		1	< 1	< 1	< 1
ethylbenzen	μg/l	17,3		0,1	< 0,1		
suma xylenu	μg/l	69,4		0,3	< 0,3		
suma BTEX	μg/l	738		1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,6

Ke zhodnocení kvality vody čerpané z odvodňovacího vrtu jsem použila normy environmentální kvality a rozbor vody z 27. 2. 2012 (příloha č. 1). Výsledky jsou uvedeny v příloze č. 6. Normy environmentální kvality jsou vysoce překračovány ropnými látkami BTEX, CHSK<sub>cr</sub>, RL a NL. Vyšší jsou některé polycyklické aromatické uhlovodíky a celková suma PAU. Vzhledem k omezenému počtu parametrů rozboru vody nebyly porovnány všechny limitní parametry normy.

Ještě jednou použitím norem environmentální kvality pro srovnání účinků čištění vody.

**Tab. č. 21 Porovnání účinků čištění vody (laboratorní rozbor z 5. 11. 2015) s normami environmentální kvality**

Ukazatel	Jednotka	Voda před čištěním	Voda po čištění	Norma environmentální kvality	
				NEK-RP	NEK-NPH
<b>RL<sub>105</sub></b>	mg/l	1920	275	750	
<b>NL<sub>105</sub></b>	mg/l	9,7	< 5	20	
<b>Ca</b>	mg/l	129	34,2	190	
<b>Fe</b>	mg/l	9,55	0,562	0,52	1
<b>Mg</b>	mg/l	19,1	9,22	120	
<b>benzen</b>	µg/l	69,6	< 0,2	10	50
<b>toluen</b>	µg/l	26,7	< 1		5

Srovnání limitů velice omezeného množství parametrů vody před čištěním a po čištění s normami environmentální kvality. I přes tento nedostatek je patrné zřetelné zlepšení sledovaných parametrů.

## 7.2 Vyhodnocení ekonomické náročnosti

### Nebezpečný odpad

Cena za odvoz a odstranění vody jako nebezpečného odpadu pod kódem odpadu 16 10 01 Odpadní vody obsahující nebezpečné látky spolu s přečerpáním do cisterny je cca 1500,- Kč/ m<sup>3</sup> dle platné smlouvy. Tj. roční náklady na předpokládané množství 250 m<sup>3</sup> vody činí částku 375 000,- Kč ročně.

250 m<sup>3</sup> důlní vody à 1500,- Kč/ m<sup>3</sup> **375 000,- Kč**

### Úpravna vody

Pořizovací cena úpravní (investiční náklady) v roce 2013

činila 1 367 921,- Kč, účetní odpisy po dobu 7,5 let,

měsíční odpis - 15 199,-, tj. roční odpis 182 388,- Kč

Roční náklady na provoz úpravní včetně kompletní obsluhy zařízení:

Předsezónní příprava (montáž čerpadel, zapojení,

zavodnění, zkouška funkčnosti 7 400,- Kč

Čištění vody, rozbor, chemické prostředky, doprava,

odvoz a likvidace kalu (25 x 10 m<sup>3</sup>) 360 000,- Kč

Posezónní servis a zazimování – výměna aktivního

uhlí, demontáž čerpadel apod. 99 800,- Kč

Celkem náklady na roční provoz	467 200,- Kč
<b>Roční náklady na provoz úpravny včetně odpisů</b>	<b>649 588,- Kč</b>

Z ekonomického zhodnocení je patrné, že úpravna vody nebyla vybudována z důvodů finanční úspory, ale z důvodu snížení produkce nebezpečných odpadů, snahy o využití nemalého množství produkovaných vod, tedy z důvodů čistě ekologických. Minimalizování dopadu činnosti společnosti na životní prostředí je součástí politiky ochrany ŽP firmy iGS.

## 8 Diskuse

### Legislativní rámec

Během čerpání informací v legislativě a odborné literatuře se jako největší problém jeví legislativní zařazení vody z odvodňovacího vrtu. Na ostatních zásobnících není pochyb, že se jedná o důlní vodu, která je těžená spolu se zemním plynem. Specifikem PZP Háje je těžba vody samotné.

Jak uvádí Grmela et Blažko (2004) nejdůležitější charakteristikou důlních vod je důlní prostor. Dále, že důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které se do těchto prostor dostaly průsakem, gravitací nebo prostým vtékáním a dále vody, které jsou vytěženy společně s nerostnými surovinami. Zásobník plynu je vyrubané důlní dílo, voda se do něj dostává průsakem z mezizátkového vrtu přes drátkobetonové zátky a v jejich nejbližším okolí. Ale voda v mezizátkovém prostoru je směs důlní vody z uranových dolů a především pitné vody, která je doplňována k udržení potřebného přetlaku. Důlní voda z uranových dolů má jiné složení (těžké kovy), voda ze zásobníku obsahuje ropné látky. Voda je těžena společně s nerostnou surovinou, i když to není primární těžba, ale největší množství je jí těženo samostatně z odvodňovacího vrtu. Legislativa je v tomto skutečně nejednoznačná díky rozmanitému vzniku těchto vod a formám jejich výskytu.

### Nakládání s důlní vodou

Jako vysoce operativní a nejlevnější způsob nakládání s vytěženou důlní vodou je její odstraňování jako nebezpečný odpad. Tento způsob je v rámci legislativy zcela korektní, přesto byly v průběhu let hledány způsoby, jak kvantitativně i kvalitativně zmenšovat dopad na životní prostředí. Z tohoto důvodu bylo vyzkoušeno několik způsobů čištění vod. Nelze jednoznačně určit, který z výše uvedených způsobů úpravy vytěžené vody je ideální vzhledem k podmínkám na PZP Háje. Důvodem jsou rozdílná hodnotící kritéria, kterých mělo být dosaženo.

V prvních dvou případech firmy EKOHELP (filtrace) a EKOTRADE (biodegradace a filtrace) splnili požadovaný limit přečištěné vody 4 mg/l při jejím odvozu na ČOV Příbram.

Úkolem současné úpravy vody je možnost využití vytěžené upravené vody do mezizátkového vrtu. Tato voda nesmí vykazovat chemickou agresivitu vůči drátkobetonovým konstrukcím, nesmí obsahovat látky způsobující postupnou kontaminaci vod a mechanické nečistoty. Voda po přečištění vyhovuje všem těmto požadavkům.

Mezi těžbou vody, její úpravou a mezi potřebou přečištěné vody existuje časový nesoulad. V době snižování tlaku v zásobníku vlivem těžby plynu, se do zásobníku stahuje více vody a je potřeba ji vyčerpat, ale přečištěnou vodu není možné kvůli snižování tlaku v mezizátkovém vrtu použít.

### **Možné způsoby nakládání s vytěženou vodou**

Vzhledem k uvedeným skutečnostem v této práci, praktickým zkušenostem a zhodnocení dosud prováděných jednotlivých postupů nakládání s vytěženou vodou a to nejenom z ekonomického hlediska, ale i z pohledu ochrany životního prostředí vyplývá několik způsobů nakládání, mající jak pozitivní tak i negativní důsledky.

### ***Kvalitativní úprava vody ve stávající technologii s využitím upravené vody pro potřeby mezizátkového vrtu a likvidace nadbytečné vody na ČOV Příbram***

Důsledky:

- žádná investice,
- nutnost zajištění obsluhy v plném rozsahu,
- ekonomická náročnost provozu,
- nárazové nakládání s vytěženou vodou,
- vyzkoušený systém úpravy vytěžené vody,
- šetrný způsob využití ve vztahu k životnímu prostředí, předpoklad 50 % dalšího využití pro technologické účely.

### ***Vypouštění vody do Jeruzalemského potoka pomocí kanalizačního odvaděče***

Podmínky pro realizaci:

- rozhodnutí vodohospodářského orgánu o povolení vypouštění,
- zajištění podmínek stanovených vodohospodářským orgánem dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

Důsledky:

- nutnost investice značného rozsahu (několika stupňová čistící stanice, zajištění nakládání s chemickými látkami),
- zajištění kvalifikovaného personálu,
- nutnost pravidelné kontroly kvality výstupní vody,
- možnost plynulého nakládání s vytěženou vodou,
- velká ekonomická náročnost provozu,
- možnost využití požární nádrže jako prostoru k uskladnění vyčištěné vody
- ve vztahu k životním prostředí nepřiliš šetrné – voda po úpravě není využita v technologii PZP.

***Kvalitativní úprava vody v doplněné technologii s využitím upravené vody pro potřeby mezizátkového vrtu a k dalšímu možnému využití***

Podmínky pro realizaci:

- rozhodnutí vodohospodářského orgánu o povolení vypouštění,
- zajištění podmínek stanovených vodohospodářským orgánem dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

Důsledky:

- nutnost investice značného rozsahu (několika stupňová čistící stanice, zajištění nakládání s chemickými látkami),
- nutnost zajištění obsluhy v plném rozsahu,
- ekonomická náročnost provozu,
- možnost využití vody pro technologické potřeby (požární nádrž, mezizátkový vrt, vlhčení země pro potřeby katodové ochrany, zalévání trvalých porostů),
- velmi vysoké využití vody ve vztahu k životnímu prostředí - předpoklad 95% dalšího využití.

***Likvidace vytěžené vody oprávněnou osobou jako nebezpečný odpad***

Důsledky:

- vysoká operativnost,
- nejsou nároky na další personální obsazení,
- přijatelná ekonomická náročnost,
- možnost zajištění i v zimním období,
- nešetrný způsob využití ve vztahu k životnímu prostředí, 100 % odstraňování vod bez využití v areálu zásobníku.

## 9 Závěr

V průběhu téměř dvaceti let provozu PZP Háje bylo velice často řešeno nakládání s vodou vytěženou z podzemní části zásobníku. Objevovaly se a opět mizely různé návrhy na její odstraňování, čištění, využití. Podle toho byly také zadávány chemické rozborů vody. Je celkem problematické porovnat jednotlivé použité metody, jelikož jsou v rozbořech řešeny různé parametry. Proto by bylo vhodné jednoznačně určit základní minimum vyhodnocovaných parametrů kvality vody. Na základě rozborů dostupných podkladů uvedených v této práci byly jako základní parametry pro vyhodnocování kvality vody zvoleny následující ukazatele:

- pH,
- CHSK<sub>Cr</sub>,
- BSK<sub>5</sub>,
- NL,
- N-NH<sub>4</sub>,
- P<sub>celk.</sub>,
- RL<sub>105</sub>, RL<sub>550</sub>,
- NEL,
- suma PAU,
- suma BTEX,
- naftalen.

V rámci optimalizace technologického procesu čištění vody, je připraven návrh řešení, které by umožňovalo vypouštění přečištěných vod do recipientu. V tomto případě by bylo nutné získat povolení k vypouštění vod od vodohospodářského orgánu, kde by byly určeny konkrétní podmínky, za kterých lze vodu do vodoteče vypouštět.

### Optimalizace technologického procesu

#### *Technologická nádrž*

Pro optimalizaci technologického procesu úpravy vody je důležité se zaměřit na vytvoření optimálních podmínek pro průběh perikinetické a ortokinetické fáze koagulace, které jsou rozhodující pro průběh srážecích reakcí a následně separaci odstraňovaných látek (ICA, 2017).

První fází koagulace je perikinetická fáze. Při perikinetické fázi vznikají vlivem Brownova pohybu agregované mikrovločky koloidních částic. Tato fáze koagulace začíná bezprostředně po destabilizaci kontaminantů pomocí koagulačního činidla a

týká se výhradně nejmenších částic (Malý J., Malá, J., 1996). Při Brownově pohybu jsou koloidní částice v neustálém pohybu a to i tehdy, probíhá-li koagulace v klidu bez vnějších vlivů. Pohyb je neustálý, chaotický, se vzájemnými srážkami, při kterých se rozdílně nabitě koloidy přibližují. Při přiblížení dochází pomocí Van der Waalsových sil působením elektrických polí částic koloidů k jejich splynutí v částici jedinou (Vurm R., Bystrianský M., 2013).

V případě, že jsou shluky částic tak velké, že se již neuplatňuje Brownův tepelný pohyb částic, nastává ortokinetická fáze. Další agregace je vyvolána vnějšími vlivy, především gravitační silou a pohybem kapaliny. Na velikosti agregovaných částí závisí sedimentační rychlost. Rychleji klesají větší částice, které postupně na sebe nabalují částice menší, čímž vytvářejí větší vločky. Většího účinku koagulace je dosaženo mícháním roztoku. Rychlost míchání určuje, zda se počet srážek jednotlivých vloček bude zvyšovat nebo snižovat. Nejvyššího efektu je dosaženo kombinací rychlého a pomalého míchání. Ve fázi rychlého míchání je cílem homogenní rozložení koagulačního činidla, což je zásadní k nastartování perikinetické fáze koagulace v celém objemu kapaliny. Ve fázi rychlého míchání dochází k destabilizaci obsažených kontaminantů a vzniku prvních mikrovloček. Při pomalém míchání probíhá ortokinetická fáze, kdy dochází k tvorbě agregátů (makrovloček). Tyto vločky jsou již dobře separovatelné. Aby nedocházelo k destrukci již vzniklých agregátů, je nutná změna z rychlého míchání na pomalé. K tomuto přechodu dochází pomalu, buď postupně nebo skokově (Vurm R., Bystrianský M., 2013).

Nyní je technologická nádrž vybavena vertikální provzdušňovací věží k odvětrání plynů, zejména ethanu, ethenu a methanu. V průběhu cirkulace vody přes provzdušňovací věž je jednorázově nadávkován oxidační roztok SAVO Originál. Dochází zde ke koagulaci odstraňovaných látek, především iontů železa, manganu, amonných iontů, benzenu atd. Pro optimalizaci procesu je navrženo promíchávání vody pomalutáčkovým lopatkovým míchadlem umístěným v technologické nádrži (ICA, 2017).

#### *Filtrace zbytkového mechanického znečištění*

V současné době probíhá jednostupňová filtrace průtokem vody filtračním kompletem ER-KINETICO 2000-ceramic DUO ve zdvojené formě. Poměrně silné znečištění upravované vody mechanickými nečistotami, převážně ve formě hydroxidů železa a manganu, rychle vyčerpává kalovou kapacitu filtračního kompletu. Optimalizace filtrace formou zdvojení technologického kompletu ER-KINETICO o další filtrační komplet podstatně zkvalitní upravovanou vodu, která by mohla být vypouštěna do recipientu. Tímto krokem by další filtrační stupeň, tj. filtrační komplet



ER-KINETICO 2000-carbon nebyl tak zatěžován mechanickými nečistotami, které negativně ovlivňují sorpční schopnost filtrační náplně, tj. granulovaného aktivního uhlí (ICA, 2017).

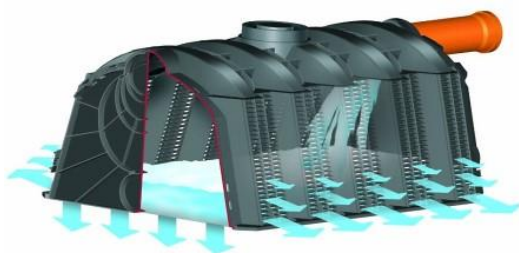
*Adsorpce organického znečištění, včetně zbytkových koncentrací benzenu, toluenu, xylenu i dalších látek rozpuštěných v upravované vodě*

Pokud by byly z upravované vody dokonale odseparovány veškeré mechanické nečistoty, bude sorpční náplň filtračních kompletů ER-KINETICO 2000-carbon plně využívána na adsorpci zbytkového organického znečištění. I v tomto případě by byla vhodná dvoustupňová úprava vody, která je posledním technologickým stupněm úpravy důlní podzemní odpadní vody před jejím vypouštěním do recipientu (ICA, 2017).

### **Návrh řešení optimalizace nakládání s vytěženou vodou včetně jejího využití**

Návrh optimalizace technologie firmy ICA je na základě rozborů dostupných podkladů a výsledků analyzovaných v rámci této diplomové práce rozšířen ještě o jeden proces čištění a dále o zařízení, které by umožňovalo další využití přečištěné vody. Optimalizace je navržena vzhledem ke stávajícímu technologickému vybavení úpravny. Úpravna by byla doplněna, tak jak doporučuje firma ICA, o promíchávání pomocí lopatkového míchadla, čímž by došlo k účinnějšímu a rychlejšímu odvětrání plynů a rychlejší koagulaci. Další doplnění by se týkalo obou filtračních kompletů ER/KINETICO 2000 – keramika a carbon. Filtr keramika slouží k odstranění mechanických nečistot a sraženin a carbon se používá k odstranění nežádoucích pachutí, zápachů a barvy. Jako poslední, pojistný stupeň, by bylo vhodné využít sorpci na aktivovaném koksů při pomalé filtrační rychlosti. Poté by byly dvě možnosti, kam přepouštět přečištěnou vodu. Jednou z možností jsou nádrže u mezizátkového vrtu a dalším místem by byl nově navržený vsakovací tunel, kde by docházelo k postupnému zasakování vody a tím k dobré funkci katodové ochrany.

**Obr. č. 14 Vsakovací tunel**



V současné době je v letních, suchých měsících potřeba půdu v oblasti katodové ochrany zvlhčovat. Z vsakovacího tunelu by mohl vést odtok do již existujícího jímacího zářezu a z něj případně do požární nádrže. Přepadem z požární nádrže, která slouží také jako usazovací nádrž, odchází dešťová voda do recipientu. Celé schéma doplněné úpravny vody je v příloze č. 7.

Případná realizace návrhu je závislá na rozhodnutí managementu firmy investovat finanční prostředky do investiční akce, kde rentabilitu nelze předpokládat. V tomto případě by šlo „pouze“ o důkaz toho, že se firma iGS snaží o naplnění slov, která byla avizována v úvodu: „Zemní plyn je fosilní palivo, které bývá označováno jako jedno z nejméně znečišťujících životní prostředí. Aby takto mohlo být označováno, je potřeba minimalizovat dopady na životní prostředí nejen při používání zemního plynu, ale i při jeho celé cestě k zákazníkovi, tj. jeho přepravě, uskladňování a distribuci.“

## 10 Přehled literatury a použitých zdrojů

**Ahmaduna F.-R., Pendashteha A., Abdullaha L. Ch., Biaka D. R. A., Madaenic S. S., Abidina Z. Z., 2009:** Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of Hazardous Materials* 170: 530–551.

**Allforpower, 2016:** Gazprom Export a MND otevřeli podzemní zásobník plynu Dambořice. Online: <http://www.allforpower.cz/clanek/gazprom-export-a-mnd-otevrel-y-podzemni-zasobnik-plynu-damborice/>, cit. 1. 10. 2016.

**ČHÚ, 2017:** Hydrologická povodí 3. řádu. Český hydrometeorologický ústav. [http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?id=hlgp&ordrstr=ID&filter=1&\\_fid=1-11-04&\\_fnm=&ok=Filtruj](http://hydro.chmi.cz/ismnozstvi/ciselnik.php?id=hlgp&ordrstr=ID&filter=1&_fid=1-11-04&_fnm=&ok=Filtruj), cit. 17. 3. 2017.

**Činka J., Domečka K., Hanuš L., Smolař Z., 1993,** nepublikováno: Kavernový zásobník plynu Příbram – Brod – Souhrnná zpráva za rok 1992. *Stavební geologie – GEOTECHNIKA* a.s. Dep.: PZP Háje.

**ČSN EN 1918-5 (38 6490):** Zařízení pro zásobování plynem – Podzemní zásobníky plynu – Část 5: Doporučení pro povrchová zařízení.

**ČSN EN 206-1 (73 2403):** Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, tab. 2 – XA3.

**Demek, J., Mackovčín, P. [eds], 2006:** *Zeměpisný lexikon ČR.: Hory a nížiny.* Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 580 s.

**Diamo, 2015:** Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. SUL za rok 2015. Diamo, s. p. Online: [http://www.diamo.cz/images/stories/files/sul/zprava\\_zp\\_sul\\_2015.pdf](http://www.diamo.cz/images/stories/files/sul/zprava_zp_sul_2015.pdf), cit. 27. 2. 2017.

**Domečka K., Smolař Z., Zemánek I., Černý P., 1997,** nepublikováno: Závěrečná zpráva k účelové geologické mapě v měř.: 1:500. *Stavební geologie – GEOTECHNIKA*, a.s. Dep.: PZP Háje.

**Earle S., 2013:** Groundwater geochemistry, Steve's Geology website (Vancouver island university). Online: <https://web.viu.ca/earle/geol304/304g.pdf>, cit. 25. 2. 2017.

**EKOHELP, 1998,** nepublikováno: Vyhodnocení laboratorního protokolu odpadních vod Transgas – Háje. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Háje.

**EKOHELP, 1999,** nepublikováno: Zpráva o ověření možnosti čerpání a filtrace kontaminované vody. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Háje.

**EKOHELP, 2000**, nepublikováno: Zpráva o čerpání a filtraci vody z podzemního zásobníku plynu. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Hájé.

**EKOHELP, 2001**, nepublikováno: Zpráva o čerpání a filtraci vody z podzemního zásobníku plynu. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Hájé.

**EKOHELP, 2002**, nepublikováno: Zpráva o čerpání a filtraci vody z podzemního zásobníku plynu. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Hájé.

**EKOHELP, 2003**, nepublikováno: Zpráva o čerpání a filtraci vody z podzemního zásobníku plynu. EKOHELP v. o. s., Brno. Dep.: PZP Hájé.

**ERU, 2016a**: Národní zpráva Energetického regulačního úřadu o elektroenergetice a plynárenství v České republice za rok 2015. Energetický regulační úřad. Online: [http://www.eru.cz/documents/10540/462958/NZ\\_ERU\\_2015.pdf/4ab55a4e-01d5-4805-938b-0433b6a052f6](http://www.eru.cz/documents/10540/462958/NZ_ERU_2015.pdf/4ab55a4e-01d5-4805-938b-0433b6a052f6), cit. 1. 10.2016.

**ERU, 2016b**: Roční zpráva o provozu plynárenské soustavy ČR za rok 2015. Energetický regulační úřad. Online: [http://www.eru.cz/documents/10540/462888/Zprava\\_o\\_provozu\\_PS\\_2015.pdf/a34521b2-55e4-423b-9b16-0eaa078e4311](http://www.eru.cz/documents/10540/462888/Zprava_o_provozu_PS_2015.pdf/a34521b2-55e4-423b-9b16-0eaa078e4311), cit. 21. 9. 2016.

**Esentier V., 2004**, nepublikováno: Zpráva o dekontaminaci kontaminovaných vod v provozovně Hájé u Příbrami filtrací a technologií biodegradace. EKOTRADE Most, spol. s r. o., Most. Dep.: PZP Hájé.

**GIE, 2015**: Storage map. Gas Infrastructure Europe. Online: <http://www.gie.eu/index.php/maps-data/gse-storage-map>, cit. 23. 12. 2017.

**Grmela A. et Blažko A., 2004**: Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky. Online: <http://slon.diamo.cz/hpvt/2004/Z/Z06.htm>, cit. 15. 12. 2016.

**ICA, 2012**, nepublikováno: Kvalita ložiskové těžené vody ze skladovacího prostoru PZP Hájé. Inform-Consult-Aqua, s. r. o., Příbram. Dep.: PZP Hájé.

**ICA, 2014**, nepublikováno: Technologická koncepce úpravy důlní vody, včetně zpracování odpadních kalů. Inform-Consult-Aqua, s. r. o., Příbram. Dep.: PZP Hájé.

**ICA, 2016**, nepublikováno: Úprava technologických odpadních vod. Inform-Consult-Aqua, s. r. o., Příbram. Dep.: PZP Hájé.

**ICA, 2017** nepublikováno: PZP Hájé – Úprava podzemní důlní odpadní vody – optimalizace technologického procesu. Inform-Consult-Aqua, s. r. o., Příbram. Dep.: PZP Hájé.

**iGS, 2016a**: Výhody skladování plynu, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/vyhody/>, cit. 1. 10. 2016.

- iGS, 2016b:** Podzemní zásobníky plynu, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/podzemni-zasobniky-plynu/>, cit. 1. 10. 2016.
- iGS, 2016c:** Druhy zásobníků plynu, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/druhy-zasobniku-plynu/>, cit. 1. 10. 2016.
- iGS, 2016d:** Podzemní zásobníky plynu Innogy Gas Storage, Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/mapa-zasobniku/>, cit. 1. 10. 2016.
- iGS, 2016e:** Lobodice, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/lobodice/>, cit. 6. 11. 2016.
- iGS, 2016f:** Tvrdonice, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/tvrdonice/>, cit. 6. 11. 2016.
- iGS, 2016g:** Štramberk, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/stramberk/>, cit. 6. 11. 2016.
- iGS, 2016h:** Dolní Dunajovice, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/dolni-dunajovice>, cit 6. 11. 2016.
- iGS, 2016ch:** Třanovice, innogy Gas Storage. Online: <http://www.innogy-gasstorage.cz/cs/tranovice/>, cit. 6. 11. 2016.
- iGS, 2016i,** nepublikováno: Provozní deníky odvodňovacího vrtu provozu PZP Háje. innogy Gas Storage, s. r. o., Háje. Dep.: PZP Háje.
- IMni, 2013:** Manganese in Groundwater: Research and potential risks. International Manganese Institute, FACT SHEET 6.
- Johnson B. M., Kanagy L. E., Rodgers Jr. J. H., Castle J. W., 2008:** Chemical, Physical, and Risk Characterization of Natural Gas Storage Produced Waters. Water Air Soil Pollution 191: 33–54.
- Kulveitová H., 2007:** Chemie II - chemie prvků. Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava: 151 s.
- Malý J., Malá, J., 1996:** Chemie a technologie vody. Noel 2000, Brno, 197 s.
- Mapy, 2017:** PZP Háje na mapě, portál mapy.cz. Online: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.0396000&y=49.6310000&z=11>, cit. 22. 2. 2017.
- MND GS, 2016:** Skladovací struktury, MND Gas Storage, a. s. Online: <http://www.gasstorage.cz/skladovaci-struktury/>, cit. 1. 10. 2016.
- Mullaney J. R., Lorenz D. L., Arntson A. D., 2009;** Chloride in Groundwater and Surface Water in Areas Underlain by the Glacial Aquifer System, Northern United States. Scientific Investigations Report 2009–5086.

**Nelson D., 2002:** Natural Variations in the Composition of Groundwater. Groundwater Foundation Annual Meeting, Springfield.

**Hrozek D., 2015:** Zásobníky plynu v České republice. O energetice. Online: <http://oenergetice.cz/plyn/zasobniky-plynu-v-cr/#comments>, cit. 20. 8. 2016.

**Orem W. H., Tatu C. A., Lerch H. A., Rice C. A., Bartos T. T., Bates A. L., Tewalt S., Corum M. D., 2007:** Organic compounds in produced waters from coalbed natural gas wells in the Powder River Basin, Wyoming, USA. Applied Geochemistry 22: 2240–2256.

**Osička R., 2010:** Produced water at UGS Dolní Dunajovice. Int. J. Oil, Gas and Coal Technology, Vol. 3, No. 4.

**Osička R, Zaňát J., 2012,** nepublikováno: Doporučení k nakládání s důlními vodami na PZP Třanovice a PZP Štramberk. Dep.: iGS.

**Peisert, 1996,** nepublikováno: Vliv stavby na životní prostředí. Plynoprojekt a. s. Praha, Praha, 37 s. Dep.: PZP Háje

**Pitter P., 1998:** Calculation of Total Inorganic Dissolved Solids (Total Mineralization) and Its Significance in Aquatic Chemistry. Department of Water Technology and Environmental Engineering, Institute of Chemical Technology Prague.

**Pitter P., 2009:** Hydrochemie, 4. aktualizované vydání. VŠCHT, Praha: 579 s.

**Prokeš O., Tenkrát D., Viden I., Solich M., 2005,** nepublikováno: Koncepce čištění odpadních vod na PZP Háje. Vysoká škola chemicko-technologická Praha, Praha. Dep.: PZP Háje.

**PZP Háje,** nepublikováno. Dep.: PZP Háje.

**RWE Plynoprojekt, s. r. o., 2012,** nepublikováno: PZP Háje – posouzení vtláčení ložiskové vody do mezizátkového prostoru, Praha. Dep.: PZP Háje.

**SPP Storage, 2016:** PZP Dolní Bojanovice. Online: <http://www.sppstorage.cz/pzp-dolni-bojanovice>, cit. 1. 10. 2016.

**Spring A. - D. C. K., Abboud I., 2014:** Describe and Statistical Evaluation of Hydrochemical Data of Karst Phenomena in Jordan. Ahmed IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics, Volume 2, Issue 3: 23-42.

**SÚRO, 2017:** Přírodní zdroje. Státní ústav radiační ochrany v. v. i. Online: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/prirodni-zdroje>, cit. 20. 2. 2017.

**Šubrt, 1996,** nepublikováno: Kavernový zásobník plynu Příbram – II. etapa – změna stavby před jejím dokončením. Plynoprojekt a. s., Praha, 94 s. Dep.: PZP Háje.

**TZB-INFO, 2007:** Co s dešťovou vodou? Technická zařízení budov. Online: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4349-co-s-destovou-vodou>, cit. 25. 3. 2017.

**Varsányi I., Kovács L Ó., 2009:** Origin, chemical and isotopic evolution of formation water in geopressed zones in the Pannonian Basin. *Chemical Geology* 264: 187–196.

**Vurm R., Bystrianský M., 2013:** Čištění odpadních vod pomocí koagulace, VŠCHT. Online: <http://docplayer.cz/20546149-Cistení-odpadních-vod-pomocí-koagulace.html>, cit. 19. 3. 2017.

**Zákon č. 44/1988 Sb.** o ochraně a využití nerostného bohatství v platném znění

**Zákon č. 254/2001 Sb.** o vodách a o změně některých zákonů v platném znění

**Zeman J., Kopřiva A., Jež. J., 2004:** Vyhodnocení dlouhodobých a sezónních trendů na příkladech chemického složení důlních vod po zatopení dolů. *Vodní zdroje Ekomonitor* 2004: s. 57-63.

## 11 Seznamy

### 11.1 Seznam obrázků

Obr. č. 1 Schéma porézního zásobníku (iGS, 2016b)	16
Obr. č. 2 Schéma kavernového zásobníku (iGS, 2016c)	16
Obr. č. 3 Zásobníky v ČR v provozu, budované a plánované (GIE, 2015)	17
Obr. č. 4 Schéma přepravní soustavy a zásobníků v ČR (ERU, 2016b)	18
Obr. č. 5 Zásobníky (iGS, 2016d)	19
Obr. č. 6 Zjednodušené schéma technologie podzemního zásobníku Dolní Dunajovice (Osička, 2010)	24
Obr. č. 7 Podzemní zásobník plynu Háje u Příbrami (mapy, 2017)	38
Obr. č. 8 Model PZP Háje (PZP Háje)	41
Obr. č. 9 Tlaková uzávěra (PZP Háje)	42
Obr. č. 10 Model zásobníku s tlakovými zátkami (PZP Háje)	43
Obr. č. 11 Podzemní zásobník plynu Háje (PZP Háje)	44
Obr. č. 12 Schéma řazení jednotlivých prvků použité technologie (EKOHELP, 1999)	48
Obr. č. 13 Porovnání koncentrací NEL před a po čištění s limitem ČOV	70
Obr. č. 14 Vsakovací tunel	82

### 11.2 Seznam tabulek

Tab. č. 1: Technické parametry zásobníků plynu v ČR (ERU, 2016a)	18
Tab. č. 2 Výsledky studie (Johnson et al., 2008)	23
Tab. č. 3 Výsledky chemických analýz (Osička, 2010)	25
Tab. č. 4 Výsledky studie – hodnoty koncentrace vybraných sloučenin (Orem et al., 2007)	27
Tab. č. 5 Přehled složení přírodní vody z různých míst a prostředí (koncentrace jsou uvedeny v mg/l) (Nelson, 2002)	29
Tab. č. 6 Alekinovo rozdělení přírodních vod podle celkové mineralizace (Pitter, 1998)	30
Tab. č. 7 Rozdělení vod dle pH (Nelson, 2002)	32
Tab. č. 8 Vybrané koncentrační limity zpoplatnění odpadních vod (z. 254/2001 Sb. v platném znění)	37
Tab. č. 9 Množství vody vytěžené z odvodňovacího vrtu PZP Háje (iGS, 2016i)	45
Tab. č. 10 Vyhodnocení provedených laboratorních testů (ICA, 2016)	58
Tab. č. 11 Závěrečné vyhodnocení provedených zkoušek	58
Tab. č. 12 Hodnoty před a po 24 hodinovém provzdušňování	59
Tab. č. 13 Hodnoty kontaminantů po sedimentaci a filtraci (ICA, 2016)	60
	88



Tab. č. 14 Přehled výsledků rozboru (EKOHELP, 1998)	68
Tab. č. 15 Výsledky vody před a po čištění (EKOHELP, 1998 – 2002)	70
Tab. č. 16 Rozbor vody z Jeruzalémského potoka (Prokeš et al., 2005)	71
Tab. č. 17 Rozbor vody z odvodňovacího vrtu (Prokeš et al. 2005)	72
Tab. č. 18 Vstupní voda neupravená - provozní ověření kvality vody (ICA, 2016)	72
Tab. č. 19 Vstupní voda upravená – provozní ověření kvality vody (ICA, 2016)	73
Tab. č. 20 Porovnání parametrů vytěžené vody a vody po přečištění	73
Tab. č. 21 Porovnání účinků čištění vody (laboratorní rozbor z 5. 11. 2015) s normami environmentální kvality	74

### 11.3 Seznam fotografií

Foto č. 1 Koagulanty bezprostředně po aplikaci finální dávky 200 g/m <sup>3</sup>	60
Foto č. 2 Koagulanty po aplikaci finální dávky 200 g/m <sup>3</sup> a deseti minutách sedimentace	61
Foto č. 3 Koagulanty po aplikaci finální dávky 200 g/m <sup>3</sup> + 4 g/m <sup>3</sup> polymeru A-100 a deseti minutách sedimentace	61
Foto č. 4 Koagulant síran železitý po aplikaci finální dávky 200 g/m <sup>3</sup> + 4 g/m <sup>3</sup> polymeru A-100 a deseti minutách sedimentace	61

### 11.4 Seznam příloh

Příloha č. 1 Rozbor vody vzorku odebraného z odvodňovacího vrtu 6. 2. 2012	90
Příloha č. 2 Rozbor vody vzorku odebraného před filtrací a po filtraci 4. 9. 2013	94
Příloha č. 3 Rozbor vody vzorku odebraného po přečištění 4. 12. 2013	96
Příloha č. 4 Technologické schéma úpravy vody	99
Příloha č. 5 Technologické schéma kalového hospodářství	100
Příloha č. 6 Porovnání vytěžené vody z OV s normami environmentální kvality	101
Příloha č. 7 Schéma návrhu optimalizace úpravy vody	102

## 12 Přílohy

### Příloha č. 1 Rozbor vody vzorku odebraného z odvodňovacího vrtu 6. 2. 2012

Datum vystavení 27.2.2012  
 Stránka 6 z 9  
 Zakázka PR1204183  
 Zákazník RWE Gas Storage, s.r.o.



#### Výsledky zkoušek

Norma ČSN EN 206-1 - tab. 2 - XA3 - agresivní chemické působení podzemní vody na beton

Matrice: PODZEMNÍ VODA

Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Voda z odvodňovacího vrtu		ČSN EN 206-1 - beton - agresivní podzemní voda - tab. 2 - XA3 - vysoce agresivní chemické prostředí			
				Výsledek	NM	Limit (min.)	Limit (max.)	Jednotka	Vyhodnocení
makrobiologické parametry									
psychrofilní bakterie	W-PSYCH	--	KT/Jml	43	--	--	--	--	--
fyzikální parametry									
konduktivita (25 °C)	W-CON-PCT	0.10	mS/m	201	±10.0 %	--	--	--	--
pH	W-PH-PCT	1.00	--	7.18	±1.1 %	4.5	--	--	Vyhovuje
souhrnné parametry									
tvrdost	W-HARD-FL	0.00020	mmol/l	4.88	--	--	--	--	--
tvrdost hořečnatá	W-HARD-FL	0.00020	mmol/l	0.636	--	--	--	--	--
tvrdost jako CaCO3	W-HARD-FL	0.020	mg CaCO3/l	486	--	--	--	--	--
tvrdost vápenatá	W-HARD-FL	0.00020	mmol/l	4.23	--	--	--	--	--
anorganické parametry									
základní neutralizační kapacita (acidita) pH 4.5	W-ACID-PCT	0.150	mmol/l	<0.150	--	--	--	--	--
základní neutralizační kapacita (acidita) pH 8.3	W-ACID-PCT	0.150	mmol/l	1.06	±15.0 %	--	--	--	--
kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 4.5	W-ALK-PCT	0.150	mmol/l	14.6	±12.5 %	--	--	--	--
kyselinová neutralizační kapacita (alkalita) pH 8.3	W-ALK-PCT	0.150	mmol/l	<0.150	--	--	--	--	--
chloridy	W-CL-IC	1.00	mg/l	160	±20.0 %	--	--	--	--
CO2 agresivní	W-CO2F-CC2	0	mg/l	0.06	--	100	--	mg/l	Vyhovuje
CO2 celkový	W-CO2F-CC2	0	mg/l	691	--	--	--	--	--
CO2 volný	W-CO2F-CC2	0	mg/l	46.8	--	--	--	--	--
hydrogenuhlíčitany	W-CO2F-CC2	-	mg/l	893	--	--	--	--	--
uhlíčitany	W-CO2F-CC2	0	mg/l	0	--	--	--	--	--
CHSK-Cr	W-COD-SPC	5.0	mg/l	1660	±20.0 %	--	--	--	--
RAS (550°C)	W-FVDS-GR	10	mg/l	1060	±20.0 %	--	--	--	--
amoniak a amonné ionty	W-NH4-SPC	0.050	mg/l	0.276	±20.0 %	60	--	mg/l	Vyhovuje
amoniakální dusík	W-NH4-SPC	0.040	mg/l	0.214	±20.0 %	--	--	--	--
anorganický dusík	W-NING-SPC	0.500	mg/l	<0.500	--	--	--	--	--
dusičnanový a dusitanový dusík	W-NNO-SPC	0.060	mg/l	<0.060	--	--	--	--	--
dusitanový dusík	W-NO2-SPC	0.0020	mg/l	<0.0020	--	--	--	--	--
dusitany	W-NO2-SPC	0.0050	mg/l	<0.0050	--	--	--	--	--
dusičnanový dusík	W-NO3-SPC	0.060	mg/l	<0.060	--	--	--	--	--
dusičnany	W-NO3-SPC	0.27	mg/l	<0.27	--	--	--	--	--
sírany jako SO4 (2-)	W-SO4-IC	5.00	mg/l	<5.00	--	3000	--	mg/l	Vyhovuje
RL sušené (105°C)	W-TDS-GR	10	mg/l	1480	±20.0 %	--	--	--	--
NL sušené (105°C)	W-TSS-GR	5.0	mg/l	169	±20.0 %	--	--	--	--
rozpuštěné kovy/ těžké kationty									
Fe(III)	W-FE3-PHC	0.50	mg/l	<0.50	--	--	--	--	--
Ca	W-METAXFL1	0.0050	mg/l	170	±10.0 %	--	--	--	--
Fe	W-METAXFL1	0.0020	mg/l	0.0443	±10.0 %	--	--	--	--
K	W-METAXFL1	0.015	mg/l	43.2	±10.0 %	--	--	--	--
Mg	W-METAXFL1	0.0030	mg/l	16.4	±10.0 %	3000	--	mg/l	Vyhovuje
Na	W-METAXFL1	0.030	mg/l	249	±10.0 %	--	--	--	--
S	W-METAXFL2	0.060	mg/l	1.38	±10.0 %	--	--	--	--

BTEX

ALS Czech Republic, s.r.o.  
 Part of the ALS Laboratory Group  
 Na Páni 336/6, Praha 5 - Vysočany, 150 00, Česká republika  
 Tel. +420 228 228 228 Fax +420 284 061 035 www.alscr.com  
 A Campbell Brothers Limited Company

Datum vystavení 27.2.2012  
 Stránka 7 z 9  
 Zakázka PR1204183  
 Zákazník RWE Gas Storage, s.r.o



**Výsledky zkoušek**

Norma ČSN EN 206-1 - tab. 2 - XA3 - agresivní chemické působení podzemní vody na beton

Matrice: PODZEMNÍ VODA

Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Voda z odvodňovacího vrtu		ČSN EN 206-1 - beton - agresivní podzemní voda - tab. 2 - XA3 - vysoce agresivní chemické prostředí			
				Výsledek	NM	Limit (min.)	Limit (max.)	Jednotka	Vyhodnocení
				PR1204183001					
				6.2.2012 10:40					
Identifikace vzorku (tab.)									
Datum odběru/čas odběru									
benzen	W-VOCFID01	0.50	µg/l	437	±30.0 %	---	---		---
ethylbenzen	W-VOCFID01	0.50	µg/l	17.3	±30.0 %	---	---		---
meta- & para-xylen	W-VOCFID01	1.0	µg/l	50.2	±30.0 %	---	---		---
orto-xylen	W-VOCFID01	0.70	µg/l	19.2	±30.0 %	---	---		---
suma BTEX	W-VOCFID01	3.20	µg/l	738	±5.0 %	---	---		---
suma xylenů	W-VOCFID01	1.70	µg/l	69.4	±5.0 %	---	---		---
toluen	W-VOCFID01	0.50	µg/l	214	±30.0 %	---	---		---
polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)									
acenaftén	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	0.474	±30.0 %	---	---		---
acenaftýlen	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	<0.010	---	---	---		---
anthracen	W-PAHGMS01	0.020	µg/l	0.151	±25.0 %	---	---		---
benzo(a)anthracen	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	0.066	±27.0 %	---	---		---
benzo(a)pyren	W-PAHGMS01	0.020	µg/l	<0.020	---	---	---		---
benzo(b)fluoranthén	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	0.013	±37.0 %	---	---		---
benzo(g,h)perylen	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	<0.010	---	---	---		---
benzo(k)fluoranthén	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	0.010	±36.0 %	---	---		---
chrysen	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	0.082	±29.0 %	---	---		---
dibenzo(a,h)anthracen	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	<0.010	---	---	---		---
fenanthren	W-PAHGMS01	0.030	µg/l	1.28	±26.0 %	---	---		---
fluoranthén	W-PAHGMS01	0.030	µg/l	0.310	±31.0 %	---	---		---
fluoren	W-PAHGMS01	0.020	µg/l	0.466	±23.0 %	---	---		---
indeno(1,2,3-cd)pyren	W-PAHGMS01	0.010	µg/l	<0.010	---	---	---		---
naftalen	W-PAHGMS01	0.100	µg/l	0.964	±33.0 %	---	---		---
pyren	W-PAHGMS01	0.080	µg/l	0.246	±31.0 %	---	---		---
suma 16 PAU	W-PAHGMS01	0.370	µg/l	4.03	---	---	---		---
suma 4 PAU	W-PAHGMS01	0.040	µg/l	<0.040	---	---	---		---
suma 6 PAU (WHO)	W-PAHGMS01	0.090	µg/l	0.333	---	---	---		---
suma PAU (NĚP)	W-PAHGMS01	0.19	µg/l	1.87	---	---	---		---
ekotoxikologické parametry - Sclerotium (Desmodium) sobespiciatus									
72hEC50	W-ALGF-BT	-	mll	N/A	---	---	---		---
inhibice D. s. (původní vzorek)	W-ALGF-BT	-	%	-1.6	---	---	---		---
ekotoxikologické parametry - Daphnia magna									
48hEC50	W-DAPH-BT	-	mll	N/A	---	---	---		---
imobilizace (původní vzorek)	W-DAPH-BT	-	%	0	---	---	---		---
ekotoxikologické parametry - Pimephales reticulata									
96hLC50	W-FISHF-BT	-	mll	N/A	---	---	---		---
mortalita (původní vzorek)	W-FISHF-BT	-	%	0	---	---	---		---
ekotoxikologické parametry - Sinapis alba									
72hEC50	W-SINA-BT	-	mll	N/A	---	---	---		---
inhibice S. s. (původní vzorek)	W-SINA-BT	-	%	37.6	---	---	---		---
plyny									
acetylen	W-GASFID01	1.0	µg/l	67.6	±40.0 %	---	---		---
ethan	W-GASFID01	1.0	µg/l	423	±40.0 %	---	---		---
ethen	W-GASFID01	1.0	µg/l	<1.0	---	---	---		---
methan	W-GASFID01	2.0	µg/l	8070	±40.0 %	---	---		---

Pokud zákazník neuvádí datum a čas odběru vzorku, laboratoř uvede jako datum odběru datum příjmu vzorku do laboratoře a je uváděno v závorce.  
 Pokud je čas vzorkování uveden 0.00 znamená to, že zákazník uvedl pouze datum a neuvádí čas vzorkování. Nejmenší je rozlišení jednotka měření.

ALS Czech Republic, s.r.o.  
 Part of the ALS Laboratory Group  
 Na Hradě 326/6, Praha 5 - Vysočany, 150 00, Česká republika  
 Tel.: +420 226 224 226 Fax: +420 226 081 633 www.alscrn.com  
 A Campbell Brothers Limited Company



Datum vystavení : 27.2.2012  
 Stránka : 8 z 9  
 Zakázka : PR12D4183  
 Zakazník : RWE Gas Storage s.r.o.



odpovídající 85% intervalu spolehlivosti s koeficientem rozšíření  $k = 2$   
 Vyšší úroveň LOQ = Mezi stanovitelnost; NM = Nejmenší měření

**Poznámky k limitům**

Norma ČSN EN 206-1 - tab. 2 - XA1 - agresivní chemická působení podzemní vody na beton	
pH	Stupeň XA1: $\leq 6.5$ a $\geq 6.5$
amoniak a amonné ionty	Stupeň XA1: $\geq 15$ mg/L a $\leq 30$ mg/L
CO2 agresivní	Stupeň XA1: $\geq 15$ mg/L a $\leq 40$ mg/L
sírany jako SO4 (2-)	Stupeň XA1: $\geq 200$ mg/L a $\leq 600$ mg/L
Mg	Stupeň XA1: $\geq 300$ mg/L a $\leq 1000$ mg/L
Norma ČSN EN 206-1 - tab. 2 - XA2 - agresivní chemická působení podzemní vody na beton	
pH	Stupeň XA2: $< 6.5$ a $\geq 6.5$
Mg	Stupeň XA2: $> 1000$ mg/L a $\leq 3000$ mg/L
amoniak a amonné ionty	Stupeň XA2: $> 30$ mg/L a $\leq 80$ mg/L
CO2 agresivní	Stupeň XA2: $> 40$ mg/L a $\leq 100$ mg/L
sírany jako SO4 (2-)	Stupeň XA2: $> 600$ mg/L a $\leq 3000$ mg/L
Norma ČSN EN 206-1 - tab. 2 - XA3 - agresivní chemická působení podzemní vody na beton	
pH	Stupeň XA3: $< 4.5$ a $\geq 4.0$
CO2 agresivní	Stupeň XA3: $> 100$ mg/L až do nasycení
sírany jako SO4 (2-)	Stupeň XA3: $> 3000$ mg/L a $\leq 6000$ mg/L
Mg	Stupeň XA3: $> 3000$ mg/L až do nasycení
amoniak a amonné ionty	Stupeň XA3: $> 60$ mg/L a $\leq 100$ mg/L

**Konec výsledkové části protokolu o zkoušce**

**Přehled zkušebních metod**

Analytická metoda	Popis metody
<b>Místo provedení zkoušky: Bandšova 1887/7, Česká Lípa, 470 01, Česká republika</b>	
W-ALGF-BT	CZ_SOP_D08_07_382 (ČSN EN ISO 8882) Zkouška inhibice růstu sladkovodních řas.
W-DAPH-BT	CZ_SOP_D08_07_351 (ČSN EN ISO 6341) Zkouška inhibice pohyblivosti Daphnia magna (zkouška akutní toxicity).
*W-FES-PHO	Stanovení trojmocného železa spektrofotometrií s thioyanátem podle publikace M. Hordlové a kol. Chemická a fyzikální metody analýzy vod, SNTL, Praha, 1988.
W-FISHF-BT	CZ_SOP_D08_07_350 (ČSN EN ISO 7346-1, ČSN EN ISO 7346-2) Stanovení akutní letální toxicity ústředí pro sladkovodní ryby.
W-SINA-BT	CZ_SOP_D08_07_363 (Věstník MŽP, ročník XVII, částka 4/2007, str. 13-14; Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení akustotoxicity odpadů, Příloha č.1 "Test na semenech hořce bílé (Sinapis alba)") Test toxicity na semenech hořce bílé (Sinapis alba).
<b>Místo provedení zkoušky: Na Havří 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika</b>	
W-ACID-PCT	CZ_SOP_D08_02_073 (ČSN 75 7372) Stanovení zkladové neutralizační kapacity (acidita/potenciometrickou titrací).
W-ALK-PCT	CZ_SOP_D08_02_072 (ČSN EN ISO 9953-1) Stanovení kyselinné neutralizační kapacity (alkalita)/potenciometrickou titrací.
W-CL-IC	CZ_SOP_D08_02_088 (ČSN EN ISO 10304-1) Stanovení rozpustných fluoridů, chloridů, bromidů, sulfidů, dusičnanů a síranů ve vodách metodou iontové kapalinové chromatografie.
*W-CO2A-TIT2	CZ_SOP_D08_02_119 (ČSN 83 0530 - 14) Stanovení agresivního oxidu uhličitého podle Heyera výpočtem z alkality.
W-CO2F-CC2	CZ_SOP_D08_02_072 Stanovení kyselinné neutralizační kapacity (pKa) (ČSN EN ISO 9953-1) - Výpočet form oxidu uhličitého CO2 (ČSN 75 7373).
W-COD-SPC	CZ_SOP_D08_02_078 (ČSN ISO 6060, ČSN ISO 15705) Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromátem (CHSK-Cr) fotometricky nebo třešně CZ_SOP_D08_07_040 (ČSN ISO 6060) Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromátem (CHSK-Cr).
W-CON-PCT	CZ_SOP_D08_02_075 (ČSN EN 27 888) Stanovení elektrické vodivosti.
W-FVDS-GR	CZ_SOP_D08_02_071 (ČSN 757346, ČSN 757347) Stanovení rozpustných látek v pitných, povrchových a odpadních vodách. CZ_SOP_D08_02_070_01 Stanovení nerozpustných a celkových látek v pitných, povrchových a odpadních vodách (s použitím filtrů se státních výškových, filtrůvno přes poročky 1.5 um (Environmental Express)).
W-GASPID1	CZ_SOP_D08_03_189 (EPA RSK-175) Stanovení plynů metodou plynové chromatografie s detekcí FID a TCD.
W-HARD-FL	Tvrdość v mmol/l, výpočet - výsledky z ICP-OES-AX

Datum vystavení : 27.2.2012  
 Stránka : 9 z 9  
 Zákázka : PR1204183  
 Zákazník : RWE Gas Storage, s.r.o.



Analytická metoda	Popis metody
W-METAXFL1	CZ_SOP_D08_02_001 (US EPA 200.7, ISO 11885, EN 12506, příprava vzorku dle CZ_SOP_D08_02_002, kap.10.1 a 10.2) Stanovení prvků metodou atomové emise spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cr(VI), Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Ti, Tl, V, Zn, Zr. Vzorok byl před analýzou filtrován mikrofiltrem porozity 0,45 µm a následně ředěn přidáním lysozymu dle účelu.
W-METAXFL2	CZ_SOP_D08_02_001 (US EPA 200.7, ISO 11885, EN 12506, příprava vzorku dle CZ_SOP_D08_02_002, kap.10.1 a 10.2) Stanovení prvků metodou atomové emise spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cr(VI), Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sn, Sr, Ta, Ti, Tl, V, Zn, Zr. Vzorok byl před analýzou filtrován mikrofiltrem porozity 0,45 µm a následně ředěn přidáním lysozymu dle účelu.
W-NH4-SPC	CZ_SOP_D08_02_019 (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395, M. Horáková: Analytika vody, Praha 2000) Stanovení amoniakových iontů, dusičnanového a sumy dusičnanového a dusičnanového dusíku pomocí diskriminační spektrofotometrie a výpočet dusičnanů a dusíku organického, anorganického a celkového.
W-NING-SPC	CZ_SOP_D08_02_019 (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395, M. Horáková: Analytika vody, Praha 2000) Stanovení amoniakových iontů, dusičnanového a sumy dusičnanového a dusičnanového dusíku pomocí diskriminační spektrofotometrie a výpočet dusičnanů a dusíku organického, anorganického a celkového.
W-NNO-SPC	CZ_SOP_D08_02_019 (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395, M. Horáková: Analytika vody, Praha 2000) Stanovení amoniakových iontů, dusičnanového a sumy dusičnanového a dusičnanového dusíku pomocí diskriminační spektrofotometrie a výpočet dusičnanů a dusíku organického, anorganického a celkového.
W-NO2-SPC	CZ_SOP_D08_02_019 (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395, M. Horáková: Analytika vody, Praha 2000) Stanovení amoniakových iontů, dusičnanového a sumy dusičnanového a dusičnanového dusíku pomocí diskriminační spektrofotometrie a výpočet dusičnanů a dusíku organického, anorganického a celkového.
W-NO3-SPC	CZ_SOP_D08_02_019 (ČSN ISO 11732, ČSN ISO 13395, M. Horáková: Analytika vody, Praha 2000) Stanovení amoniakových iontů, dusičnanového a sumy dusičnanového a dusičnanového dusíku pomocí diskriminační spektrofotometrie a výpočet dusičnanů a dusíku organického, anorganického a celkového.
W-PAHGM501	CZ_SOP_D08_02_181 (EPA 8270, EPA 8131, EPA 8061, ČSN EN ISO 6468) Stanovení semivolatilních organických látek metodou plynové chromatografie s MS detekcí
W-PH-PCT	CZ_SOP_D08_02_165 (ČSN ISO 10 523) Stanovení pH ve vodách, výluzech a vodních roztocích.
W-PSYCH	ČSN 75 7842 Stanovení psychrofilních bakterií kultivací
W-SO4-IC	CZ_SOP_D08_02_088 (ČSN EN ISO 10364-1) Stanovení rozpustných fluoridů, chloridů, bromidů, dusičnanů, dusičnanů a síranů ve vodách metodou iontové kapalinové chromatografie
W-TDS-GR	CZ_SOP_D08_02_071 (ČSN 757346) Stanovení rozpustných látek v pitných, povrchových a odpadních vodách. (S použitím filtrů ze silicových vláken, filtrováno přes filtr porozity 1,5 µm (Environmental Express))
W-TSS-GR	CZ_SOP_D08_02_070 (ČSN EN 872) Stanovení nerozpustných a celkových látek v pitných, povrchových a odpadních vodách (s použitím filtrů ze silicových vláken, filtrováno přes filtr porozity 1,5 µm (Environmental Express))
W-VOCFID01	CZ_SOP_D08_03_138 (EPA 801, EPA 824) Stanovení letkých organických látek metodou plynové chromatografie s detekcí a) FID, b) ECD

Symbol "™" u metody značí neakreditovanou zkoušku. V případě, že laboratoř použila pro neakreditovanou nebo nestandardní matrici vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na titulní straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“.

Způsob výpočtu sumárních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.



### Protokol o zkoušce

Zakázka	: PR1340184	Datum vystavení	: 10.9.2013
Zákazník	: INFORM - CONSULT - AQUA, s.r.o.	Laboratoř	: ALS Czech Republic, s.r.o.
Kontakt	: Karel Kohn	Kontakt	: Zákaznický servis
Adresa	: Fibichova 35 261 01 Píbram II Česká republika	Adresa	: Na Harfě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika
E-mail	: ica@informconsulitaqua.cz	E-mail	: customer.support@alsglobal.com
Telefon	: +420 3186 35184	Telefon	: +420 226 226 228
Fax	: ---	Fax	: +420 284 081 635
Projekt	: ---	Stránka	: 1 z 2
Číslo objednávky	: ---	Datum příjezu vzorku	: 4.9.2013
Číslo předávacího protokolu	: ---	Číslo nabídky	: PR2013INFCO-CZ0002 (CZ-111-13-0347)
Místo odběru	: ---	Datum zkoušky	: 4.9.2013 - 10.9.2013
Vzorkoval	: zákazník	Úroveň řízení kvality	: Standardní QC dle ALS ČR interních postupů

#### Poznámky

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.  
Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu.

#### Za správnost odpovídá

Jméno oprávněné osoby:  
Zdeněk Jirák

Pozice:  
Prague Laboratory Manager



Zkušební laboratoř  
akreditovaná ČIA



L 1163

ALS Czech Republic, s.r.o.  
Na Harfě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika

www.alsglobal.cz

RIGHT SOLUTIONS



Datum vystavení : 10.9.2013  
 Stránka : 2 z 2  
 Zakázka : PR1340184  
 Zákazník : INFORM - CONSULT - AQUA, s.r.o.



### Výsledky zkoušek

Matrice: VODA				Název vzorku		I. vzorek před filtrací		II. voda po filtraci		---	
				Identifikace vzorku		PR1340184001		PR1340184002		---	
				Datum odběru/čas odběru		4.9.2013 00:00		4.9.2013 00:00		---	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	---	---	---	---
<b>Fyzikální parametry</b>											
elektrická vodivost (25 °C)	W-CON-PCT	0.10	mS/m	206	±10.0 %	207	±10.0 %	---	---	---	---
<b>anorganické parametry</b>											
NL sušené (105°C)	W-TSS-GR	5.0	mg/l	<5.0	---	<5.0	---	---	---	---	---
RL sušené (105°C)	W-TDS-GR	10	mg/l	1940	±9.0 %	1940	±9.0 %	---	---	---	---
<b>BTEX</b>											
benzen	W-VOCGMS02	0.20	µg/l	1.11	±20.0 %	<0.20	---	---	---	---	---
toluen	W-VOCGMS02	1.0	µg/l	<1.0	---	<1.0	---	---	---	---	---
ethylbenzen	W-VOCGMS02	0.10	µg/l	<0.10	---	<0.10	---	---	---	---	---
meta- & para-xylen	W-VOCGMS02	0.20	µg/l	0.22	±20.0 %	<0.20	---	---	---	---	---
orto-xylen	W-VOCGMS02	0.10	µg/l	<0.10	---	<0.10	---	---	---	---	---
suma BTEX	W-VOCGMS02	1.60	µg/l	<1.60	---	<1.60	---	---	---	---	---
suma xylenu	W-VOCGMS02	0.30	µg/l	<0.30	---	<0.30	---	---	---	---	---

Pokud zákazník požádá, může si být vzorky vzorku laboratorně provedl jako státním odběru dle přílohy vzorky do laboratorně a je uvedeno v záznamu. Pokud je tato možnost uvedena, což znamená, že lze získat výsledky pouze dle přílohy, která je součástí této výzvěsti. Největší je možná nejvyšší měření dostupné při této metodě (viz tabulka s hodnotami LOQ) a z

Výzvěstí: LOQ = limit zjištělnosti; NM = nepřesná měření.

### Konec výsledkové části protokolu o zkoušce

### Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
Místo provedení zkoušky	Na Horě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika
W-CON-PCT	CZ_SOP_D06_02_075 (ČSN EN 27 888) Stanovení elektrické vodivosti
W-TDS-GR	CZ_SOP_D06_02_071 (ČSN 757346, ČSN 757347) Stanovení RL, RAS a ztráty žháním RL (s použitím filtrů ze skleněných vláken porozity 1,5 µm - Environmental Express)
W-TSS-GR	CZ_SOP_D06_02_070 (ČSN EN 872, ČSN 757350) Stanovení NL, žháných NL, ztráty žháním NL a celkových látek gravimetricky (s použitím filtrů ze skleněných vláken porozity 1,5 µm - Environmental Express)
W-VOCGMS02	CZ_SOP_D06_03_155 mimo kap. 9.2 (US EPA 824, US EPA 8260, EN ISO 10301, MADEP 2004, rev. 11) Stanovení látkových organických látek metodou GC-MS

Symbol \*\*\* u metody značí neakreditovanou zkoušku. V případě, že laborator použila pro neakreditovanou nebo nestandardní matici vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na bližší straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“.

Způsob výpočtu sumačních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.

**Příloha č. 3 Rozbor vody vzorku odebraného po přечиštění 4. 12. 2013**



**Protokol o zkoušce**

<b>Zakázka</b>	: PR1358936	<b>Datum vystavení</b>	: 12.12.2013
<b>Zákazník</b>	: INFORM - CONSULT - AQUA, s.r.o.	<b>Laboratoř</b>	: ALS Czech Republic, s.r.o.
<b>Kontakt</b>	: Karel Kohn	<b>Kontakt</b>	: Zákaznický servis
<b>Adresa</b>	: Fibichova 35 261 01 Příbram II Česká republika	<b>Adresa</b>	: Na Harfě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika
<b>E-mail</b>	: ica@informconsultaqua.cz	<b>E-mail</b>	: customer.support@alsglobal.com
<b>Telefon</b>	: +420 3186 35184	<b>Telefon</b>	: +420 226 226 228
<b>Fax</b>	: ----	<b>Fax</b>	: +420 284 081 635
<b>Projekt</b>	: lokalita RWE Háje	<b>Stránka</b>	: 1 z 3
<b>Číslo objednávky</b>	: ----	<b>Datum přijetí vzorků</b>	: 4.12.2013
<b>Číslo předvěcího protokolu</b>	: ----	<b>Číslo nabídky</b>	: PR2013INFCO-CZ0002 (CZ-111-13-0347)
<b>Místo odběru</b>	: ----	<b>Datum zkoušky</b>	: 5.12.2013 - 12.12.2013
<b>Vzorkoval</b>	: zákazník	<b>Úroveň řízení kvality</b>	: Standardní QC dle ALS ČR interních postupů

**Poznámky**

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.  
Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu.  
Vzorek PR1358936-001 - byl doručen na analýzu pach a chuť v nevhodné vzorkovnici.

**Za správnost odpovídá**

Jméno oprávněné osoby  
Zdeněk Jirák

Podpis  
Environmental Business Unit  
Manager



Zkušební laboratoř  
akreditovaná ČIA



L 1163

ALS Czech Republic, s.r.o.  
Na Harfě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika

www.alsglobal.cz

www.alsglobal.cz

RIGHT SOLUTIONS



Datum vystavení : 12.12.2013  
 Stránka : 2 z 3  
 Zakázka : PR1358936  
 Zákazník : INFORM - CONSULT - AQUA, s.r.o.



### Výsledky zkoušek

Matrice: PODZEMNÍ VODA				Název vzorku	lokality RWE Háje - podzemní důlní vody	---	---
				Identifikace vzorku	PR1358936001	---	---
				Datum odběru/čas odběru	4.12.2013 00:00	---	---
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	---	---
<b>fyzikální parametry</b>							
pH	W-PH-PCT	1.00	-	7.24	±1.1 %	---	---
<b>soľuhinné parametry</b>							
Tvrdoš	W-HARD-FX	0.00020	mmol/l	3.16	---	---	---
tvrdoš vápnatá	W-HARD-FX	0.00020	mmol/l	2.83	---	---	---
tvrdoš hořnatá	W-HARD-FX	0.00020	mmol/l	0.628	---	---	---
tvrdoš jako CaCO <sub>3</sub>	W-HARD-FX	0.020	mg CaCO <sub>3</sub> /l	316	---	---	---
<b>anorganické parametry</b>							
NL sušené (105°C)	W-TSS-GR	5.0	mg/l	<5.0	---	---	---
RL sušené (105°C)	W-TDS-GR	10	mg/l	1580	±9.7 %	---	---
<b>celkové kovy / hlavní kationty</b>							
Ca	W-METAFX1	0.0050	mg/l	102	±10.0 %	---	---
Mg	W-METAFX1	0.0030	mg/l	16.2	±10.0 %	---	---
<b>rozpuštěné kovy / hlavní kationty</b>							
Cs	W-METAXFL1	0.0050	mg/l	101	±10.0 %	---	---
<b>BTEX</b>							
benzen	W-VOCGMS01	0.20	µg/l	<0.20	---	---	---
toluen	W-VOCGMS01	1.00	µg/l	<1.00	---	---	---
ethylbenzen	W-VOCGMS01	0.10	µg/l	<0.10	---	---	---
meta- & para-xylen	W-VOCGMS01	0.20	µg/l	<0.20	---	---	---
orto-xylen	W-VOCGMS01	0.10	µg/l	<0.10	---	---	---
suma BTEX	W-VOCGMS01	1.60	µg/l	<1.60	---	---	---
suma xylenů	W-VOCGMS01	0.30	µg/l	<0.30	---	---	---

### Popisné výsledky

Matrice: PODZEMNÍ VODA

Metoda: Parametr	Identifikace vzorku	Název vzorku - Datum odběru/čas odběru	Výsledky zkoušek
<b>senzorní parametry</b>			
W-00TA-SEN: pach	PR1358936001	lokality RWE Háje - podzemní důlní vody - 4.12.2013 00:00	příjemný pro odběratele

Pokud zákazník neuvede datum a čas odběru vzorků, laborator uvede jako datum odběru datum příjezu vzorku do laboratoru a je uvedeno v závorce.  
 Pokud je čas vzorkování uveden 0.00 znamená to, že zákazník uvedl pouze datum a neuvádí čas vzorkování. Nejistota je rozšířena nejistota měření odpovídající 95% intervalu spolehlivosti a koeficientem rozšíření k = 2.  
 Usvětlovací: LOQ = Mez stanovitelnosti; NM = Nejistota měření

### Konec výsledkové části protokolu o zkoušce

### Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
Místo provedení zkoušky: Na Hartě 336/9, Praha 9 - Vysočany, 190 00, Česká republika	
W-HARD-FX	CZ_SOP_D06_02_J06 Stechiometrické výpočty a výpočty anorganických parametrů z naměřených hodnot akreditačními metodami (výpočet tvrdosti ze sumy vápníku a hořčíku).
W-METAXFL1	CZ_SOP_D06_02_001 (US EPA 200.7, ISO 11885, EN 12506, příprava vzorku dle CZ_SOP_D06_02_J02 kap. 10.1 a 10.2) Stanovení prvků metodou ICP-OES a stechiometrické výpočty koncentrací sloučenin z naměřených hodnot. Vzorek byl před analýzou filtrován mikrofiltrem porozity 0.45 µm a následně fiován přísávkem kyseliny dusičné.

Datum vystavení : 12.12.2013  
 Stránka : 3 z 3  
 Zákazka : PR1358936  
 Zákazník : INFORM - CONSULT - AQUA, s.r.o.



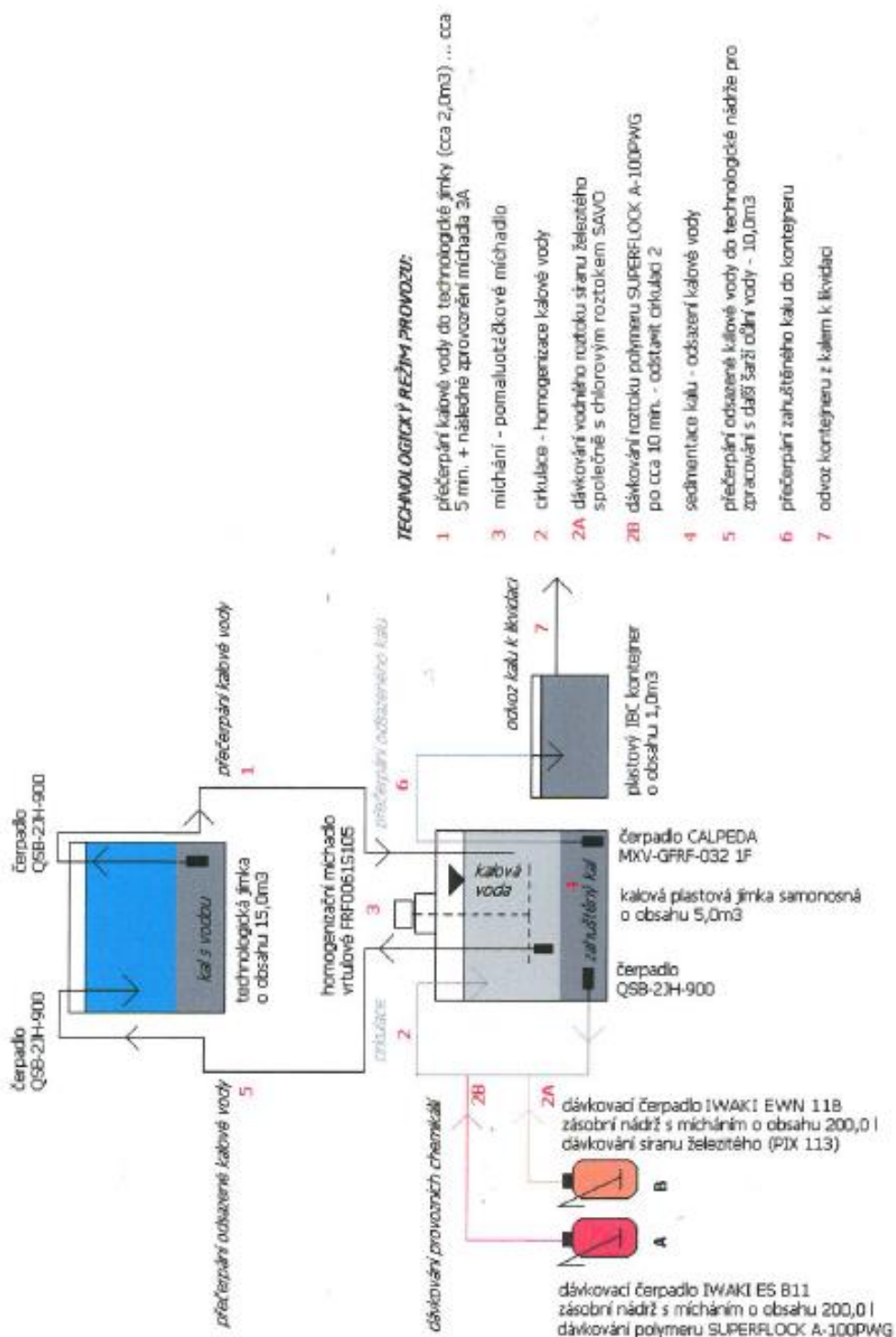
Analytické metody	Popis metody
W-METAFX1	CZ_SOP_D06_02_001 (US EPA 200.7, ISO 11885, EN 12506, příprava vzorku dle CZ_SOP_D06_02_002 kap. 10.1 a 10.2) Stanovení prvků metodou ICP-OES a stechiometrické výpočty koncentrací sloučenin z naměřených hodnot. Vzorek byl před analýzou fixován přidávkem kyseliny dusičné.
W-ODTA-SEN	CZ_SOP_D06_04_065 (TNV 75 7340, ČSN EN 1622). Senzorická analýza vody - stanovení pachů a chutí.
W-PH-PCT	CZ_SOP_D06_02_105 (ČSN ISO 10 523, US EPA 150.1, ČSN EN 12506) Stanovení pH potenciometricky.
W-TDS-GR	CZ_SOP_D06_02_071 (ČSN 757346, ČSN 757347) Stanovení RL, RAS a ztráty žiháním RL (s použitím filtrů ze skleněných vláken porozity 1,5 um- Environmental Express)
W-TSS-GR	CZ_SOP_D06_02_070 (ČSN EN 872, ČSN 757350) Stanovení NL, žháných NL, ztráty žháním NL a celkových látek gravimetricky (s použitím filtrů ze skleněných vláken porozity 1,5 um-Environmental Express).
W-VOCGMS01	CZ_SOP_D06_03_155 mimo kap. 9.2 (US EPA 624, US EPA 8260, EN ISO 10301, MADEP 2004, rev. 1.1) Stanovení lékových organických látek metodou GC-MS

Symbol "" u metody značí neakreditovanou zkoušku. V případě, že laboratoř použila pro neakreditovanou nebo nestandardní metodu vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na titulní straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“.

Způsob výpočtu sumačních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.



**PROVOZ KALOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ - ÚPRAVA PODZEMNÍCH DŮLNÍCH VOD**



**Příloha č. 6 Porovnání vytěžené vody z OV s normami environmentální kvality**

Ukazatel	Značka	Jednotka	Koncentrace	Norma environmentální kvality	
				NEK-RP	NEK-NPH
Všeobecné ukazatele					
reakce vody	pH	-	7,18	5 - 9	
chloridy	Cr <sup>-</sup>	mg/l	150	150	
chemická spotřeba kyslíku	CHSK <sub>Cr</sub>	mg/l	1660	26	
rozpuštěné látky žíhané	RL <sub>550</sub>	mg/l	1050	470	
amoniakální dusík	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,214	0,23	
dusičnanový dusík	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 0,06	5,4	
rozpuštěné látky sušené	RL <sub>105</sub>	mg/l	1480	750	
nerozpuštěné látky sušené	NL <sub>105</sub>	mg/l	159	20	
Rozpuštěné kovy/hlavní kationty					
vápník	Ca	mg/l	170	190	
železo	Fe	mg/l	0,0443	0,52	1
hořčík	Mg	mg/l	15,4	120	
BTEX					
benzen		µg/l	437	10	50
ethylbenzen		µg/l	17,3		1
(m+p)-xylen		µg/l	50,2		4
o-xylen		µg/l	19,2		3,2
toluen		µg/l	214		5
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)					
Athracen		µg/l	0,151	0,1	0,1
benzo(a)anthracen		µg/l	0,066		0,03
benzo(a) pyren		µg/l	< 0,02	1,7 x 10 <sup>-4</sup>	0,27
benzo(b)fluoranthen		µg/l	0,013		0,17
benzo(ghi)perylene		µg/l	< 0,01		8,2 x 10 <sup>-3</sup>
benzo(k)fluoranthen		µg/l	0,01		0,17
chrysen		µg/l	0,082		0,1
dibenzo(a,h)anthracen		µg/l	< 0,01		0,016
fluoranthen		µg/l	0,31	0,0063	0,12
fluoren		µg/l	0,466		0,1
indeno(1,2,3-cd)pyren		µg/l	< 0,01		nepoužije se
naftalen		µg/l	0,954	2	130
pyren		µg/l	0,245		0,024
suma PAU		µg/l	1,97	0,1	nepoužije se

*NEK-RP: norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota.*

*NEK-NPK: norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná koncentrace je nepřekročitelná.*

Příloha č. 7 Schéma návrhu optimalizace úpravy vody

