

Ing. Silvie Heviánková, Ph.D., VŠB – TU Ostrava; Ing. Miroslav Zechner, Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.

Desulfatace důlních vod hlinitanem sodným na ÚDV Svatava, Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s.

Přijato: 10. 12. 2007, recenzováno: 25. 2. 2008

Článek představuje možnosti řešení srážení nadlimitní koncentrace síranů v důlní vodě na ÚDV (Úpravna Důlních Vod) Svatava. Laboratorní pokusy desulfatace byly prováděny podle metodiky IEI, HGF, VŠB – TUO. Počáteční koncentrace síranových iontů v reálném vzorku z lomu Medard byla 1233 mg.l^{-1} , z hlubiny Marie II 585 mg.l^{-1} . Po smíchání reálných vzorků z obou přítoků v poměru 3 : 1 byla vstupní koncentrace síranových iontů 1050 mg.l^{-1} . Laboratorní pokusy byly provedeny dvěma postupy. V prvním postupu byly důlní vody z obou přítoků smíchány a poté upraveny společně. V postupu druhém byla upravena pouze důlní voda z lomu Medard, ke které byla následně po jejím vyčištění přimíchána surová důlní voda z hlubiny Marie II. Na desulfataci byl použit hlinitan sodný s hydroxidem vápenatým.

Desulphitation of Mine Waters by Sodium Aluminate at ÚDV Svatava, Sokolovská uhelná, legal successor a.s.

This article represents ways of solutions of precipitation of above-average concentration of sulphates in mine water in MWPP (Mine Water Preparing Plant) Svatava. Laboratory experiments of desulfatation were carried out according to methodology of The IEI, HGF, VSB - TUO. Initial sulphate ions concentration in real sample from the Quarry of Medard was 1233 mg.l^{-1} , from the Depth of Marie II 585 mg.l^{-1} . After mixture of real samples from both tributaries in the rate of 3 : 1 was sulphate ions input concentration 1050 mg.l^{-1} . Laboratory experiments were carried out by two ways. In the first one, mine water was mixed from both tributaries and then they were modified together. In the second case only mine water from the Quarry of Medard was modified. After clearing of this water was subsequently added crude mine water from the Depth of Marie II. There was used soda aluminate with calcic hydroxide for desulfatation.

Desulfatierung der Grubenwässer mittels Natriumaluminats in Grubenwasseraufbereitungsanlage Svatava, Sokolovská uhelná, Rechtsnachfolger, a.s.

Dieser Artikel stellt Möglichkeiten der Lösung der Fällung von Sulfatkonzentration im Grubenwasser auf der Grubenwasseraufbereitungsanlage Svatava vor, die die festgelegten Limitwerte überschreitet. Die Laborversuche der Entschwefelung wurden nach der Methodik IEI, HGF, VCB - TUO durchgeführt. Die Anfangskonzentration von Sulfationen in einer realen Probe aus dem Tagebau Medard betrug 1233 mg.l^{-1} , aus der Tiefgrube Marie II 585 mg.l^{-1} . Nach der Vermischung der realen Proben aus beiden Zuflüssen im Verhältnis 3 : 1 betrug Anfangskonzentration von Sulfationen 1050 mg.l^{-1} . Die Laborversuche wurden auf zwei Weise vorgenommen. Im ersten Verfahren wurden Grubenwässer aus beiden Zuflüssen vermisch

Úvod

Povrchová těžba uhlí může velice významně ovlivňovat kvalitu povrchových i podzemních vod v dané oblasti. Chemické složení důlních vod z povrchových dolů může být velice rozmanité. Mezi charakteristické ukazatele znečištění důlních vod patří zejména nerozpuštěné látky (částice uhlí, jílu, písku apod.), anorganické rozpuštěné látky (síran

vápník, hořčík, amonné ionty), některé kovy, zejména železo, mangan, zinek, nikl aj.

V některých případech se mohou vyznačovat i nízkými hodnotami pH. Znečištění důlních vod organickými látkami lze považovat za bezvýznamné. Koncentrace uvedených látek mohou kolísat v rozmezí několika řádů.

Jedním z významných parametrů, který zásadním způsobem ovlivňuje charakter znečištění důlních vod je nadlimitní obsah síranových iontů. Koncentrace síranů v povrchových vodách je vymezena dvěma předpisy. Jedním je ČSN 75 7221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“ a druhým Nařízením vlády ČR č. 61/2003 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného znečištění vod.

Pro toky vodárenské je maximální přípustná koncentrace síranových iontů 250 mg.l^{-1} a pro ostatní povrchové vody je 300 mg.l^{-1} . V povrchových a prostých podzemních vodách vyskytující se sírany nemají hygienický význam, tzn. že netvoří zdravotní ani environmentální rizika a nemají vliv na organoleptické vlastnosti vody. Větší koncentrace síranů může být příčinou agresivity vody vůči betonovým stavebním konstrukcím.

Sokolovská uhelná, a.s

Sokolovská pánev leží v severozápadní části České republiky a má rozlohu cca 312 km^2 . Geologické epochy utvářející povrch země formovaly její vzhled především v období třetihor a čtvrthor. Po jižním okraji pánve protéká řeka Ohře. Těžba hnědého uhlí na Sokolovsku probíhá už od 17. století. Značného rozmachu však dosáhla ve století devatenáctém. Hnědé uhlí, uložené v Sokolovské pánvi ve třech nepravidelně vyvinutých slojích o mocnosti desítek metrů s nadloží řádově desítky až stovky metrů, bylo nejprve těženo hlubinným dobýváním, zpravidla v místech nejvyšší kvality sloje. V současnosti se těží efektivnějším lomovým způsobem. Povrchová těžba uhlí probíhá na dvou lomech – Jiří a Družba. Lom Jiří je plošně rozsáhlejší a jeho roční produkce hnědého uhlí se pohybuje kolem 8 milionů tun. Lom Družba těží kolem 2 milionů tun uhlí ročně.

Dalšími nečinnými lomy jsou lomy Marie a Lomnice. Již zrekultivovány jsou lom Michal, nyní koupaliště Michal, a výsypka Silvestr, nyní golfové hřiště.

Na Úpravnu důlních vod Svatava, dále jen ÚDV Svatava, jsou čerpány důlní vody z hlubiny Marie II, kde je již těžba ukončena a z lomu Medard, kde se v současné době provádějí závěrečné rekultivační práce pro budoucí hydrokeultivaci.

Úpravna důlních vod Svatava

Úpravna důlních vod Svatava je určena zejména pro odstraňování vysokého obsahu železa, nerozpuštěných látek a úpravy nízké hodnoty pH důlních vod, čerpaných do ÚDV z lokalit lomů Medard a hlubina Marie II. Důlní vody jsou z obou lokalit čerpány samostatnými přívodními potrubími do dvou ukladňovacích jímek. Vody z lokality lom Medard jsou čerpány z hlavní retenční nádrže lomu Medard, vody z lokality hlubina Marie II jsou čerpány z retenční nádrže Rafanda. Důlní vody z lokality hlubina Marie II jsou do ÚDV přiváděny od roku 2003. Na ÚDV Svatava jsou oba přítoky smíchány v poměru 3 : 1 (lom Medard : hlubina Marie II). V současné době jsou přítoky $230 : 90 \text{ l.s}^{-1}$. Důlní vody jsou po úpravě v ÚDV Svatava vypouštěny do řeky Svatava v množství $Q_{\text{přím}} = 400 \text{ l.s}^{-1}$, $Q_{\text{max}} = 500 \text{ l.s}^{-1}$, $Q_{\text{rok}} = 12\,615 \text{ m}^3.\text{rok}^{-1}$. Maximální vypouštěné množství důlních vod je dáno kapacitou ÚDV Svatava a činí v současné době cca 400 l.s^{-1} .

Úprava důlních vod v ÚDV Svatava spočívá v alkalizaci vápennou suspenzí na hodnotu pH 8 až 9, oxidací vzdušným kyslíkem dvojmocného železa Fe^{2+} na trojmocnou formu Fe^{3+} , odseparování kalu od vyčištěné vody ve dvou reaktorech typu Seclar a následném gravitačním a mechanickým odvodnění kalu, které je prováděno v předlohové, vyrovnávací a zahušťovací nádrži a následně na kalolisu firmy Netzsch. Odvodněný a vylisovaný kal je pomocí kolejové dopravy odvážen na vnitřní výsypku lomu Medard, vyčištěná voda je odváděna do recipientu (řeka Svatava). Z hlediska odstranění síranů je současná technologie na ÚDV Svatava neúčinná a koncentrace v upravené důlní vodě je prakticky stejná jako v důlní vodě surové.

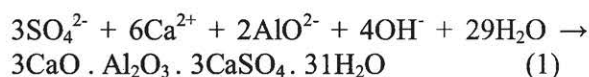
Popis použitých vzorků důlních vod

Důlní vody z hlubiny Marie II mají téměř ve všech ukazatelích vyšší kvalitu než důlní vody z lomu Medard. Počáteční koncentrace síranových iontů v reálném vzorku z lomu Medard byla 1233 mg.l^{-1} , z hlubiny Marie II 585 mg.l^{-1} . Po smíchání těchto vzorků z obou přítoků v poměru 3 : 1 byla vstupní koncentrace síranových iontů 1050 mg.l^{-1} .

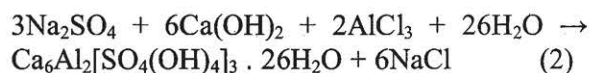
Desulfatace důlních vod metodou IEI – HGF

Náplní jednotlivých etap laboratorního výzkumu desulfatace důlních vod bylo zejména testování účinku dostupných srážecích činidel.

Na základě získaných výsledků byl pro další postup chemického srážení síranů vybrán proces využívající kombinace iontů Ca^{2+} , OH^- , Al^{3+} , AlO_2^- . Průběh srážecích mechanismů je pravděpodobně následující [1]:



nebo



Výsledným produktem reakcí je tzv. ettringit. Jde o komplexní sloučeninu o poměru $\text{Al} : \text{SO}_4 : \text{Ca} = 2 : 3 : 6$, která krystalizuje ve formě charakteristických jehlic. Tvorba ettringitu se předpokládá ve vodných roztocích obsahujících CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a sloučeniny hliníku ve třetím oxidačním stupni. Hliník je do procesu srážení dodáván ve formě hlinitanu sodného [1].

Metodický postup srážení síranů

Metodický postup laboratorních pokusů spočívá v dávkování hydroxidu vápenatého do surové důlní vody za účelem zajistit požadované pH (cca 12,5). Po nadávkování $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je směs intenzivně míchána 10 – 20 minut při 200 $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ na míchací koloně MK 6. Poté následuje nadávkování činidla a probíhá další 30 minutové míchání při stejných otáčkách. Po ukončení míchání následuje filtrace kapalně fáze. Ve filtrátu se stanoví pH a výsledná koncentrace síranů. Jako činidlo pro srážení SO_4^{2-} byl použit

roztok hlinitanu sodného AIR-F s obsahem cca 18 % Al_2O_3 . 1 ml pracovního roztoku AIR-F tedy obsahuje 140,29 mg hliníku. Stanovení koncentrace síranových iontů pomocí absorpční spektrofotometrie je časově náročné, proto byla použita pro jejich stanovení předprogramovaná metoda firmy HACH č. 955 při vlnové délce 450 nm na spektrofotometru HACH 2000/DR (Direkt Reading Spectrophotometer), s použitím reagentu SulfaVer 4. Reagent na stanovení síranů SulfaVer 4 je směs chloridu barnatého a kyseliny citronové.

Hlavním cílem těchto pokusů bylo najít optimální dávku hlinitanu sodného a hydroxidu vápenatého, použitých k desulfataci tak, aby výsledná koncentrace síranů splnila podmínku pro vypouštění odpadních vod do recipientu ($< 300 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), kterou stanovuje Nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb.

Výsledky desulfatace důlních vod

Laboratorní pokusy byly provedeny dvěma postupy. V POSTUPU 1 byly důlní vody z přítoků lom Medard a hlubina Marie II nejprve smíchány v poměru 3 : 1 a poté upraveny společně. V POSTUPU 2 byla upravena pouze důlní voda z lomu Medard, ke které byla následně po její úpravě přimíchána surová důlní voda z hlubiny Marie II. Jak již bylo uvedeno na ÚDV Svatava jsou oba přítoky smíchány v poměru 3 : 1 (lom Medard : hlubina Marie II). Tento poměr byl dodržen i při jednotlivých laboratorních pokusech.

Účinnost desulfatace byla počítána ze vzorce:

$$\eta = \frac{(a - b)}{a} * 100 \quad (\%) \quad (3)$$

a... vstupní koncentrace síranových iontů [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]

b... koncentrace síranových iontů po desulfataci [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]

Tab. 1 - Vstupní analýza vzorků důlních vod (odběr 22.11.2006)

lokalita	pH	c (SO_4^{2-}) [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]
Lom Medard	6,04	1233
Hlubina Marie II	7,04	585
Lom Medard a Hlubina Marie II (3 : 1)	6,09	1050

Vstupní analýzy vzorků byly provedeny vždy třikrát. Hodnoty uvedené v tab. 1 představují průměr z těchto tří hodnot.

Srovnáním vstupních analýz jednotlivých přítoků vyplývá, že důlní voda z lomu Medard má více než dvojnásobně vyšší koncentraci iontů SO_4^{2-} než důlní voda z hlubiny Marie II. Smícháním obou přítoků v poměru 3 : 1 (lom Medard : hlubina Marie II) dojde k naředění důlní vody z lomu Medard.

Metodický postup srážení:

1. do 1 l surové důlní vody dávkován $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 10 minut míchání při 200 ot.min⁻¹
2. filtrace suspenze
3. stanovení obsahu síranů a hodnoty pH ve filtrátu

Srážení iontů SO_4^{2-} pouze v přítomnosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lokalit lom Medard a hlubina Marie II

V současné době je úprava důlních vod na ÚDV Svatava realizována pouhou alkalizací pomocí $\text{Ca}(\text{OH})_2$, výstupní pH je cca 8 – 9. V následující tab. 2 jsou uvedeny výsledky laboratorních pokusů alkalizace důlních vod o vstupní koncentraci 1050 mg.l⁻¹ SO_4^{2-} .

Tab. 2 - Výsledky desulfatace

číslo pokusu	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ [g.l ⁻¹]	pH po 10 min. míchání (filtrát)	c (SO_4^{2-}) (filtrát) [mg.l ⁻¹]	η – účinnost desulfatace [%]
1	0,5	8,95	995,0	5,2
2	1,0	10,75	963,0	8,3
3	1,5	11,21	1005,0	4,3
4	2,0	12,32	940,5	10,4
5	2,5	12,39	1010,0	3,8
6	3,0	12,42	1005,0	4,3

Z uvedených hodnot vyplývá, že úprava předmětných důlních vod, spočívající pouze v dávkování $\text{Ca}(\text{OH})_2$, je nedostačující pro splnění požadované koncentrace síranů (< 300 mg.l⁻¹).

V dalších pokusech byl dávkován $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pouze pro úpravu pH na hodnotu 12,5 ($\pm 0,1$), neboť vysoce alkalické prostředí je podmínkou pro srážení síranů hlinitanem sodným. Výsledkem těchto pokusů bylo stanovení

potřebné dávky hydroxidu vápenatého, konkrétně 4,6 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na 1 litr upravované vody.

Srážení iontů SO_4^{2-} v přítomnosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a AlO_2^- z lokalit lom Medard a hlubina Marie II

V následujících pokusech byly do surové důlní vody dákovány reakční činidla $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a hlinitan sodný AlR-F. Vstupní koncentrace síranových iontů ve vzorku byla 1050 mg.l⁻¹.

Metodický postup srážení:

1. do 1 l surové důlní vody dávkován $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 10 minut míchání při 200 ot.min⁻¹
2. stanovení pH
3. dávkován AlR-F – 30 minut míchání při 200 ot.min⁻¹
4. filtrace suspenze
5. stanovení obsahu síranů a hodnoty pH ve filtrátu

Tab. 3 - Výsledky desulfatace

číslo pokusu	Ca(OH) ₂ [g.l ⁻¹]	pH po 10 min.míchání	AlR'-F [ml.l ⁻¹]	pH po 30 min.míchání (filtrát)	c (SO ₄ ²⁻) (filtrát) [mg.l ⁻¹]	η-účinnost desulfatace [%]
1	4,6	12,56	2,40	12,59	125,9	88,0
2	4,6	12,55	2,30	12,58	152,0	85,5
3	4,6	12,56	2,25	12,57	252,3	76,0
4	4,6	12,57	2,20	12,59	315,2	70,0
5	4,6	12,55	2,10	12,57	383,2	63,5
6	4,6	12,56	2,00	12,57	450,8	57,1
7	4,6	12,56	1,90	12,58	476,1	54,7

Z výsledků, které uvádí tab. 3 je zřejmé, že ideální dávky činidel zabezpečující úspěšnou desulfataci jsou 4,6 g hydroxidu vápenatého a 2,25 ml AlR – F na litr surové vody. Dále bylo provedeno ověření této ideální dávky (viz tab. 4).

Tab. 4 - Výsledky desulfatace

číslo pokusu	Ca(OH) ₂ [g.l ⁻¹]	pH po 10 min.míchání	AlR – F [ml.l ⁻¹]	pH po 30 min.míchání (filtrát)	c (SO ₄ ²⁻) (filtrát) [mg.l ⁻¹]	η-účinnost desulfatace [%]
1	4,6	12,56	2,25	12,58	254,7	75,0
2	4,6	12,55	2,25	12,57	255,7	74,8
3	4,6	12,57	2,25	12,59	250,6	75,3

Srážení iontů SO₄²⁻ v přítomnosti Ca(OH)₂ a AlO₂⁻ z lokality lom Medard a následným smícháním se surovou důlní vodou z lokality hlubina Marie II

Důlní vody přitékají na ÚDV Svatava ze dvou lokalit, z lomu Medard a z hlubiny Marie II. Protože jsou koncentrace SO₄²⁻ na vstupu z jednotlivých přítoků rozdílné, je možné důlní vody upravit odděleně a teprve poté je smíchat. Při laboratorních pokusech byla upravena pouze důlní voda z lomu Medard, kde je vstupní koncentrace síranových iontů podstatně vyšší než v důlní vodě z hlubiny Marie II. Následně po její úpravě byla přimíchána surová důlní voda z hlubiny Jiří. I při tomto postupu je nutné dodržet poměr 3 : 1, ve kterém jsou důlní vody z obou přítoků na úpravnu čerpány. Proto bylo z 1 litru upravené důlní vody z lomu Medard odebráno jen 750 ml a přimícháno k 250 ml surové důlní vody z hlubiny Marie II. Výhodou oddělené úpravy je také úprava menšího objemu důlní vody pomocí desulfatační technologie.

Metodický postup srážení:

1. do 1 l surové DV z lomu Medard dávkován Ca(OH)₂ – 10 minut míchání při 200 ot.min⁻¹

2. stanovení pH
3. dávkován AlR- F – 30 minut míchání při 200 ot.min⁻¹
4. filtrace suspenze
5. stanovení obsahu síranů a hodnoty pH ve filtrátu
6. do 750 ml upravené vody z lomu Medard přimícháno 250 ml surové DV z hlubiny Marie II
7. stanovení obsahu síranů a hodnoty pH

V tab. 5 jsou uvedeny vybrané výsledky srážení a následného smíchání upravené důlní vody z lomu Medard a surové důlní vody z hlubiny Marie II. Z tabulky vyplývá, že ideální dávkou hlinitanu sodného jsou 2 ml na litr upravené vody z Lomu Medard. Nižší dávky již nesplňují požadavek na obsah síranů, tj. < 300 mg.l⁻¹. O účinnosti desulfatace se může hovořit jen při úpravě důlní vody z lomu Medard, ta se zde pohybuje ve všech pokusech okolo 90 %. I přes následné přimíchání surové důlní vody z hlubiny Marie II je splněn požadavek na koncentraci síranových iontů dle Nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb. pro vypouštění důlních vod do vod povrchových.

Tab. 5 - Výsledky desulfatace

číslo pokusu	Ca(OH) ₂ [g.l ⁻¹]	pH po 10 min. míchání	AIR-F [ml.l ⁻¹]	pH po 30 min. míchání (filtrát)	c (SO ₄ ²⁻) (filtrát) [mg.l ⁻¹]	pH po smíchání upravené a surové DV	c (SO ₄ ²⁻) po smíchání upravené a surové DV [mg.l ⁻¹]
1	3,2	12,55	2,0	12,58	170,3	12,49	320,5
2	3,4	12,54	2,0	12,57	7,6	12,48	140,9
3	3,6	12,55	2,0	12,57	22,6	12,49	166,8
4	3,8	12,55	2,0	12,56	8,5	12,50	145,7
5	4,0	12,57	2,0	12,59	182,6	12,52	284,4
6	4,2	12,58	2,0	12,59	112,7	12,52	239,8
7	4,4	12,60	2,0	12,60	148,1	12,54	216,6

Za ideální dávky reakčních činidel na úpravu důlní vody z Lomu Medard lze tedy považovat 3,4 g.l⁻¹ Ca(OH)₂ a 2,0 ml.l⁻¹ AIR-F. Dále bylo provedeno ověření těchto dávek činidel (viz tab. 6).

Tab. 6 - Výsledky desulfatace

číslo pokusu	Ca(OH) ₂ [g.l ⁻¹]	pH po 10 min. míchání	AIR-F [ml.l ⁻¹]	pH po 30 min. míchání (filtrát)	c (SO ₄ ²⁻) (filtrát) [mg.l ⁻¹]	pH po smíchání upravené a surové DV	c (SO ₄ ²⁻) po smíchání upravené a surové DV [mg.l ⁻¹]
1	3,4	12,55	2,0	12,58	114,6	12,50	254,3
2	3,4	12,54	2,0	12,57	104,2	12,49	243,6
3	3,4	12,55	2,0	12,57	111,2	12,50	247,1

Závěr

Laboratorními pokusy byla zjišťována optimální dávka reakčních činidel hydroxidu vápenatého a hlinitanu sodného na desulfataci důlních vod přitékajících na ÚDV Svatava. Jelikož jsou tyto důlní vody přiváděny dvěma přítoky, které mají rozdílnou vstupní koncentraci iontů SO₄²⁻, byly laboratorní pokusy orientovány dvěma směry (POSTUP 1 a POSTUP 2).

V prvním postupu byly přítoky z lokalit lom Medard a hlubina Marie II smíchány ve stejném poměru, v jakém jsou smíchány na ÚDV Svatava, tj. 3 : 1. Nevýhodou tohoto postupu je ve srovnání s POSTUPEM 2, že se pracuje s větším objemem vod. Optimální dávky reakčních činidel v POSTUPU 1 jsou 4,60 g.l⁻¹ Ca(OH)₂ a 2,25 ml.l⁻¹ AIR-F. Výsledná

koncentrace síranových iontů v upravené vodě při tomto postupu je cca 254 mg.l⁻¹.

V POSTUPU 2 se upravuje reakčními činidly důlní voda jen z jednoho přítoku, který obsahuje vyšší koncentraci síranů, tj. lom Medard. Následně po desulfataci je upravená voda smíchána, opět v poměru v jakém přitéká na ÚDV Svatava (3:1), se surovou důlní vodou z druhého přítoku, tj. hlubina Marie II. Optimální dávky srážecích činidel pro úpravu důlních vod z lomu Medard jsou 3,4 g Ca(OH)₂ a 2,0 ml AIR – F na litr upravené vody. Poté bylo k 750 ml upravené důlní vody z lomu Medard přimícháno 250 ml surové důlní vody z hlubiny Marie II v poměru 3 : 1. Výsledné dávky Ca(OH)₂ a AIR – F se stanoví následovně:

$$\text{Ca (OH)}_2 : 3,4 \div 4 = 0,85 \rightarrow 0,85 * 3 = \underline{\underline{2,55 \text{ g Ca(OH)}_2}}$$

$$\text{AIR – F: } 2,0 \div 4 = 0,5 \rightarrow 0,5 * 3 = \underline{\underline{1,50 \text{ ml AIR – F}}}$$

Optimální dávky srážecích činidel v POSTUPU 2 tedy jsou $2,55 \text{ g.l}^{-1} \text{ Ca(OH)}_2$ a $1,50 \text{ ml.l}^{-1} \text{ AIR-F}$. Při tomto postupu je výsledná koncentrace síranů cca 249 mg.l^{-1} .

Z provozního a ekonomického hlediska je výhodnější zvolit POSTUP 2, při kterém je upravována jen důlní voda z lokality lom Medard, ke které je následně přimíchána surová důlní voda z lokality hlubina Marie II. Výhodou tohoto postupu je úprava menšího objemu důlních vod desulfatační technologií, z hlediska ekonomického pak menší náklady na srážecí činidla. Pro vypouštění upravených vod do recipientu je nutné vodu, která je vysoce alkalická, neutralizovat. Povolené pH ve vodách vypouštěných do recipientu, které stanovuje již zmíněné Nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb., je 6 – 9. Při oddělené úpravě se řádově v desetínách sníží pH vody po smíchání upravené důlní vody z lomu Medard a surové důlní vody z hlubiny Marie II. I to v konečném výsledku sníží ekonomické náklady, protože by bylo potřeba méně neutralizačního činidla.

Ideový návrh technologie desulfatace předmětných důlních vod

Stávající úprava důlních vod na ÚDV Svatava spočívá v alkalizaci vápennou suspenzí a oxidaci vzdušným kyslíkem dvojmocného železa na trojmocnou formu. Navrhovaná technologie by vyžadovala řízené dávkování roztoku AIR – F a dávku hydroxidu vápenatého. Požadavek na řízené dávkování Ca(OH)_2 by byl splněn již u stávající úpravy důlních vod na ÚDV Svatava. Bylo by třeba dávky hydroxidu vápenatého zvýšit, protože desulfatace probíhá v alkalickém prostředí. Dávkovač AIR – F by bylo možné zařadit za stávající aerační nádrž. V chemických reaktorech by mohla probíhat desulfatace důlních vod, podmínkou by bylo zajištění intenzivního promíchávání. Po ukončení desulfatace by bylo dávkováno flokulační činidlo ke zlepšení sedimentačních vlastností desulfatačního kalu. Poté by byla k upravené důlní vodě přimíchána surová důlní voda z hlubiny Marie II. Výsledné pH i po smíchání upravené důlní vody z lomu Medard se surovou důlní vodou z hlubiny Marie II nesplňuje požadavek již zmíněného Nařízení vlády ČR č. 61/2003 Sb., které stanovuje povolené pH ve vodách vypouštěných do

recipientu na 6 – 9, proto by bylo nutné, v případě zavedení této technologie do praxe, zařadit neutralizační stanici (neutralizace by byla zajištěna kapalným CO_2).

Literatura:

- [1] VIDLÁŘ, Jiří; SCHEJBAL, Ctirad. *Důlní vody s nadlimitním obsahem síranů a možnosti jejich čištění. In Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada hornícko – geologická, ročník 45, č.3, 1999, s. 1-14.*