

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování



Úprava důlních vod

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Daniel Macháček

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Daniel Macháček

Územní technická a správní služba

Název práce

Úprava důlních vod

Název anglicky

Treatment of mine water

Cíle práce

Rozbor problematiky úpravy důlních vod. Popis konkrétní lokality dolů Bílina a úpravny vody Emeran. Vyhodnocení provozu úpravny.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Metodika
5. Popis lokality
6. Popis technologie úpravy vody
7. Vyhodnocení parametrů znečištění na odtoku
8. Diskuze
9. Závěr
10. Použité zdroje
11. Přílohy

Doporučený rozsah práce

min. 40 stran textu

Klíčová slova

úprava vody, důlní vody, složení vody

Doporučené zdroje informací

BLAŽEK, V. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, – NĚMEC, J. – HLADNÝ, J. *Voda v České republice*.

Praha: Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006. ISBN 80-903482-1-1.

Černík M., a kol., 2008: *Geochemie a remediacie důlních vod*. Aquatest, Praha, 978-80-254-2921-1

Dvořák Z., 2013: *20 let Severočeských dolů*. Severočeské doly a.s., Most, ISBN 978-80-260-4956-2

Tiwary R. K., 2000: *Environmental impact of coal mining on water regime and its management*. *Water, Air and Soil Pollution* 132: s. 185–199

Zeman J., 2008: *Dlouhodobé trendy vývoje důlních vod*. In *Geochemie a remediacie důlních vod*. 1. vyd.

Praha: Aquatest, a s., 2008. s. 81-100, 20 s. ISBN 978-80-254-2921-1

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 04. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Úprava důlních vod" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 4. 2019

Poděkování

Chtěl bych poděkovat hlavně vedoucí bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za trpělivost, cenné rady a připomínky, které mi pomáhaly při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat vedení Dolu Bílina za poskytnuté informace a také panu Pavlu Vocáskovi za konzultace a za jeho drahocenný čas při dohledávání potřebných informací.

Také bych chtěl projevit dík mé rodině za podporu během studia a za vytváření příznivých podmínek ke psaní tohoto textu.

Úprava důlních vod

Anotace

Povrchový důl Bílina je jedno z nejhlubších míst v ČR, a proto je místem velké akumulace povrchových a podzemních vod. Nashromážděná důlní voda se musí z dobývacího prostoru odčerpávat, aby nevznikly provozní problémy (zatopení důlní technologie, sesuvy hornin). Odčerpávaná důlní voda musí splňovat emisní limity dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., a proto se před vypouštěním do recipientu čistí a upravuje na Úpravně důlních vod Emeran.

Cílem bakalářské práce je celkový popis technologie úpravy důlních vod Emeran, porovnání sledovaných ukazatelů s platnou legislativou a celkové zhodnocení vzorků vody zpracovaných v laboratoři OŘKJ Dolů Bílina.

Sledovanými ukazateli jsou železo, mangan, nerozpuštěné látky a pH důlní vody. Byla zkoumána účinnost odstraňování obsahu železa a manganu z důlní vody.

Z rozboru důlní vody se zjistilo, že na odtoku z ÚDV Emeran byly překročeny emisní limity u Mn čtyřikrát v roce 2017 a jednou v roce 2018. Ostatní sledované ukazatele nepřekročily povolený emisní limit a jsou v souladu s platnou legislativou. Účinnost Mn větve dosahuje odstraněním Fe z důlní vody v průměru 93,38 % a Mn 71,53 %. Mangan je hůře odbouratelný než železo, a proto v závěru je vypsáno vhodné opatření, aby už nedocházelo k překračování povolených emisních limitů. V závěru byla navržena vhodná opatření pro eliminaci překračování povolených emisních limitů pro mangan.

Klíčová slova: úprava důlní vody, důlní vody, složení vody, ÚDV Emeran, emisní limity

Treatment of mine water

Abstract

Opencast mine Bílina is the point of the lowest elevation in the Czech Republic, therefore it significantly accumulates surface and ground water. Accumulated water must be drawn off to prevent operational problems (flooding of mine technology equipment, landslide). The process of water drawing must follow emission limits given by the government decree No. 401/2015, that is why it needs to be thoroughly cleaned and treated in Water treatment plant Emeran (ÚDV Emeran).

This thesis aims to create overall description of technology used in the water treatment plant, to compare pursued indicators with effective legislation and to generally evaluate water samples processed in OŘKJ Bílina laboratories.

Iron, manganese, undissolved substances and pH levels of mine water are the pursued indicators. The effectivity of iron and manganese elimination from mine water was researched. In the end of this thesis, eligible arrangements were suggested to eliminate exceeding legal limits of manganese which is more difficult to eliminate than iron. From the analysis of mine water it was found out that the manganese emission limits at ÚDV Emeran outlet were exceeded four times during the year of 2017 and once in 2018. Other indicators did not exceed the emission limits and are following the effective legislation. The effectivity of manganese branch averages 93,38% by eliminating iron and 71,53% by eliminating manganese.

Key words: mine water treatment, mine waters, water composition, ÚDV Emeran, emission limits

Seznam použitých zkratk a symbolů

Fe – železo

Mn – mangan

NL – nerozpuštěné látky

RL – rozpuštěné látky

ÚDV – Úpravna důlní vod

HČS – Hlavní čerpací stanice lomu

ČS – čerpací stanice

ČS JS2 – čerpací stanice jižní svahy 2

ČS JS3 – čerpací stanice jižní svahy 3

ČJE – čerpací jáma Emeran

DDM – důlně doplňková mechanizace

VEP – Vedlejší energetický produkt

SD – Severočeské doly

DB – Doly Bílina

NV – Nařízení vlády

ČSN – Československá norma

RAS – rozpuštěné anorganické soli

DN – světlost potrubí

VN – vyrovnávací nádrž

UN – usazovací nádrž

RO – rozdělovací objekt

LG – litý granulát

RO VN – rozdělovací objekt vyrovnávacích nádrží

RO UN – rozdělovací objekt usazovacích nádrží

OŘKJ – oddělení řízení a kontroly kvality

PE – polyetylen

C₁₀ – C₄₀ – uhlovodíky

ČIA – Český institut pro akreditaci

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl práce.....	11
3. Problematika důlních vod	12
3.1 Legislativa v oblasti nakládání s důlní vodou.....	14
3.2 Sledované ukazatele	15
3.2.1 Železo.....	15
3.2.2 Mangan	17
3.2.3 Rozpuštěné a nerozpuštěné látky	18
3.2.4 Hodnota pH vody	19
3.2.5 Sírany	20
4. Metodika.....	22
5. Úprava důlních vod	23
5.1 Popis lokality a historie dolu Bílina.....	23
5.2 Úpravna důlních vod Emeran.....	25
5.2.1 Historie úpravny důlních vod Emeran	25
5.2.2 Přítoky důlní vody na ÚDV Emeran.....	26
5.3 Popis technologie úpravy vody.....	27
5.3.1 NL větev.....	28
5.3.2 Mn větev	30
5.3.3 Kalové hospodářství.....	35
5.3.4 Egalizační jímka.....	37
5.4 Odběry vzorků	39
5.4.1 Popis odběrných míst	43
6. Vyhodnocení parametrů znečištění na odtoku.....	44
7. Diskuze.....	53
8. Závěr	56
9. Seznam literatury, tabulek, grafů a schémat.....	57
10. Přílohy.....	63

1. Úvod

Ložiska uhlí na Bílinsku vznikala už od hlubokého pravěku. Jsou součástí obrovského ložiska, které se táhne pod Krušnými horami. Uhlí, které se nachází na Bílinsku je součástí mostecké pánve. Těžba uhlí pod Krušnými horami probíhala nejprve hlubinným způsobem a následně vznikaly povrchové doly (Luxa, 1997).

Povrchový důl Bílina se nachází v široké údolní nivě v blízkosti řeky Bíliny s rozlohou 30 km² a hloubkou 200 m. Důl je umístěn mezi úpatím Krušných hor na severozápadě a okrajem Českého středohoří na jihovýchodě a je nejnižším místem tohoto území. Povrchové doly jsou zpravidla tím nejhlubším místem v širokém okolí, a proto jsou velice citlivé na přítoky povrchových a podzemních vod. Špatně odvedená podzemní či povrchová voda může v provozu způsobit velice vážné škody (Vrba, Wanie, 2011).

Veškerá voda, která vnikla do prostoru dobývacího území, nazýváme důlní vodou. Důlní vodou také mohou být vody podzemní, které se průniky skrz zeminy a horninové prostředí okyselují a rozpouštějí v sobě kovy a jiné látky, jež ve zvýšených koncentracích představují pro živé organismy v povrchových vodách ohrožení jejich životního prostředí. Základní podmínkou k těžbě v jakémkoliv lomu je odvedení těchto vod a jejich vyčištění, proto byly vydány emisní limity, které stanovují příslušné limity pro železo, mangan, nerozpuštěné látky (NL) a hodnotu pH (Wanie, 2013).

Důlní voda před vypouštěním do recipientu se čistí a upravuje na Úpravně důlních vod Emeran. Důlní voda je většinou kontaminována vysokými obsahy NL, železa a manganu. Aby čištění důlních vod bylo účelné a ekonomicky únosné, je nutné podzemní vody v prostoru lomu jímat samostatně a takto je i čerpat k vyčištění na ÚDV Emeran. Obsah NL v důlní vodě je v ÚDV Emeran upravován na požadovanou emisní hodnotu, max. 40 mg/l. Další ukazatele přípustného znečištění jsou železo – max. 3 mg/l, mangan – max. 1 mg/l a hodnota pH, která je omezena intervalem od 6 do 9. Upravené důlní vody jsou vypouštěny do zbytku Radčického potoka, který se následně vlévá do řeky Bíliny. Při nedodržování platných emisních limitů, může být ohrožen ekosystém v Radčickém potoce a následném povodí (Wanie, 2018).

2. Cíl práce

Hlavním cílem bakalářské práce je popis úpravy důlní vody na ÚDV Emeran. Je zde vysvětlena problematika úpravy důlní vody, stanovení emisních limitů a s jakou účinností je důlní voda na manganové větvi upravována. Zhodnocení kvality vypouštěné vody z ÚDV Emeran do recipientu. Závěrem je nastíněná, jakým směrem by se ÚDV Emeran měla ubírat.

3. Problematika důlních vod

Povrchové dobývání uhlí znamená nepředstavitelný zásah pro krajinu. Povrchové doly se rozpínají v krajině na plochách několika desítek čtverečních kilometrů. Na povrchovém dolu dochází k postupnému odkrývání a zakládání skrývky. Uhelňá sloj může být až několik desítek metrů mocná, ale zároveň až stovky metrů pod úrovní terénu. Tento obří zásah pro krajinu znamená narušení hydrologického proudění vody v půdě, narušení krajinného reliéfu. Těžbou uhlí se zvyšuje prašnost celého regionu a dochází ke změnám proudění vzduchu. Postupnému zvětšování dobývacího prostoru docházelo k záboru půdy (zemědělské, lesní), rušení obcí až k přesouvání měst (Most) a zániku celých ekosystémů (Luxa, 1997; Černík a kol., 2008).

Podle definice horního zákona jsou jako důlní vody označovány všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostor bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami (Zákon č. 44/1988 Sb. §40).

Vody podzemní se dělí na přírodní ložiskové a přírodní mimoložiskové. Důlní voda se vyskytuje i v samotném nalezišti ložisek nerostných surovin, které jsou akumulovány v ložiskové výplni, v bočních, nadložních či podložních horninách, naopak může být voda mimoložisková, která představuje vody povrchových toků a nádrží. Provozní a technologické vody jsou do důlního prostředí sváděny uměle např. pro technologii skrápění přesypů pasových dopravníků, zásobní nádrže pro autocisterny (kropaní prachu) nebo pro požární účely. Důlní vody mohou být využívány také v provozech úpraven uhlí a také v nedalekých uhelných elektrárnách. Stařinové vody jsou zvláštním druhem směsných důlních vod, které protékají nebo jsou akumulovány v opuštěných důlních prostorách (Grmela a kol., 2012).

Důlní voda se z dobývacího prostoru musí odvádět složitou odvodňovací soustavou, aby nedocházelo k zaplavování důlního prostoru a tím i k poškozování důlní technologie. Jedná se o systém několika kaskádově propojených čerpacích celků s výtlačným potrubím vyústěným v úpravně důlních vod. Tento systém musí

být stále přemísťován s ohledem na postup lomu, v předstihu před postupem výsypkových svahů.

Důlní voda mimoložisková se zachytává již v předpolí lomu záchytnými hlubinnými vrty a je odváděna do povrchových vodotečí mimo území lomu (Luxa, 2002).

Provozování povrchového dolu je jedna z příčin k postupnému vysychání okolí, jelikož dobývací prostor se nachází i pod nižší nadmořskou výškou, než je hladina moře. Důlní dílo strhává veškerou vodu v okolí a soustřeďuje se v nejhlubším místě lomu. Prochází postupnou infiltrací, což má za následek změnu chemismu a složení vody kontaminací podzemních vod v důsledku oxidace minerálů, které těžbu uhlí doprovázejí, zejména pyrit, sulfidy a burel, což má za následek vysoké koncentrace rozpuštěných látek síranů, železa a manganu. Tyto rozpuštěné látky ve vodě jsou většinou doprovázeny rozvojem bakteriálních procesů, které tak zintenzivňují vyluhovací procesy (Banks a kol., 1997; Němec, 2006).

Jedním z hlavních zdrojů znečištění je odvodňování kyselých důlních vod z okolí aktivních ale i opuštěných uhelných dolů, proto je tento problém považován za celosvětový (Younger, 1995).

Jednou z hlavních příčin kontaminace vody je tvorba kyselin z oxidace minerálů s obsahem síry, jako jsou pyrit (FeS_2) v uhelných dolech. K tomu dochází pouze tehdy, když minerály reagují s vodou a kyslíkem v přítomnosti bakterií thiobacillus za vzniku kyseliny sírové a hydroxidu železa nebo síranu železitého. Nízké hodnoty pH mají za následek další rozpouštění minerálů a uvolňování toxických kovů a dalších složek do vodních toků (Tiwary, 2001).

Čiré nebo lehce nažloutlé kyselé důlní vody, obsahující síran železnatý (FeSO_4), se brzy zbarví do jantarové barvy působením oxidujícího železa a následné hydratované oxidy železa potahují dno proudu jejich rezavě vypadající sraženinou (Arthur a kol, 1949).

Vypouštění takovéto důlní vody do vodoteče není přípustné, protože by došlo k ohrožení či zničení fauny a flóry ve vodoteči i v několikakilometrovém úseku. Je nutné důlní vody upravovat tak, aby byly sníženy koncentrace minerálních látek, které ohrožují život ve vodoteči (Slovák, 2003).

3.1 Legislativa v oblasti nakládání s důlní vodou

Hlavní charakteristikou důlní vody je vymezení důlního prostoru. Dobývací prostor se stanoví na základě výsledků průzkumu ložiska podle rozsahu, uložení, tvaru a mocnosti výhradního ložiska se zřetelem na jeho zásoby a úložní poměry tak, aby ložisko mohlo být hospodárně vydobyto. Hranice dobývacího prostoru na povrchu je stanovena uzavřeným geometrickým obrazcem s přímými stranami, jehož vrcholy se určují souřadnicemi (Zákon č. 44/1988 Sb. §25).

Kritérium, podle kterého lze charakterizovat důlní vodu je důlní prostor do kterého všechny podzemní, povrchové a srážkové vody vnikly, a to bez ohledu na to, jak se to stalo, jestli průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo vtékáním srážkové vody. Organizace je při hornické činnosti oprávněna 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. Organizace je oprávněna bezúplatně užívat důlní vody na základě povolení vodohospodářského orgánu pro vlastní potřebu nebo jako náhradní zdroj pro potřebu těch, kteří byli poškozeni ztrátou vody vyvolanou činností organizace. Je povinna pečovat o důlní vody a hospodárně je využívat. Nakládání s důlními vodami má v kompetenci obvodní báňský úřad, který se zabývá důlními vodami v rámci dolu, lomu či těžebny. Naopak vodoprávní úřad stanovuje likvidaci a vypouštění důlních vod mimo dobývací prostor (Zákon č. 44/1988 Sb. §40).

Horní zákon blíže nevymezuje způsob a podmínky vypouštění důlních vod. Při vlastním stanovování podmínek pro vypouštění důlních vod do vod povrchových postupuje vodohospodářský orgán podle ukazatelů přípustného stupně znečištění vod uvedených v nařízení vlády. NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do povrchových a do kanalizací a citlivých oblastech, kde je důlní voda brána jako průmyslová odpadní voda (NV č. 401/2015 Sb.).

3.2 Sledované ukazatele

Vypouštěné kyselé důlní vody, které se v DB nachází (zejména v lokalitě Jižní svahy) mají nízkou hodnotu pH, vysokou specifickou vodivost, vysoké koncentrace železa, manganu a nízké koncentrace toxických těžkých kovů (Akcil, Koldas, 2006). Příslušný vodoprávní úřad stanovuje emisní limity dle NV č. 401/2015 Sb. – nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, které stanoví v povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Pro těžbu a úpravu hnědého uhlí a lignitu jsou pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoveny ukazatele železo, mangan, nerozpuštěné látky a pH vody (NV č. 401/2015 Sb.).

3.2.1 Železo

Nejrozšířenější železné rudy jsou pyrit (FeS_2), lepidokrokít (Fe_2O_3), magnetovec (Fe_3O_4), limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$) a siderit (FeCO_3). Mimořádně vysoké koncentrace železa lze najít v kyselých důlních vodách obsahující kyselinu sírovou, která vznikla oxidací sulfidické rudy pyritu.

Železité vody způsobují komplikace v podobě technických závad. Materiály, se kterými dochází ke styku (textilie, papír, keramické materiály, potraviny), zbarvuje žlutě až hnědě. Přítomnost železa ve vodách negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, barvu, chuť i zákal. Ovlivňování chuti vody a způsobení zákalu vody dochází již od koncentrace železa asi nad $0,5 \text{ mg l}^{-1}$. Příklad technické závady může být ucpávání potrubí železitými bakteriemi, které již od malých koncentrací dochází k jejich nadměrnému rozvoji (viz obr. č. 8). Následným odumíráním železitých bakterií voda zapáchá, z tohoto důvodu je mezní hodnota železa v pitné vodě $0,2 \text{ mg l}^{-1}$. Výjimku tvoří vody, ve kterých je obsah železa dán geologickým podložím (Pitter, 2009).

Obecným emisním standardem pro povrchové vody je koncentrace železa 2 mg l^{-1} . Vody, které jsou určeny pro závlahu je přípustná koncentrace železa 10 mg l^{-1} . V průmyslových odpadních vodách vypouštěných do městské kanalizace není koncentrace železa limitována, při vypouštění do vod povrchových jsou přípustné tyto koncentrace železa:

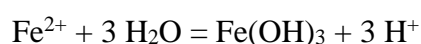
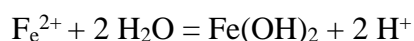
Tabulka 1: Vypouštění do vod povrchových jsou přípustné tyto koncentrace Fe (Pitter, 2009)

Těžba a zpracování rud	5 mg l ⁻¹
Těžba uhlí a briketárny, hutnictví železa	3 mg l ⁻¹
Povrchová a tepelná úprava kovů	2 mg l ⁻¹
Elektrotechnická výroba	2 mg l ⁻¹

Nerozpuštěné sloučeniny železa jsou závadné ve vodách určené pro chov ryb. Dochází k pokrývání žaberních lístků a snižuje respirační plochu žaber, takže může dojít k dušení ryby a následnému uhynutí (Pitter, 2009).

Železo se ve vodě vyskytuje ve formě jako rozpuštěné nebo nerozpuštěné. Přímý vliv, v jaké formě se železo vyskytuje má hodnota pH, oxidačně-redukční potenciál a přítomnost komplexotvorných látek. Při odželezování je nutno vzít v úvahu převládající formu železa ve vodě a jeho koncentraci. Podstatnou většinu způsobů odželezování vody je převedení rozpustných forem železa na formu velmi málo rozpustnou, odstranitelnou z vody sedimentací, filtrací, flotací nebo odstřediváním (Pitter, 2009).

Odželezování je prováděno metodami vzájemně na sobě navazujícími. Srážením alkáliemi, kdy se dávkuje hydroxid vápenatý a vzniká tak sraženina hydroxid železnatý Fe(OH)₂. Při vyšších hodnotách pH a dostatku kyslíku přechází na hydroxid železitý Fe(OH)₃.



Rychlost oxidace je při pH 4 velmi nízká, střední je při pH 6–8 a dále vzrůstá se zvyšováním pH nad 8. Současně se voda odkyseluje. Metodou provzdušňováním se nejčastěji používají aerátory. V mezích pH 7 – 7,5 stačí k odželezení vody reakční doba řádově v minutách. Ke zlepšování reakcí se používají oxidační činidla, v nichž je železo vázáno v organických komplexech. Oxidačním činidlem může být ozon, chlor a jeho sloučeniny, manganistan draselný. Odželezování koagulací se používají jak klasické anorganické koagulanty, tak polymerní flokulanty (Grünwald, 1998).

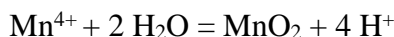
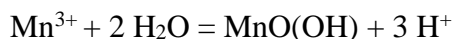
3.2.2 Mangan

Mangan doprovází obvykle železné rudy. Vyskytují se nejčastěji v půdách a minerálech. Nejrozšířenější manganové rudy, které se v přírodě vyskytují, jsou zejména burel či pyroluzit (MnO_2), braunit (Mn_2O_3), hausmanit (Mn_3O_4), manganit [$\text{MnO}(\text{OH})$] a dialogit (MnCO_3). Mangan přechází do vod také z půd a sedimentů (Pitter, 2009).

V podzemních vodách nebo také u dna nádrží se mangan vyskytuje především ve formě Mn^{II} , který má za nepřítomnosti kyslíku a jiných oxidačních činidel nejstabilnější formu. Za přítomnosti rozpuštěného kyslíku podléhá oxidaci a hydrolyze a vylučují se vyšší oxidy manganu v oxidačním stupni Mn^{III} a Mn^{IV} .



Manganité a manganičité sloučeniny hydrolyzují podle rovnic:



Tyto vzniklé vyšší oxidy Mn působí příznivě na odbourání Mn^{II} z vody. Pro odbourávání Mn z vody je nezbytné vytvoření vyšších oxidů Mn na nosiči. Rychlost oxidace značně ovlivňuje pH. Je nezbytné dosáhnout hodnoty $\text{pH} > 8$. K redukci Mn^{III} a Mn^{IV} dochází v bezkyslíkatém anaerobním prostředí. Mn^{II} je stabilnější vůči oxidaci než Fe^{II} , proto je Mn z vody hůře odbouratelný vůči Fe (Malý, Malá, 1996).

Za pomoci lithotrofních manganových bakterií lze dosáhnout biochemické oxidace Mn^{II} na Mn^{III} a Mn^{IV} i za nedostatečných podmínek pro chemickou oxidaci. Nadměrný rozvoj manganových bakterií může být příčinou zarůstání vodovodního potrubí jejich biomasou, což je další důvod pro omezení jeho koncentrace ve vodách dopravovaných potrubím. Po těchto stránkách je mangan škodlivější než železo, a jeho nejvyšší přípustné koncentrace jsou proto nižší než u železa (Grünwald, 1998).

Voda z těžby uhlí, briketáren a hutnictví železa, která je vypouštěna do povrchových vod má nejvyšší přípustnou hodnotu $1 \text{ mg l}^{-1} \text{ Mn}$.

Způsoby odmanganování vody jsou v zásadě shodné se způsoby odželezování. Používají se metody srážení alkáliemi (hydroxid vápenatý), provzdušňování (aerace), oxidace silnými oxidačními činidly (manganistan draselný), koagulaci a také odstraňování manganu biologickou cestou (Grünwald, 1998).

3.2.3 Rozpuštěné a nerozpuštěné látky

Rozpuštěné látky (RL) jsou jedním ze základních ukazatelů jakosti přírodní, užitkové a odpadní vody. Dle normy ČSN 75 7346 se stanovují RL odpařením filtrovaného vzorku vody sušením při 105 °C až do úplného odpaření vody nebo u organicky znečištěných vod ze stanovení zbytku po žihání RL při 550 °C. Metodou odparku se hovoří o rozpuštěných látkách RL_{105} a hmotnost odparku se stanoví vážením nebo RL_{550} jako o žihaném odparku. Tyto dvě metody odpařením při 105 °C a žiháním při teplotě 550 °C mimo jiné stanovují poplatek za vypouštění odpadních vod do vod povrchových podle tzv. rozpuštěných anorganických solí (RAS) (Malý, Malá 1996).

Nerozpuštěné látky (NL) se nejčastěji vyskytují v přírodních a užitkových vodách v různých formách v podobě hlinitokřemičitanů, hydratovaných oxidů kovů, fytoplankton, zooplankton, organický detrit, tuky, oleje aj. Podle technické normy ČSN EN 872 jsou NL látky definovány jako tuhé látky odstranitelné z vody filtrací nebo odstředěním. Nerozpuštěné látky, které se vyskytují v povrchových vodách se dělí na plaveniny, sedimenty a splaveniny. Plaveniny jsou všechny tuhé částice anorganických a organických látek, které se ve vodě vznášejí, naopak pokud se tyto látky usadí, nazýváme je sedimenty. Splaveniny jsou NL, které jsou přemísťované vodou (Pitter, 2009).

V zákoně o vodách č. 254/2001 Sb. v příloze č. 2 je stanovený dílčí poplatek z jednotlivého znečištění RAS a NL látek:

Tabulka 2: Stanovený dílčí poplatek (Zákon č. 254/2001 Sb. příloha č. 2)

Ukazatel znečištění	Sazba Kč Kg ⁻¹	Limit zpoplatnění	
		Hmotnostní kg rok ⁻¹	Koncentrační mg l ⁻¹
RAS	0,5	20 000	1200
Nerozpuštěné látky	2	10 000	30

NL látky se odstraňují sedimentací (usazení kalu na dně nádrže) a flokulací (vločkování). Flokulace je proces oddělení NL od vody přidáním kovových solí tzv. koagulantů (např. PRAESTOL 2515, Sokoflok). Správná aplikace flokulantů závisí na faktorech jako jsou náboj, velikost částic, tvar a hustota. Rozpuštěné pevné látky ve vodě mají záporný náboj, a protože mají stejný typ povrchového náboje, navzájem se odpuzují, když se k sobě přibližují. Proto rozpuštěné pevné látky zůstanou

v rozptýlené ve vodě a nebudou se shlukovat a usazovat, pokud není použita správná flokulace. Flokulace je nejvhodnější technikou pro odstraňování NL a RL látek, které jsou zodpovědné za kontaminaci podzemní vody (Hecini, a kol., 2018).

3.2.4 Hodnota pH vody

Hodnota pH je vodíkovým exponentem. Je to číslo, kterým v chemii vyjadřujeme na logaritmické stupnici s rozsahem hodnot od 0 do 14. Toto číslo nám sděluje, jestli vodný roztok reaguje kysele či naopak zásaditě (alkalicky). Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů. Při hodnotě pH 7 jsou aktivity vodíkového a hydroxidového iontu stejné, a proto tuto reakci nazýváme jako neutrální ($\text{pH} = 7$). Hodnotou, která je nižší než 7 ($\text{pH} < 7$) nazýváme kyselý roztok. Čím je koncentrace vodíkových iontů H^+ vyšší, tím nižší je hodnota pH, a proto se jedná o silnější kyselinu (kyselé prostředí). Naopak hodnota, která je vyšší než 7 ($\text{pH} > 7$) nazýváme zásaditý roztok. Čím je koncentrace hydroxidových iontů OH^- vyšší, tím vyšší je hodnota pH, a proto se jedná o silnější zásadu (alkalické prostředí) (Malý, Malá, 1996).

Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách, a proto má u vod mimořádnou důležitost. Proto je stanovení hodnoty pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody. Umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách, je jedním z hledisek pro posuzování agresivity vody a ovlivňuje účinnost většiny chemických, fyzikálně chemických a biologických procesů používaných při úpravě a čištění vod (koagulaci, flokulaci, sorpci, srážení, oxidaci, redukci, hydrolýzy, nitrifikaci, denitrifikaci, aerobního a anaerobního biologického rozkladu aj.) (Pitter, 2009).

Hodnota pH v čistých přírodních vodách (povrchových a prostých podzemních) je v rozmezí asi od 4,5 do 9,5. Srážkové vody ze znečištěných oblastí mívají hodnoty pH v rozmezí od 5 do 6. V polovině minulého století ve střední Evropě byla hodnota pH v rozmezí 4 až 5, výjimečně i hodnoty kolem 3. Tyto nízké hodnoty pH byly způsobeny průmyslovou revolucí, což způsobilo acidifikaci atmosférických vod přítomností oxidů síry a dusíku. To vedlo k tzv. kyselým dešťům. Hodnota pH v důlních vodách (těžba hnědého uhlí) je v rozmezí od 2,5 do 6 (Hruška, Kopáček, 2009).

3.2.5 Sírany

Sírany se nejčastěji vyskytují v nerostech, zejména v sádrovci ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a anhydritu (CaSO_4). Dále sírany vznikají oxidací sulfidických rud (především pyritu FeS_2), proto se v důlních vodách vyskytují vysoké koncentrace síranů. Sírany se také do přírody uvolňují činností člověka zejména odpadními vodami z mořiren kovů, kde se k moření využívá kyselina sírová nebo exhalacemi obsahující značné množství SO_2 a SO_3 , které vznikají při spalování fosilních paliv. Exhalace se dostávají do atmosférických vod.

Ve vodách se vyskytuje síra anorganicky a organicky vázaná. V důlní vodě se vyskytují anorganické sloučeniny síry. Oxidační sloučeniny síry jsou v důlní vodě nejčastěji zastoupené sírany (SO_4), iontové formy (HS^- ; S^{2-}) a sulfan (H_2S), jakožto konečný produkt.

Sírany jsou v oxidických a anoxických podmínkách ve vodě stabilní. Z chemického hlediska je redukce pomocí termodynamického hlediska možná, ale probíhá až při vyšších teplotách (asi $250\text{ }^\circ\text{C}$ a vyšších). Proto se pro redukci síranů ve vodách využívá biochemický proces. Biochemický proces se způsobuje redukcujícími bakteriemi rodu *Desulfovibrio*, které se vyskytují v sedimentech, splaškových vodách, v zahnívajících povrchových vodách a v podzemních vodách v hlubších horizontech tzv. redukčních zónách. Podmínka pro redukci síranů biochemickým procesem je přítomnost alespoň nízkých koncentrací organických látek, které využívají jako zdroj organického uhlíku. Jako první se redukuje rozpuštěný kyslík s dusičnany, tzn. tyto složky musí být vyčerpány, aby mohlo dojít k redukci síranů.

V důlních vodách v okolí nalezišť sulfidických rud jsou sírany zcela dominujícím aniontem. Koncentrace síranů v důlních vodách z těžby hnědého uhlí se vyskytuje obvykle kolem 2500 mg l^{-1} . Atmosférické srážky mají průměrnou koncentraci pouze v desetinách až jednotkách mg l^{-1} , ale pokud se pohybujeme v průmyslových oblastech, mohou se koncentrace síranů pohybovat i v desítkách mg l^{-1} . V prostých podzemních vodách a povrchových vodách se pohybuje koncentrace síranů v desítkách až stovkách mg l^{-1} . Můžeme se setkat i s koncentracemi v řádech tisíců až desetitisíců mg l^{-1} a to u minerálních vod.

Pro vypouštění důlních vod do vod povrchových není stanovený emisní limit, který určuje NV č. 401/2015 Sb. Avšak při vyšších koncentracích síranů obsažených ve vodě je voda agresivní vůči tvrdým povrchům jako je například beton. Při vyšších

koncentracích síranů v důlních vodách by bylo vhodné odstranění síranů z vody. Mluvíme o metodě tzv. desulfataci, která může být chemická (na bázi srážení málo rozpustného ettringitu) nebo biochemická (mění sírany na elementární síru). Biochemická metoda vyžaduje vyšší teplotu vody (15 až 25 °C) což v zimních měsících může být problematické (Pitter, 2009).

4. Metodika

Pro zpracování bakalářské práce byla použita odborná literatura a časopisy, které byly vypůjčeny v Národní technické knihovně, Městské knihovně v Praze, v knihovně SIC v areálu ČZU a dále použity internetové zdroje. Od Severočeských dolů a.s. byla poskytnuta projektová dokumentace ÚDV Emeran a provozní řády.

Úprava důlní vody na ÚDV Emeran je psaná posloupně tzn. od přítoku důlní vody, popis jednotlivých technologií, nádrží až po samotné vypouštění důlní vody do recipientu.

Pro výzkum parametrů znečištění na odtoku bylo vybráno 12 vzorků odebraných v egalizační jímce (každý měsíc jeden vzorek). Dále byly vzorky odebrány pro zjištění účinnosti Mn větve (s jakou účinností Mn větve redukuje Fe a Mn z důlní vody) na odtoku z VN Mn vod a na odtoku z UN Mn vod. Všechny vzorky byly odebrány vodohospodářem DB Pavlem Vocáskem v roce 2017 a 2018. V podbodech níže jsou uvedeny metody, které byly použity ke správnému odběru vzorků. Následně byly vyhodnoceny akreditovanou laboratoří OŘKJ.

Z výsledků, které byly vyhodnoceny OŘKJ, byla provedena analýza dat pomocí programu Excel 2016. Výsledné tabulky byly porovnány s NV 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod.

5. Úprava důlních vod

5.1 Popis lokality a historie dolu Bílina

Těžba hnědého uhlí začínala malolomy na počátku 18. století. Hnědé uhlí se před rokem 1750 nacházelo při výkopech v Duchcově, Teplicích, Světcích a Chudeřicích. Hnědé uhlí se dobývalo primitivně jen v mělkých šachticích. Překážkou pro rozvoj dolů byla omezená možnost přepravy, proto se uhlí využívalo jen místně. Poptávka po uhlí začínala pomalu růst v 19. století, kdy se začal rozvíjet průmysl. Technologický rozvoj, který propukl v 19. století, nastolil období páry. Byly vynalezeny první parní stroje. Manufaktury se začaly měnit na malé průmyslové závody.

V polovině 19. století se začalo s výstavbou železniční sítě, která propojila Labskou vodní cestu a tím se posléze hnědé uhlí začalo dostávat do zbylého území státu. Hlad po uhlí začal rychle růst, proto v druhé polovině 19. století došlo k nebyvalému rozvoji dolů. Vedle hlubinných dolů se začali objevovat na tehdejší poměry první plošně rozsáhlé povrchové doly na Bílinsku. Hlubinné doly se prohlubovaly a povrchové doly se začaly rozšiřovat.

Od počátku 20. století se počet dolů postupně snižoval, ale výše těžby se nadále zvyšovala. Velká hustota hlubinných dolů na malém území způsobovala velké problémy při postupném rozšiřování povrchových dolů. Po druhé světové válce se z malých povrchových dolů stávaly čím dál tím větší povrchové doly a hlubinné doly postupně zanikaly. Začalo se s vysídlováním a likvidací vesnic (Břežánky, Jenišův Újezd, Břešťany, Ledvice, Lipnice a Radovesice), které se na území povrchových dolů nacházely, a to zvláště v 70. letech 20. století. Tyto vesnice pohltil již dnešní důl Bílina (Dvořák, 2014).

Důl Bílina vznikl v 60. letech 20. století. První vážnější problém s vodou nastal v roce 1971. Voda postupně zaplavovala předpolí Radovesické výsypky. Z většího rybníku se stalo jezero a voda stále stoupala. Čerpadla nestíhala pojmout tak velké množství vody, a proto se nainstalovala čerpadla s vyšším výkonem. Jak se výsypka blížila do nejnižší části Radovesického údolí, začaly se objevovat stále novější pramenné vývěry. Zvláště při jarním tání sněhové pokrývky nebo při přívalových srážkách hladina vody začala nebezpečně stoupat. Současně se začal budovat odvodňovací systém, který umožnil zasypání celého prostoru. Hlavní opatřením bylo

vyražení 2887 m dlouhé odvodňovací štoly pod údolím Lukovského potoka. Tato štola (Radovesická) odvádí vodu dodnes a zabraňuje sesunutí svahů bývalé Radovesické výsypky.

Přítoky řeky Bíliny protékaly (Radčický, Liptický potok) územím lomu. Byly to významné levostranné přítoky, které jsou součástí rozsáhlého povodí až ze svahů Krušných hor. Směr proudění povrchových i podzemních vod vyplývá z morfologie terénu a geologické stavby území (Luxa, 1997).

Nadloží lomu Bílina je charakteristické mohutnými vrstvami terciérních šedých jílu s poměrně mocnými polohami písků. Nachází se zde tzv. kuřavkové písky s velmi malou zrnitostí cca 0,1 mm, které jsou nasycené vodou. Pod velkým tlakem dochází k uvolňování nasycené vody a vytékají prudkým průvalem jako tekuté písky, proto představují velké nebezpečí pro porušení stability vysokých stěn řezů.

V nejnižších místech uhelného dolu vyvěrá vody s vydatností 1 až 3 l s⁻¹. Pokud k tomuto číslu připočteme roční dešťové srážky při průměrném spadu 518 mm na m², dostaneme v přepočtu na celou plochu lomu za rok 6,5 mil m³ vody. Z tohoto přídeľu vody se jen málo vsákne v jílovém povrchu, něco se odpaří, ale většina steče do lomu (Luxa, 2002).

S vodou v lomu se uhlí dobývat nedá, proto musely být provedeny vodohospodářské úpravy na levostranných přítocích řeky Bíliny. Voda z Radčického a Lomského potoka je zachycována v předpolí do nádrží Libkovic, které s postupem lomu musely být již několikrát přeloženy. Voda akumulovaná v libkovických nádržích je čerpána do přeložky Loučenského potoka. V současné době se nádrže Libkovic nachází za obcí Mariánské Radčice (Brabenec, Hamerník, 2016).

Z uhelných slojí pod obcí Braňany vytéká do prostoru lomu velmi železitá voda. Tato voda se z prostoru lomu nedá odvést pomocí povrchových odtoků. Proto je jímána soustavou záchytných nádrží (ČS JS2, ČS JS3, HČS) a z těchto nádrží jsou tyto důlní vody čerpány do úpravny důlních vod Emeran, kde se upravují tak, aby mohla být důlní voda dál odvedena do recipientu Radčického potoka (Kos, 2014).

5.2 Úpravna důlních vod Emeran

Úpravna důlních vod (ÚDV) Emeran se nachází v dobývacím prostoru dolů Bílina (DB). Přesněji v souřadnicovém systému Křovák S-JTSK: $x = -781\ 950$, $y = -983\ 762$. Vlastníkem tohoto vodního díla jsou Severočeské doly a.s. (SD a.s.), se sídlem v Chomutově (Wanie, 2015a).

ÚDV Emeran nepatří svým charakterem k přímému zadržování povodňových vln z důlního prostoru. Slouží k retenci a čištění čerpaných důlních vod z jednotlivých lokalit DB. ÚDV Emeran nespadá do objektů nutných pro provedení kategorizace vodních děl dle vyhlášky č. 471/2001 Sb. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly (vyhláška č. 471/2001 Sb.).

5.2.1 Historie úpravny důlních vod Emeran

V roce 1860 byl založen Oseckým klášteřem mělký hlubinný důl – Emeran. Nacházel se mezi obcemi Břežánky (již zaniklá obec) a Bílinou na levém břehu Radčického potoka. Na počátku 20. století prodělal důl velkou modernizaci. Horníci dokázali těžít uhelnou sloj 13 až 16 metrů mocnou až z hloubky 130 metrů, patřil tak mezi středně velké moderní doly. Důl Emeran měl až 5 větrných jam z důvodu velkého výskytu metanu a 26 odvodňovacích jam pro odvodnění tekutých písků neboli kuřavek a přítoků důlních vod. Důl Emeran ukončil svoji činnost po 82 letech spojením s blízkým dolem K. Henlein v Břežánkách v roce 1942. Po válečném období došlo k obnově dobývání hnědého uhlí, ne hlubinným nýbrž povrchovým dobýváním, a to v letech 1954 až 1978. Po ukončení povrchové těžby uhlí byl lom zasypán vnitřní výsypkou s následnou rekultivační činností.

Po ukončení povrchové těžby uhlí, koncem devadesátých let, mohl být lom zasypán vnitřní výsypkou. Muselo dojít k vybudování vodní čerpací jámy, pro podchycení přítoků vod z hlubinné činnosti. Tímto končí historie jednoho z nejstarších hlubinných dolů. V nynější době vybudovaná ÚDV, se nachází nad částí bývalého hlubinného dolu Emeran, proto ÚDV získalo název ÚDV Emeran. Aby nedocházelo k napájení vnitřní výsypky důlními vodami z bývalého hlubinného dolu Emeran, musela zde být vybudovaná čerpací stanice, která nese název jáma Emeran (Dvořák, 2013).

ÚDV Emeran byla vybudována v roce 1989. Součástí ÚDV byly pouze dvě VN. V roce 2003 vešlo v platnost nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přístupného znečištění povrchových a odpadních vod, kde došlo k zavedení povolených emisních limitů, proto byla zmodernizovaná stávající ÚDV Emeran. Byl vybudován velín s flokulační stanicí a usazovací nádrž se shrabovacím mostem. V roce 2013 ÚDV Emeran prošla modernizací a také rozšířením, protože stávající kapacita nestačila. Byl vybudován nový moderní velín s automatickým provozem. Nově přibyla vyrovnávací nádrž NL vod, dvě vyrovnávací nádrže Mn vod, dvě usazovací nádrže Mn vod, dvě usazovací nádrže NL vod a egalizační jímka. Nově vzniklo kalové hospodářství pro odvodňování kalů (Wanie, 2012; Vrba, 2013).

5.2.2 Přítoky důlní vody na ÚDV Emeran

Hlavní čerpací stanice (HČS) je vybudována v nejnižším bodě lomu Bílina. Má za úkol sbírat srážkovou a důlní vodu, která vytéká z písčitých reliéfů jednotlivých řezů. Jedná se o plně automatickou stanici. 1x – 2x ročně dochází k posouvání HČS v závislosti na těžbě uhlí a vlivem malého předstihu těžebního prostoru před vnitřní výsypkou. Důlní voda z HČS se čerpá dvěma výtlačnými potrubími o rozměrech DN 500. Výtlačné potrubí je zaústěno do RO VN nádrží NL větve ÚDV (Wanie, Hlaváček, 2015).

Čerpací stanice jižní svahy (ČS JS) se nachází na jižní straně DB. Její retence zachytává především atmosférické srážky na jižní straně lomu. Retenční objem jímky je 35 000 m³. Voda z jímky je odčerpávána potrubím o rozměrech DN 300 do VN2 NL větve ÚDV (Wanie, 2015b).

Čerpací stanice Jižní svahy 3 (ČS JS3) se nachází na jižní straně DB. ČS JS3 plní funkci ochrany lomu před přívalovými dešti a akumuluje kyselé vody s vysokým obsahem železa a manganu. ČS je koncipována pro oddělování Mn vod od NL vod již v prostoru Jižních svahů lomu. Retenční objem jímky je 20 000 m³. Standardně jsou kyselé Mn vody čerpány výtlačným potrubím DN 125 do vyrovnávací nádrže Mn vod na ÚDV. V případě zvýšených dešťových srážek a dosažení spouštěcí hladiny pro čerpadla o průtoku 2x100 l s⁻¹, jsou naředěné kyselé vody čerpány výtlačným potrubím DN 600 do RO VN nádrží NL větve ÚDV (Wanie, 2015b).

Čerpací jáma Emeran (ČJE) se nachází ve starém hlubinném dolu v blízkosti ÚDV Emeran. Vedlejší chodby fungují jako sběrače důlní vody, které se sbíhají

v akumulární chodbě dlouhé 360 m. ČJE je jedním z prvků zabezpečení stability vnitřní výsypky. Původ vody přitékající do čerpací jámy je dle hydraulických studií z nivy a koryta řeky Bíliny. Důlní voda z ČJE má vysoké koncentrace Mn a Fe. Je cca. 150 m hluboká. ČJE je bezobslužná, automatická stanice. Důlní voda se čerpá z hloubky cca 130 metrů pomocí dvou ponorných čerpadel. Potrubí o průměru 2 x DN 200 je zaústěno do VN Mn větve ÚDV. Pro případ odstávky či havárie je potrubí zaústěno do RO, který zajišťuje rozdělení vod do VN1 a VN2 (Vocásek, 2011).

Vedlejší energetický produkt (VEP) vzniká spalováním uhlí ve fluidních kotlích v nedaleké hnědouhelné elektrárně Ledvice. Jako VEP jsou označovány směsi popílku, strusky a produktů technologie odsíření spalin. Elektrárna Ledvice zpracovává tyto konečné produkty na formu aditivovaného litého granulátu (LG). Doprava VEP z ELE je prováděna pomocí čerpadel potrubní dopravou na úložiště. Úložiště se nachází v prostoru vnitřní výsypky, v těsné blízkosti ÚDV Emeran. V současné době jsou vybudovány tři úložné kazety na ukládání LG (viz obr. č. 4). Voda z úložné kazety odtéká samospádem do akumulární jímky. Akumulární jímka slouží k akumulaci vod a k sedimentaci NL, ale není určena k čištění a úpravě chemismu odtékajících vod. Akumulární jímka umožňuje zrovnornění nátoky vod do ÚDV. Voda vtéká do VN Mn větve s maximálním povoleným průtokem 40 l s^{-1} nebo do VN3 NL větve s maximálním povoleným průtokem 400 l s^{-1} . Voda z VEP obsahuje vysoké množství vápenného hydrátu, který zlepšuje kvalitu vody při úpravě na ÚDV Emeran (Tesař, Vondrák, 2013).

Odkalovací nádrž Bučilka slouží k odsazení NL z vody a k odlehčení zatížení ÚDV v případě velkého množství čerpaných důlních vod (viz obr. č. 3). V případě zvýšeného přítoku vod přitékajících z VEP slouží jako havarijní nádrž. Aktivní objem nádrže je $50\,000 \text{ m}^3$ (Wanie, 2015c).

5.3 Popis technologie úpravy vody

Do úpravny důlních vod Emeran se z prostoru lomu čerpají vody do dvou větví. V první NL větvi je voda zbavována nerozpuštěných látek, které se vyskytují v surové důlní vodě. Ve druhé Mn větvi se vody čistí za účelem snížení vysokých obsahů manganu (Mn), železa (Fe) a jiných ve vodě rozpustných látek (RL)

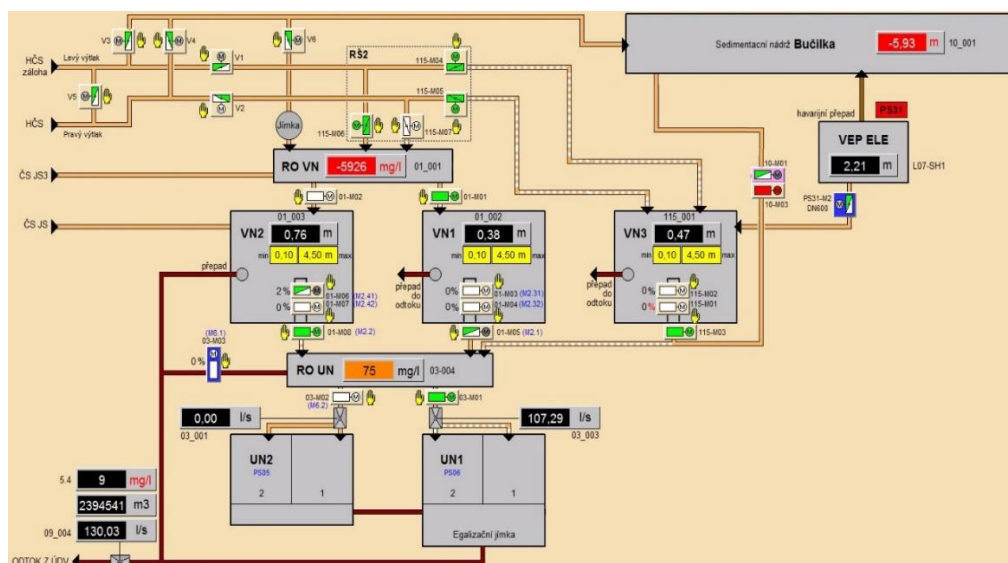
(viz obr. č. 1; viz schéma č. 9). Z dolu Bílina se ročně vyčerpá cca 2,5 milionu m³, které směřují na ÚDV Emeran (Wanie, 2015a).

5.3.1 NL větev

Důlní voda ze dna lomu se čerpá do rozdělovacího objektu VN úpravny důlních vod Emeran Do RO VN natéká voda z HČS, ČS Drén, ČJE, ČS JS3 a DDM. V rozdělovacím objektu je nainstalované zákalové čidlo. Toto zákalové čidlo slouží jako informace pro obsluhu ÚDV Emeran a je umístěno v ponorné armatuře, která je pomocí ramene přikotvena ke stávajícímu zábradlí na rozdělovacím objektu VN. Zákalové čidlo měří množství NL v surové vodě na přítoku do vyrovnávacích nádrží. Z rozdělovacího objektu VN se voda rozděluje do třech vyrovnávacích nádrží VN1, VN2, VN3 pomocí elektrických deskových hradítek (Wanie, 2015a).

Vyrovňovací nádrže VN1, VN2, VN3 (viz obr. č. 2) jsou osazeny lamelovými hradítky, které zadržují sedimentovaný kal a následně deskovými hradítky, které slouží k zadržení a vypouštění důlní vody. Součástí vyrovnávací nádrže VN1, VN2, VN3 jsou havarijní přepady zaústěné do obtokového potrubí. Vyrovnávací nádrže zajišťují rovnoměrný nátok do usazovacích nádrží ÚDV. Do VN3 je dále zaústěn gravitační přepad z jímky VEP. Obsluha ÚDV Emeran nastavuje deskovými hradítky průtočné množství vody, dle potřeby až do 350 l s⁻¹(Q_{max}). Desková hradítka lze ovládat ručně nebo v automatickém režimu (Rau, 2013c).

Schéma 1: Ovládání NL větve (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)



Do rozdělovacího objektu usazovacích nádrží (RO UN) pro NL vody jsou zaústěny vody z vyrovnávací nádrže VN1, VN2, VN3 a sedimentační nádrže Bučilka. Rozdělovací objekt usazovacích nádrží slouží k rozdělení nátoků do dvou větví usazovacích nádrží UN1 a UN2, které je možno jednotlivě uzavřít deskovým uzávěrem. Každá usazovací nádrž UN1 a UN2 má svůj Parshallův žlab P5. Parshallův žlab se používá k měření průtoku vody. Přesné měření Parshallovým žlabem je funkční od $2,3 \text{ l s}^{-1}$ do 360 l s^{-1} . V rozdělovacím objektu je instalované zákalové čidlo pro zjištění množství NL na přítoku do usazovacích nádrží. Zákalové čidlo řídí cyklus odkalování usazovacích nádrží a dávkování flokulantu (Rau, 2013a).

UN1 a UN2 slouží pro zadržení sedimentovaného kalu s jeho následným odčerpáním do kalového hospodářství na kalolisy nebo do kalových lagun. Každá UN se rozděluje na dvě části, v případě mimořádné opravy či poruchy, lze polovinu UN uzavřít a provozovat samostatně jednu část.

Do nátokových kanálů, které vedou do UN1 a UN2 se dávkuje roztok flokulantu. Roztok flokulantu je připravován v plně automatické stanici, která je řešena jako dvoukomorová nerezová nádrž. Do nádrží UN1 a UN2 je dávkován roztok flokulantu o požadované koncentraci. Optimální koncentrace flokulantu je 0,1% roztoku, smícháním 1 gramu flokulantu do 1 litru vody. Tento roztok je míchán až do doby jeho vyzrání. Roztok je vyzrátý za hodinu. Roztok flokulantu se do jednotlivých UN čerpá pomocí vřetenových čerpadel. Výkon těchto vřetenových

čerpadel je řízen zákalovým čidlem. Na základě programového výpočtu se vyhodnocuje množství vstupního zákalu a průtoku. Tímto způsobem je zajištěno dávkování flokulantu v optimálním množství, které je potřebné pro elektrostatické navázání (vytvoření shluků) NL látek ve vodě. Neboli gramy flokulantu na kg NL látek. Po přidání flokulantu dochází k zrychlené sedimentaci, tím že částice flokulantu přitahují nerozpuštěné látky a vytváří vločky shluků. Vytvořené vločky shluků přitékají do flokulační komory. Ve flokulační komoře jsou nainstalovaná míchadla, které udržují vločky shluků ve vznosu – tzv. vyvločkování. Z flokulační komory důlní voda natéká skrz rozdělovací kanál do UN1 a UN2. Tento kanál je osazen zpomalovacími otvory, které mají za úkol vodu zpomalit, tak, aby se nerozrušil princip sedimentace a dále rovnoměrně rozděluje nátok důlní vody do usazovacích nádrží. Na začátku usazovacích nádrží jsou vybudovány odkalovací kapsy. V odkalovacích kapsách většina shluků vloček sedimentuje. Zbytek shluků vloček, které se neusadí do odkalovacích kapes pokračují dále do UN, kde se usazují na dně nádrží. Tyto sedimenty jsou shrabovány pomocí shrabovacích mostů zpět do odkalovacích kapes. Každá odkalovací kapsa je osazena ponorným kalovým čerpadlem, odkud je usazený materiál (kal) odčerpán do dvoukomorové čerpací jímky určené pro NL vody. Čerpací jímka je také osazena ponorným kalovým čerpadlem, odkud je čerpán kal na kalové hospodářství (Fenclová, 2013b; Krupičková, 2013d; Rau, 2013b).

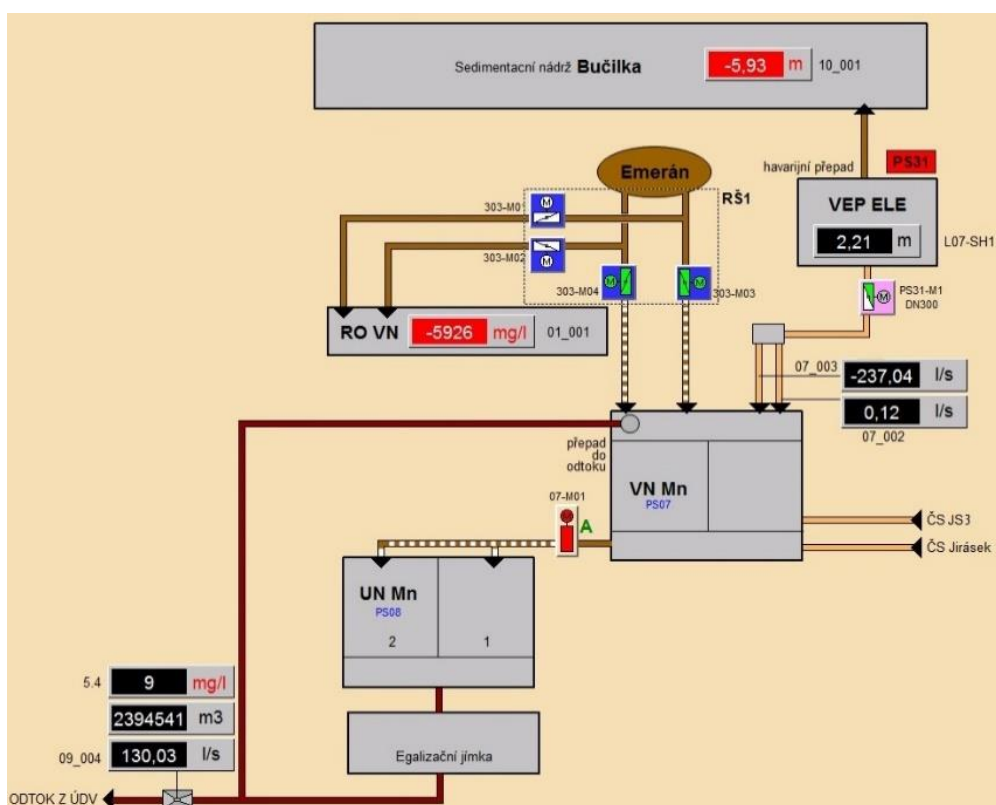
Upravené důlní vody natékají přes přelivnou hranu gravitačně do egalizační jímky, kde se stékají všechny upravené důlní vody ze všech usazovacích nádrží (Wanie, 2015a).

5.3.2 Mn větev

Manganová větev začíná ve VN manganových vod, která je rozdělena na dvě poloviny, do kterých přitékají důlní vody s vyšší koncentrací rozpuštěného železa a manganu z ČS JS 3, ČS Emeran a VEP (viz obr. č. 6). VN pro Mn vody jsou železobetonové nádrže, vzájemně propojené nátokovým a odtokovým kanálem. Objem každé této nádrže je $540 \text{ m}^3 + 72 \text{ m}^3$ kalového prostoru. Nádrže jsou vybaveny kalovým prostorem, do kterého jsou shrabovány kaly pomocí shrabovacích mostů. Z kalového prostoru se čerpá kal pomocí sacího bagru a ukládá se na vnitřní výsypku. Přítok je regulován pomocí stavitelných hradítek a šnekového šoupátka,

kterým si obsluha reguluje přítok vody. Vyrovnávací nádrž slouží k vyrovnání nátoků důlních vod na aerační nádrže, u kterých se předpokládá zvýšený obsah Mn a Fe. Odtok je regulován elektronicky, který nastaví obsluha ÚDV, pomocí automatického hradítka. Řízený odtok 0 až 150 l s⁻¹ je měřen Parshallovým žlabem P5, aby do následujícího stupně (aeračních nádrží) natékalo pouze nastavené množství vody. V případě přeplnění nádrže budou vody přepadat gravitačně do obtokové kanalizace (Fenclová, 2013c; Wanie, 2015a).

Schéma 2: Ovládání Mn větve (převzato z ÚDV PC schéma ovládní)



Vápenný hydrát se skladuje v zásobních silech v blízkosti ÚDV Emeran. Skladuje se ve dvou ocelových zásobních silech, každé o kapacitě 55 m³. V každém sile se nachází čtyři provzdušňovací trubky s pneumatickými ventily, aby nedocházelo k vlhnutí vápenného hydrátu. Vápenný hydrát se dopravuje dopravním potrubím do dvou mezizásobníků. Užitečná kapacita jednoho mezizásobníku je cca 2,5 m³. V každém mezizásobníku je šnekový podavač na dávkování vápenného hydrátu, který dávkuje vápenný hydrát do rozplavovací nádrže (Pilař, 2013).

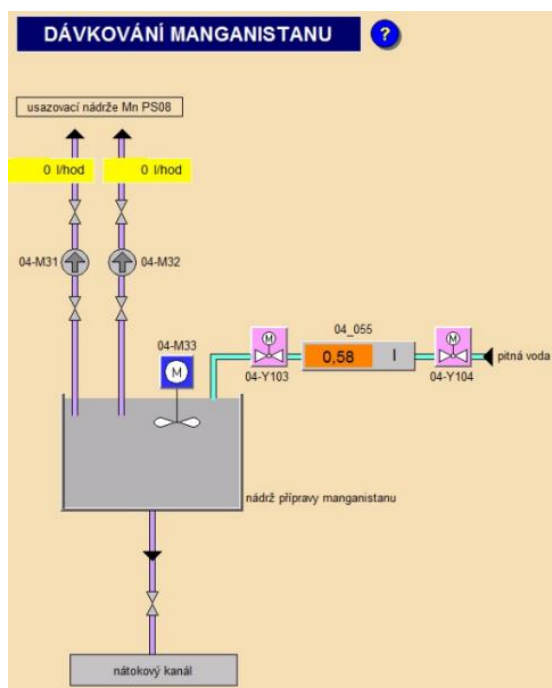
Vápenný hydrát se mísí s již upravenou důlní vodou, z důvodu snížení nákladů a šetrného zacházení s vodou. Upravená důlní voda je zadržována v akumulární

nádrži. Doprava vody z akumulární nádrže je zajištěna pomocí dvou ponorných čerpadel a ručních nožových šoupátek. Součástí rozplavovací nádrže je míchadlo, které rozmíchá vápenný hydrát do požadované koncentrace cca 4 až 6 % s upravenou důlní vodou a vznikne vápenné mléko (viz obr. č. 7). Měřítkem správnosti nastavené koncentrace je rychlost odezvy hodnoty pH v aerační nádrži (dolní mez pH = 7,9 a horní mez pH = 8,5) při zahájení dávkování do proudu důlní vody. Při příliš pomalé rychlosti změny pH při zahájení dávkování, se zvýší výkon dávkovacího šneku a tím dojde ke zvýšení koncentrace vápenného mléka (a naopak). Vápenné mléko je dávkováno pomocí pH metru, který je umístěn v nátoku do aeračních nádrží. Suspenze vápenného mléka bude při čerpání důlní vody z této nádrže gravitačně vytlačována přepadem z nádrže do hlavního proudu čerpané důlní vody (do nátokového kanálu, kterým důlní voda natéká do dvou paralelně zapojených aeračních nádrží. Důsledkem tohoto procesu bude postupný nárůst hodnoty pH v aeračních nádržích (Wanie, 2015a).

Aerační nádrže jsou na vstupu osazeny vstupními hradítky. Vstupní hradítka rovnoměrně rozdělují nátok do dvou paralelních aeračních nádrží. Aerační nádrže jsou rozděleny vyjímatelnými dělicími stěnami, jejichž účelem je zajistit co nejdelší proudění vody. Dělicí stěny rozdělují prostor na tři sekce. Účelem aerační nádrže je provzdušnění vodního sloupce. Provzdušnění zajišťují tři dmychadla. Všechna tři dmychadla jsou propojena nezávisle na aerační nádrže, které se dají mezi sebou pomocí regulovaných šoupátek uzavírat. Třetí dmychadlo je nainstalováno v případě poruchy. Před odtokem z aeračních nádrží je zaústěno potrubí pro dávkování roztoku manganistanu draselného (Fenclová, 2013f).

Roztok manganistanu draselného se připravuje v nerezové čtvercové nádrži. Nerezová nádrž je osazena pomaluběžným míchadlem. V této nerezové nádrži se rozmíchává manganistan draselný s upravenou vodou a vzniká tak roztok, který se později dává pomocí dvou membránových čerpadel do aeračních nádrží. Roztok manganistanu draselného je dávkován membránovými čerpadly před vstupem do třetí aerační nádrže (Krupičková, 2013a).

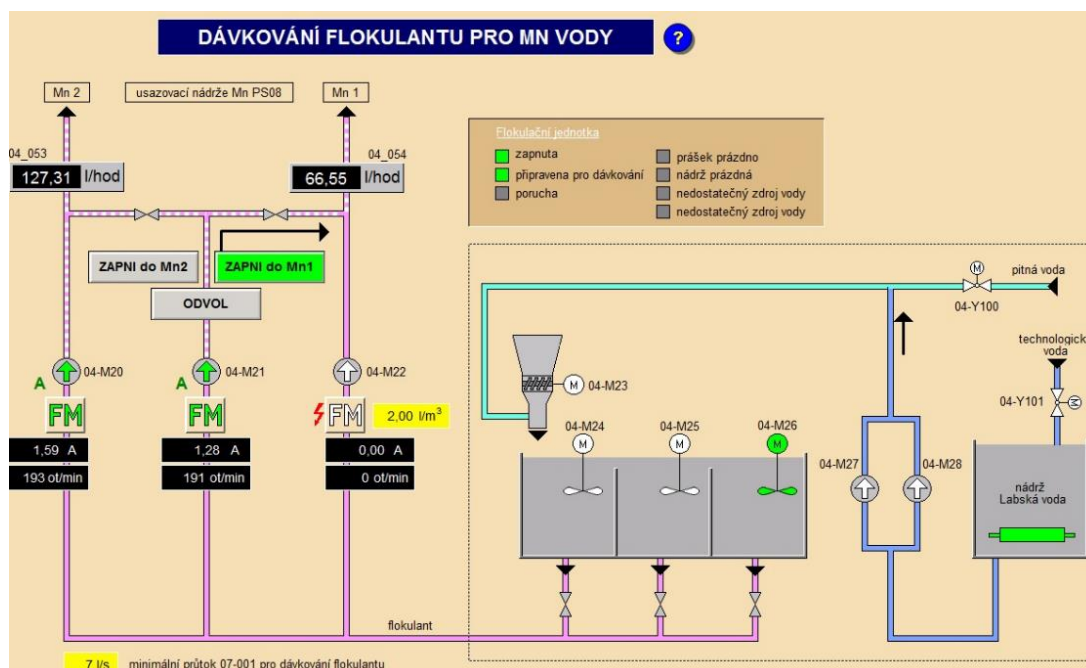
Schéma 3: Dávkování manganistanu draselného (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)



Flokulační stanice Mn vod (viz obr. č. 9) je připojena na zdroj pitné vody a labské vody. Na ÚDV Emeran se využívá zdroj labské vody, v případě odstávky labské vody se přepne na zdroj pitné vody. Přívod labské vody je zaústěn do nerezové nádrže. Výšku hladiny v nádrži hlídá hladinové čidlo. Na základě čidla vypne solenoidový ventil přívod vody. V nerezové nádrži je nainstalováno tepelné čidlo pro ohřev vody. Toto tepelné čidlo hlídá teplotu vody cca. 10 °C – pro správné rozmíchání roztoku především v zimních měsících. Na nádrž navazuje čerpadlo s minimálním přetlakem na výstupu 0,2 MPa, které slouží pro čerpání temperované vody do procesu přípravy roztoku flokulantu. Ve spodní části nádrže je proveden vývod, na který je napojeno potrubí k čerpadlům osazené armaturami. Flokulační stanice Mn vod se skládá ze třech propojených nerezových nádrží. Do flokulační stanice se pomocí šnekového podavače dávkuje flokulant PRAESTOL 2515. Zadaná koncentrace prášku může být 0,05 až 0,2 %. Běžně se používá na ÚDV Emeran koncentrace 0,05 % (0,5 kg m⁻³). Flokulační přípravek PRAESTOL 2515 je balený v pytlich o obsahu 25 kg. Obsluha kontroluje množství flokulantu v násypkách a průběžně jej doplňuje. Kapacita násypky je minimálně 30 kg. V první části komory je usazen dávkovač se zásobníkem na flokulační přípravek. Každá komora je osazena míchadlem k rozmíchání flokulačního prášku. Do první komory je dávkován flokulační prášek s vodou. Roztok flokulantu musí zrát minimálně jednu hodinu.

Mezi jednotlivými komorami jsou přepady. Rozmíchaný roztok flokulantu přetéká do druhé a později do třetí komory. Čerpadla jsou tři nad sebou a jsou napájena rozvodem ze společného potrubí od nádrže s flokulantem. Před každým čerpadlem je osazena uzavírací armatura z důvodu přepojení jednotlivých čerpadel. Používají se jen dvě čerpadla, třetí čerpadlo se používá jen v případě poruchy (Krupičková, 2013g).

Schéma 4: Dávkování flokulantu pro Mn vody (převzato z ÚDV PC schéma ovládní)



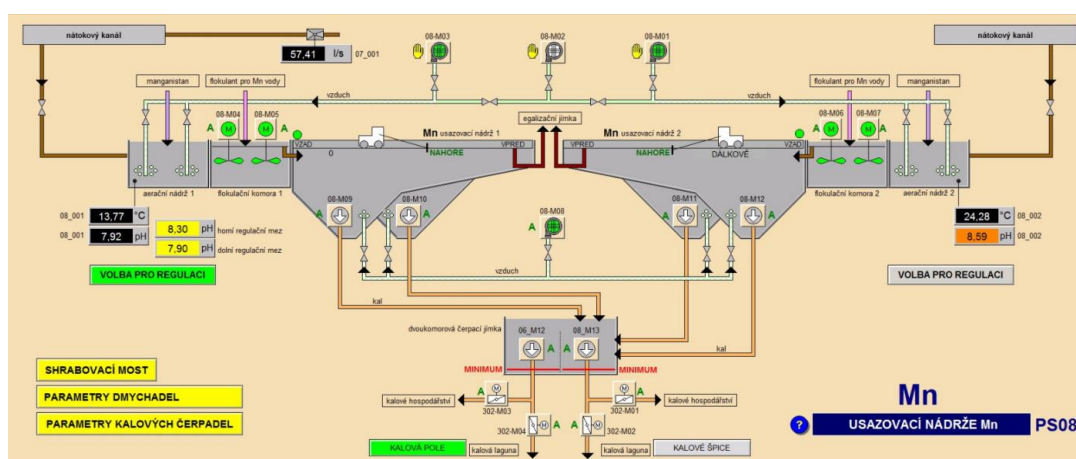
Z flokulační stanice je flokulační roztok čerpán do dvou flokulačních komor. Každá flokulační komora je osazena dvěma míchadly, které udržují vločky ve vznosu a zabraňují tak brzkému usazování (Wanie, 2015a).

Dále tyto vznikající vločky (viz obr. č. 10) pokračují přepadem skrz rozdělovací kanál do UN1 a UN2 Mn vod (viz. obr. č. 5). Na vtoku do UN1 a UN2 Mn vod je umístěna sada otvorů pro tlumení kinetické energie natékající důlní vody, aby nedocházelo ke vznosu částic, což je pro UN nežádoucí.

Objem každé usazovací nádrže je 530 m³ a jsou vybavena mostovým shrabovacím zařízením. Tento shrabovací most jezdí po celé délce UN v pevně daných intervalových cyklech. Obsluha ÚDV nastavuje počet cyklů v návaznosti na počasí. Při intenzivnějším meteorologickým srážkám dochází k většímu čerpání kalů ze dna lomu. Povinnou součástí shrabovacího mostu je zařízení na rozrážení ledu pro provoz v zimním období. Shrabovací most se stará o shrabování usazených částic do

odkalovacích kapes. V odkalovacích kapsách se hromadí usazený materiál neboli kal. Kalové kapsy je v případě potřeby možno ručně provzdušnit pomocí dmyhadla a nerezového rozvodu vzduchu. Provzdušněním vody předcházíme nechtěnému ucpání kalového čerpadla. Každá kapsa je osazena ponorným čerpadlem. Kal se automaticky z kalových kapes odčerpá do dvoukomorové kalové jímky v daných intervalech. Levá komora je pouze pro NL vody a pravá komora je pouze pro Mn vody. Oddělené jsou pouze betonovou zdí, v případě nefunkčnosti může kal přepadnout do druhé jímky. Kalová jímka je osazena ponorným kalovým čerpadlem, které je ovládáno hladinovou sondou. Z kalové jímky je kal čerpán potrubím na kalové hospodářství. V případě poruchy nebo čištění UN lze potrubí odklonit na kalové pole (Krupičková, 2013e).

Schéma 5: Usazovací nádrže pro Mn vody (převzato z ÚDV PC schéma ovládní)



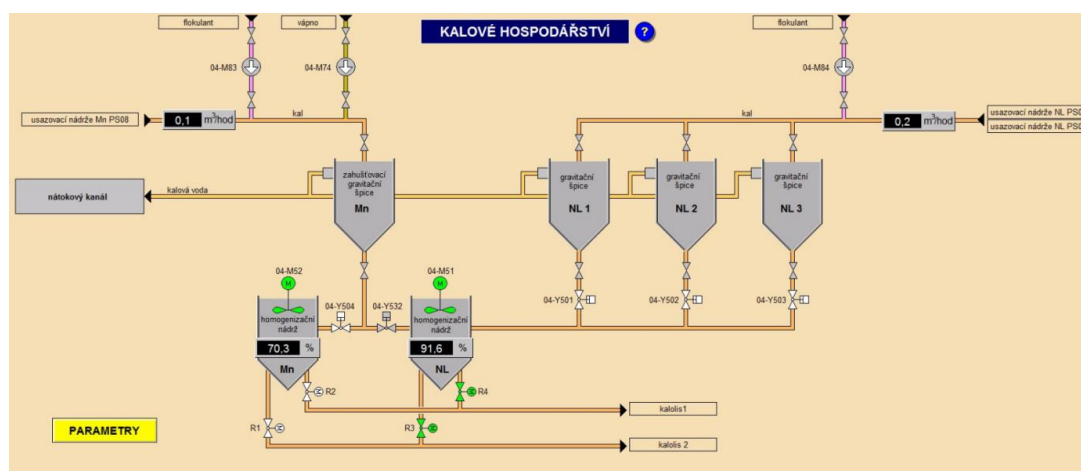
5.3.3 Kalové hospodářství

Čištěné důlní vody jsou rozdělené na vody s obsahem Mn a Fe a na vody s obsahem NL, které jsou velmi jemně rozptýlené. Jedná se zejména o jílovité složky. Kalové vody se pro získání vyššího zahuštění čerpají do speciálně tvarovaných hlubokých zahušťovacích špicí.

Kalové hospodářství obsahuje čtyři ocelové gravitační špice o průměru 2,9 metrů a výšce 11,5 metrů (viz obr. č. 12). Kapacita jednotlivých gravitačních špicí je cca 55 m³. Pro NL látky jsou určeny tři gravitační špice a jedna homogenizační nádrž. Pro Mn vody je určena jedna gravitační špice a jedna homogenizační nádrž. Gravitační špice slouží pro zahuštění a usazení kalu, který je do špic čerpán kalovými čerpadly z venkovních kalových kapes usazovacích nádrží.

Každá usazovací nádrž je rozdělena na polovinu, z toho jedna polovina obsahuje dvě kalové kapsy. Kal, který vznikne v zahušťovací špiči, je přepouštěn v naprogramovaných časových intervalech do homogenizačních nádrží. Každá z dvojice homogenizačních nádrží má objem 12 m³. Dle typu kalu je použita příslušná rozmíchávací homogenizační nádrž NL nebo Mn vod. V homogenizační nádrži se kal promíchává pomaluběžným míchadlem, aby nedocházelo k sedimentování kalu. V technologickém objektu ÚDV se nachází flokulační stanice pro kalové hospodářství, kde se připravuje organický flokulant do jednotlivých špičí a do membránokomorových kalolisů. Kapacita flokulační stanice je cca 9 m³. Doprava organického flokulantu z flokulační stanice je zajištěna pomocí dávkovacích čerpadel, které čerpají organický flokulant do gravitačních špičí. V technologickém objektu ÚDV je umístěno dávkovací čerpadlo, které přidává vápenné mléko do gravitační špiče pro Mn kaly. Toto dávkovací čerpadlo je umístěno pod rozplavovací nádrží na vápenné mléko (Krupičková, 2012).

Schéma 6: Kalového hospodářství (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)



Po dosažení maximální hladiny v homogenizačních nádrží spouští obsluha odvodnění kalu, který je dopravován z homogenizačních nádrží pro NL a Mn vody za pomoci vřetenových čerpadel do jednotlivých kalolisů. Toto potrubí kalu z homogenizačních nádrží směrem k vřetenovým čerpadlům je umístěno v technologickém kanále pod podlahou. Kalové hospodářství je osazeno dvojicí membránokomorových kalolisů MKFP 1500/80 (viz obr. č. 11). Membránokomorový kalolis se skládá z komor, na kterých je navlečena filtrační plachetka. Kal se mísí s organickým flokulantem ve speciálním dynamickém

směšovači tzn. mixéru. Následně namixovaný kal s flokulantem je tlačěn pomocí vřetenového dávkovacího čerpadla do kalolisu. V komorách kalolisu, kam takto upravený kal natéká, dochází k oddělení obou fází – kapalné a tuhé. Tuhá fáze zůstává v komoře a filtrát (voda) odtéká plachetkou a nopovou stěnou komory do kanálu. V určité fázi tohoto odvodňovacího procesu je přítok kalu ukončen a proti vzniklému filtračnímu koláči je přitlačena pomocí tlakové vody pohyblivá stěna komory. Tímto dalším tlakem na filtrační koláč dochází k jeho konečnému odvodnění a ukončení filtračního cyklu. Po ukončení odvodnění, obsluha spustí vysypání koláče, které probíhá automaticky. Filtrační koláč padá do šnekového dopravníku, ze kterého je pomocí pásového dopravníku vynášen mimo budovu.

Pro odvodnění kalů je cílem takto zpracovat a odvodnit veškeré kaly čerpané na ÚDV Emeran. Odvodněný kalový koláč je takto možné bezpečně deponovat na vnitřní výsypku (Wanie, 2013).

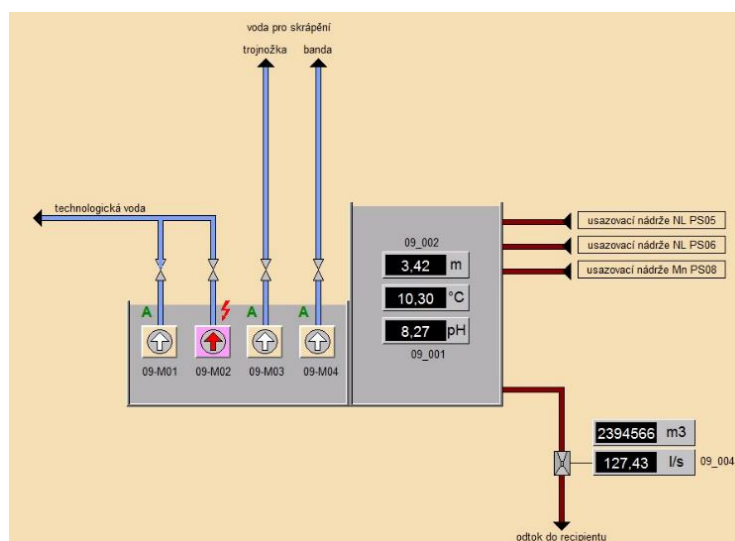
V případě poruchy kalolisu nebo čištění UN pro NL vody nebo UN pro Mn vody je možné důlní vody odklonit na kalová pole. Odklonění důlní vody z usazovacích nádrží se provádí ve dvoukomorové čerpací jímce, kde lze důlní vodu čerpat na kalové hospodářství (gravitační špice) nebo na kalové pole. Kalové pole se skládá ze čtyř kalových lagun. Kalové laguny se postupně naplní (po naplnění první laguny se přepne do druhé laguny) do požadované hladiny, která je hlídána ultrazvukovým čidlem. Naplněná kalová laguna se musí nechat sedimentovat (12 hodin a více). Po usazení kalu na dně kalové laguny, se vody odpouští pomocí postupného povolování lamelových a přepadových hradítek (o 20 mm), aby nedocházelo ke strhávání kalového sedimentu do odtoku. Po postupném odpuštění odsazené vody je hradítko vráceno zpět do původní polohy, aby mohlo dojít k opětovnému naplnění laguny kalovou vodou. Jestliže je již kalová laguna naplněna sedimentovaným kalem, je nutné provést odtěžení kalu pomocí mechanizace (kolový nakladač) (Rau, 2013b).

5.3.4 Egalizační jímka

V egalizační jímce se smíchají a vyrovnávají nátoky z jednotlivých čištěných větví ÚDV. Do egalizační jímky natékají vody z NL větve – usazovacích nádrží UN1 a UN2 – a Mn větve. Nátoky do egalizační jímky jsou gravitační. Součástí jímky je armaturní šachta, ve které jsou umístěna čtyři čerpadla. Dvě čerpadla čerpají

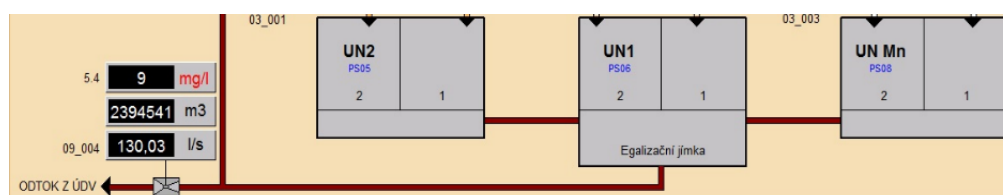
již vyčištěnou důlní vodu zpět do technologie ÚDV, voda slouží k rozmíchání vápenného mléka. Zbývá dvě čerpadla jsou využita pro čerpání vyčištěné důlní vody do autocisteren. Autocisterny zkrápějí touto vodou prašné cesty v celém areálu Dolu Bílina, aby se co nejvíce omezil vznos prachu v lomu a jeho okolí. Zbývá vyčištěná důlní voda odtéká gravitačně přes měrný objekt potrubím DN 800 do recipientu zbytkového koryta Radčického potoka (Fenclová, 2013a).

Schéma 7: Egalizační jímka (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)



V měrném objektu je nainstalováno měřící zařízení pro celkový průtok. Soustava měrných zařízení se skládá z rychlostního senzoru (kontaktního snímače rychlosti vody), ultrazvukového hladinového senzoru (bezkontaktního snímače výšky hladiny) a vyhodnocovací jednotky. Rychlostní a hladinový senzor je umístěn v betonovém žlabu obdélníkového průřezu. Hladinový senzor je umístěn 5 040 mm od vtoku v podélné ose koryta. Rychlostní senzor je umístěn na dně betonového žlabu, v ose symetrie měrného profilu v upevňovací nerezové liště, a to 350 mm poproudě pod hladinovým snímačem. Měřící rozsah průtokoměru a celého měrného profilu je od 0 l s⁻¹ do cca 400 l s⁻¹. Běžné provozní průtoky se pohybují v rozsahu od cca 30 l s⁻¹ do cca 120 l s⁻¹.

Schéma 8: Egalizační jímky (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)



Vyhodnocovací jednotka sbírá data naměřené ze senzorů. Získaná data se přeposílají do PC řídicího systému na velín ÚDV Emeran, kde se zaznamenávají a uchovávají. Dlouhodobý vypočtený průměrný okamžitý průtok dle záznamů z řídicího systému je cca 88 l s^{-1} . Jedná se o vypočtený průměr za rok 2018, kdy bylo vypuštěno $2\,775\,907 \text{ m}^3$ vod (Wanie, 2015a).

5.4 Odběry vzorků

Odběr vzorků provádí vyškolený pracovník, za účelem řádného odběru vzorků vod pro následnou chemickou a fyzikální analýzu tak, aby byla zajištěna správná kontrola jakosti vypouštěných vod. Při odběru vzorků se musí postupovat podle příslušných technických norem k zajištění kontroly jakosti a evidence objemů vypouštěných odpadních a důlních vod podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a NV č. 401/2015 Sb.

Pro každé odběrové místo je používána stále stejná vzorkovnice, aby se omezilo nebezpečí znečištění jinými látkami. Vzorkovnice je zřetelně a trvanlivě označena odběrovým místem, aby byla zajištěna jejich jednotná identifikace při odebrání vzorku a při práci v laboratoři. U všech vzorkovnic je označena i zátka. Jako vzorkovnice jsou používány polyethylenové láhve (PE) s objemem jeden litr, nebo skleněné láhve o objemu 1 litr. Vzorkovnice před každým použitím je nutné propláchnout vodou s bezfosfátovým detergentem k smytí prachu a zbytků obalového materiálu. Poté se pečlivě vypláchnou destilovanou vodou. K odběru vzorků se používá ruční plastový teleskopický naběrák, který je umístěn u vodohospodáře. Po odběru vzorku se naběrák vyčistí horkou vodou s bezfosfátovým detergentem a řádně se vypláchnou pitnou vodou.

V den odběru vzorku si vyškolený pracovník vyzvedne v laboratoři OŘKJ potřebné označené vzorkovnice, a ty umístí do chladicího boxu s chladicími vložkami. Při odběru vzorku vody se vzorkovnice zcela naplní a uzavře se tak, aby

nad vzorkem nebyl žádný vzduch. Tím se omezí interakce s plynnou fází a minimalizuje míchání během dopravy. Při odebírání vzorku je nutné vzorkovnici nejprve vypláchnout odebíraným vzorkem vody a až poté ji naplnit. Pokud se odebírá vzorek vody na stanovení uhlovodíků $C_{10} - C_{40}$, vzorkovnice se zcela neplní, ale naplní se po vyznačenou rysku nebo dle instrukcí laboratoře OŘKJ. Pro odebrání vzorků pro stanovení uhlovodíků $C_{10} - C_{40}$ se používá skleněná vzorkovnice, která se nesmí vyplachovat vzorkem vody, protože při výplachu vytvořený film na stěnách láhve může zvyšovat výsledky. Pokud jsou přítomny hrubé nečistoty ve vzorku odebírané vody, vzorek se při odběru cedí přes síto s oky a o velikosti 1 mm. Při odběru vzorků je nutné si dát pozor na zkalení dna v místě odběru nebo ke stržení povlaku ze stěn nádrže či stržení nečistot z hladiny.

Odběr prostého vzorku je možné odebrat hned několika způsoby:

a) Odběr prostého vzorku pomocí naběráku

K odběru vzorku vody se používá ruční plastový naběrák, který je umístěn u vodohospodáře nebo v objektu ÚDV Emeran. Ruční naběrák je nutné před zahájením odběru vzorku opláchnout pitnou vodou. Naběrák je nutné před zahájením odběru vody vypláchnout vzorkovanou vodou, aby se snížilo riziko znečištění vzorku. Naběrákem se odebere vzorek, který se vylije do vzorkovnice a následně se vzorkovnice vypláchne, stejně jako u naběráku. Vzorek se naplní naběrákem a přelije se do vypláchnuté a označené vzorkovnice. Vzorkovnice se naplní, uzavře a vloží do chladicího boxu. Pracovník zajišťující odběr vzorku vody je povinný vyplnit protokol o odběru vzorku, který odevzdá i se vzorkem do laboratoře OŘKJ.

b) Odběr vzorku přímo do vzorkovnice

Vzorkovnice se přímo ponoří do vzorkované vody, nabere se malé množství, kterým se vzorkovnice propláchne a voda se vylije za odběrné místo. Vzorkovnice se ponoří do vody, naplní po rysku, uzavře a vloží do chladicího boxu. Pracovník zajišťující odběr vzorku vody je povinný vyplnit protokol o odběru vzorku, který odevzdá i se vzorkem do laboratoře OŘKJ.

c) Odběr vzorku z výtlačku čerpadla

Provádí se otevřením vzorkovací armatury na výtlačku čerpadla. Voda se nechá zhruba 60 vteřin odtékat z důvodu možných usazenin, aby odebraný vzorek byl co nejpřesnější. Vzorkovnice se vypláchne vzorkovanou vodou, aby se snížilo riziko znečištění vzorku. Vzorkovnice se naplní po rysku, uzavře a vloží do chladicího

boxu. Pracovník zajišťující odběr vzorku vody je povinný vyplnit protokol o odběru vzorku, který odevzdá i se vzorkem do laboratoře OŘKJ.

Vzorky vody odebrané v místě odběru se transportují do akreditované laboratoře OŘKJ Doly Bílina. Laboratoř OŘKJ Doly Bílina je registrována u akreditačního orgánu ČIA pod označením 1529 – Severočeské doly a.s. Po odebrání vzorku vody musí být zajištěna konstantní teplota 5 ± 3 °C, proto se vzorek vloží do chladicího boxu s chladícími vložkami. Doba transportu nesmí překročit 4 hodiny. Při předání vzorku do laboratoře je současně předán protokol o odběru vzorku. Vzorky se skladují v laboratoři při teplotě 3 ± 2 °C a teprve před rozbořem se temperují na teplotu místnosti, např. ponořením do vodní lázně (max. 25 °C), nikoliv rychlým ohřevem (Průša, 2018).

Pro vypouštění důlních vod do recipientu vydává Krajský úřad Ústeckého kraje příslušné vodoprávní rozhodnutí. Toto vodoprávní rozhodnutí stanovuje, v jaké kvalitě a množství mohou Doly Bílina vypouštět vody do recipientu. Rozhodnutí krajského úřadu musí být v souladu s nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Stanovené množství důlní vody vypouštěné do recipientu je maximálně 700 l s^{-1} a maximálně $6\,000\,000 \text{ m}^3 \text{ rok}^{-1}$. Kvalitu vypouštěné důlní vody do recipientu stanovuje nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Stanovené povolené limity pro podniky, zabývající se těžbou nebo úpravou hnědého uhlí a lignitu jsou uvedeny v tabulce č. 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Přípustné hodnoty "p" jsou koncentrace jednotlivých ukazatelů, které mohou být v povolené míře překročeny (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2011).

Tabulka 3: Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví (nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č.1 tabulka č. 2)

Ukazatel	Jednotka	Přípustné hodnoty "p"
pH	-	6–9
NL	(mg l ⁻¹)	40
Fe	(mg l ⁻¹)	3
Mn	(mg l ⁻¹)	1

Přípustné hodnoty "p", mohou být překročeny jen x krát podle četnosti odebraných celkových vzorků podle tabulky č. 4.

Tabulka 4: Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění statisticky formulované limity („p“) ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku (nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č. 5)

Celkový počet vzorků	Přípustný počet nevyhovujících vzorků
4 – 7	1
8 – 16	2
17 – 28	3
29 – 40	4

Maximální přípustná hodnota koncentrací jednotlivých ukazatelů, která je nepřekročitelná, stanovuje vodoprávní krajský úřad v koncentracích v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Maximální přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2011)

Ukazatel	Mezní hodnoty "m" (mg l ⁻¹)	Roční bilance (t rok ⁻¹)
pH	-	-
NL	80	192,0
Fe	6	14,4
Mn	2	4,8

Překročení povolených hodnot "p" do výše hodnot "m" se při stanovené četnosti 12 x ročně připouští nejvýše u výsledku dvou rozborů za posledních 12 měsíců (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2011).

SD Doly Bílina jsou povinny sledovat, dokumentovat a vyhodnocovat hydrogeologické a hydrologické poměry ložiska. Dle §66 zákona č. 26/1989 Sb. zákon předepisuje:

- (1) Celkové přítoky a jednotlivé dílčí přítoky důlních vod musí být měřeny nejméně jednou za půl roku. Jedno z těchto měření musí být provedeno v době největších ročních přítoků. Výsledky měření musí být zaznamenány s udáním místa měření a zdrojů přítoků, vyhodnoceny a porovnány s průměrným denním přítokem a množstvím vyčerpané důlní vody.
- (2) Z celkových přítoků a významnějších dílčích přítoků důlních vod musí být v termínu určeném organizací odebrán vzorek a proveden chemický rozbor.
- (3) V odvodňovacích vrtech musí být měřen přítok a tlak vody, případně plynu v určených lhůtách.

- (4) Výsledky měření a rozborů podle odstavců 1 až 3 musí být zaznamenány v knize odvodňování.

5.4.1 Popis odběrných míst

Vzorky se odebírají na několika místech dobývacího prostoru DB, ale i na ÚDV Emeran. V ÚDV Emeran se odebírají vzorky 12 x ročně na výstupu z egalizační jímky, tzn. na odtoku z ÚDV Emeran (hodnoty na výstupu). Dále se vzorky odebírají každý měsíc v Mn větví, a to na odtoku z VN Mn vod a na odtoku z UN Mn vod. Takto odebrané vzorky z Mn větve se dají zanalyzovat a porovnat, je sledována účinnost Mn větve. Vzorky se také odebírají nepravidelně v NL větví v RO před UN. Bohužel se vzorky nedají porovnat se vstupními vzorky z dobývacího prostoru DB (např. HČS, ČS J3, ČS3), protože chybí četnost odběrů a odběry se neshodují s datem odběru na ÚDV Emeran.

6. Vyhodnocení parametrů znečištění na odtoku

Odebrané vzorky důlní vody v tabulce č. 6 byly odebrány na výstupu z egalizační jímky. Interval odběru byl každý měsíc a vyhodnoceny byly v laboratoři OŘKJ Dolů Bílina. Pro analýzu byla vybrána data vzorků z let 2017 a 2018.

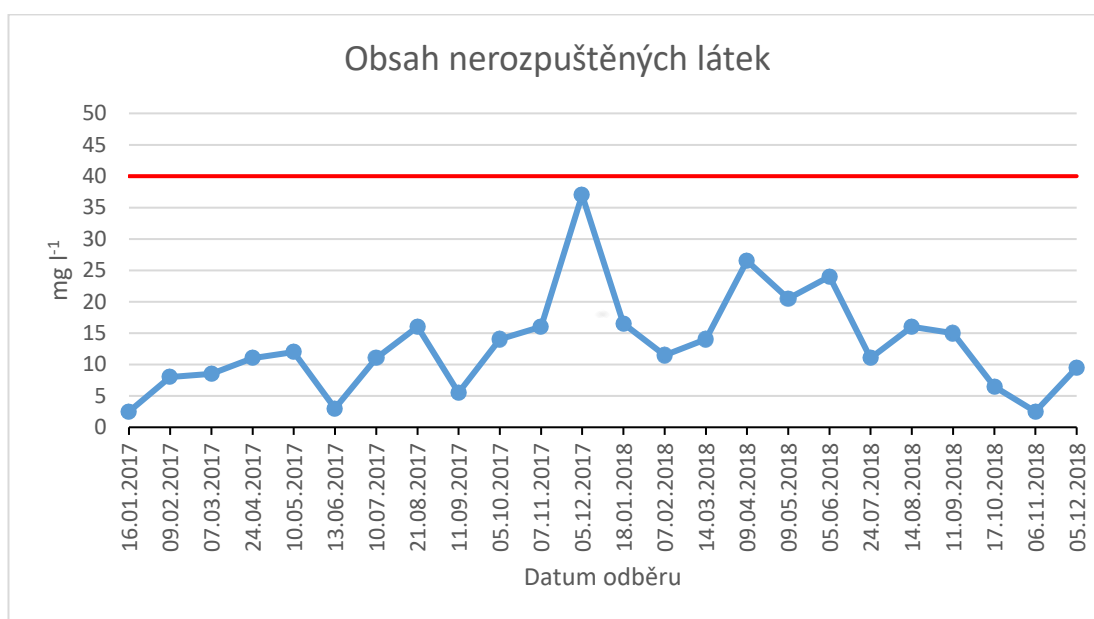
Tabulka 6: Výsledný rozbor sledovaných parametrů na ÚDV Emeran – Egalizační jímka

Datum odběru	Nerozpuštěné látky mg l ⁻¹	Hodnota pH	Železo mg l ⁻¹	Mangan mg l ⁻¹	Sírany mg l ⁻¹
16.01.2017	2,5	8,14	0,1	0,89	866,93
09.02.2017	8	8,29	0,21	0,86	838,52
07.03.2017	8,5	8,23	0,13	0,64	803,73
24.04.2017	11	8,04	0,14	0,61	835,43
10.05.2017	12	8,18	0,12	0,47	819,79
13.06.2017	3	7,72	0,24	0,55	790,76
10.07.2017	11	8	0,09	1,04	729,41
21.08.2017	16	7,97	0,15	1,22	760,91
11.09.2017	5,5	8,11	0,18	1,34	704,5
05.10.2017	14	8,21	0,1	0,33	557,3
07.11.2017	16	8,02	0,15	0,87	679,79
05.12.2017	37	8,14	0,16	1,04	765,23
18.01.2018	16,5	8,23	0,25	0,39	703,67
07.02.2018	11,5	8,26	0,1	0,27	651,59
14.03.2018	14	8,31	0,32	0,62	1077,54
09.04.2018	26,5	8,25	0,17	0,35	557,51
09.05.2018	20,5	8,19	0,23	0,16	499,25
05.06.2018	24	7,03	0,22	0,21	716,02
24.07.2018	11	8,04	0,11	0,21	683,91
14.08.2018	16	8,05	0,29	0,63	645,83
11.09.2018	15	7,8	0,09	0,54	1028,95
17.10.2018	6,5	7,75	0,21	1,81	880,31
06.11.2018	2,5	6,76	0,07	0,67	944,34
05.12.2018	9,5	7,13	0,09	0,23	695,85
Průměr	13,25	7,95	0,16	0,66	759,88

Nerozpuštěné látky:

Dle NV č. 401/2015 Sb. je pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoven limit 40 mg l⁻¹ nerozpuštěných látek. Hodnoty NL nebyly v roce 2017 a 2018 překročeny. Nejvyšší hodnota 37 mg l⁻¹ byla naměřena v prosinci 2017, naopak nejnižší hodnota 2,5 mg l⁻¹ byla naměřena dvakrát, a to v lednu 2017 a v listopadu 2018. Průměrná hodnota NL látek je 13,25 mg l⁻¹. V grafickém znázornění lze vidět převažující nízké hodnoty a červeně stanovený limit NV č. 401/2015 Sb. ÚDV Emeran ve sledovaném období stanovený limit splňuje.

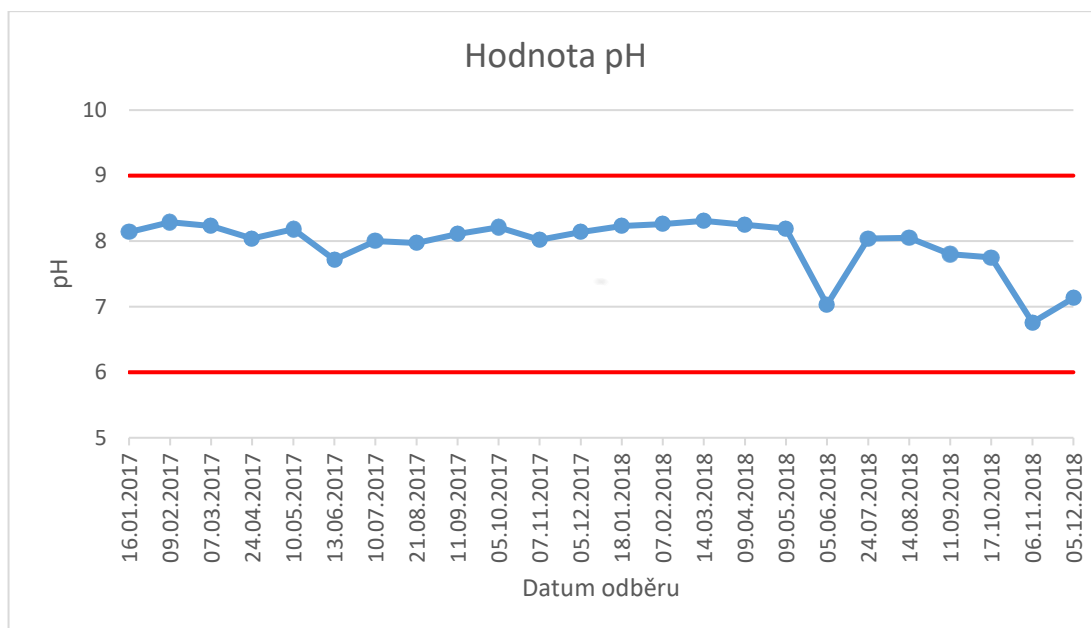
Graf 1: Obsah NL odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018



Hodnota pH:

Dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb. je pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanoven limit mezi 6 a 9 pro hodnotu pH (červeně stanovený limit NV č. 401/2015 Sb.). Nejvyšší hodnota 8,31 byla naměřena v březnu 2018, naopak nejnižší hodnota byla naměřena 6,76. Průměrná hodnota je 7,95. Z grafu vyplývá konstantní hodnota kolem 8, která na konci roku 2018 má klesající tendenci. Hodnoty pH nebyly ve sledovaném období překročeny.

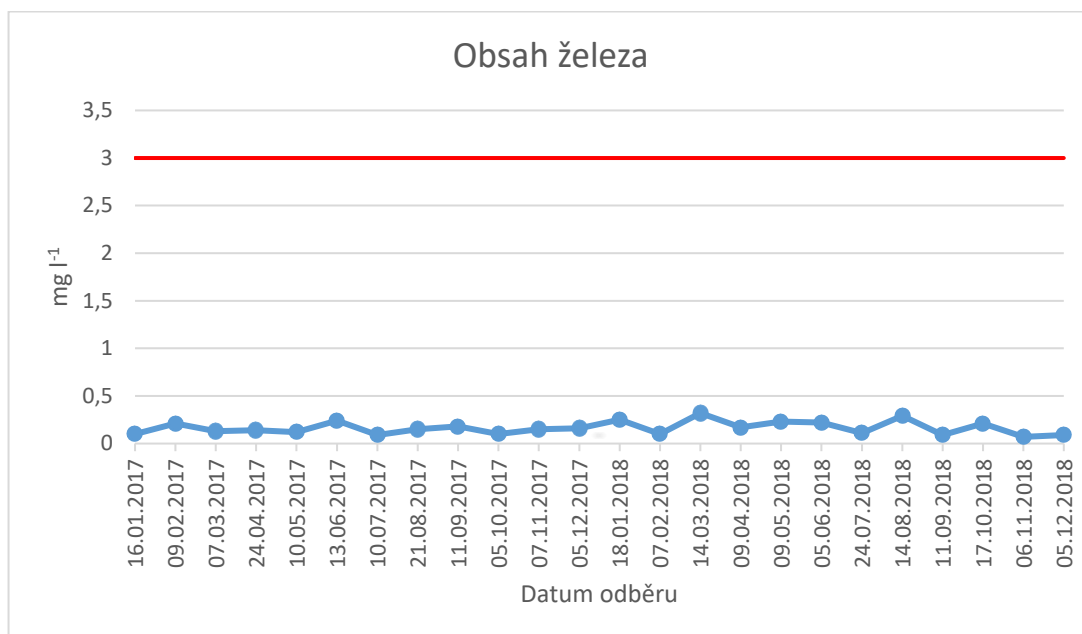
Graf 2: Hodnota pH důlní vody odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018



Obsah železa:

Limit pro přípustné vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanovený NV č. 401/2015 Sb. je pro obsah železa 3 mg l^{-1} (červeně znázorněný v grafu). Nejvyšší hodnota $0,29 \text{ mg l}^{-1}$ byla naměřena v srpnu 2018, naopak nejnižší hodnota $0,07 \text{ mg l}^{-1}$ byla naměřena v listopadu 2018. Průměrná hodnota je $0,16 \text{ mg l}^{-1}$. Z grafického znázornění jsou hodnoty železa konstantní, bez jakýkoliv výkyvů ve sledovaném období 2017 a 2018. Limit přípustného znečištění nebyl ve sledovaném období na ÚDV Emeran překročen. Výsledek je vyhovující i pro zpřísnění limitů vypouštěných důlních vod do recipientu.

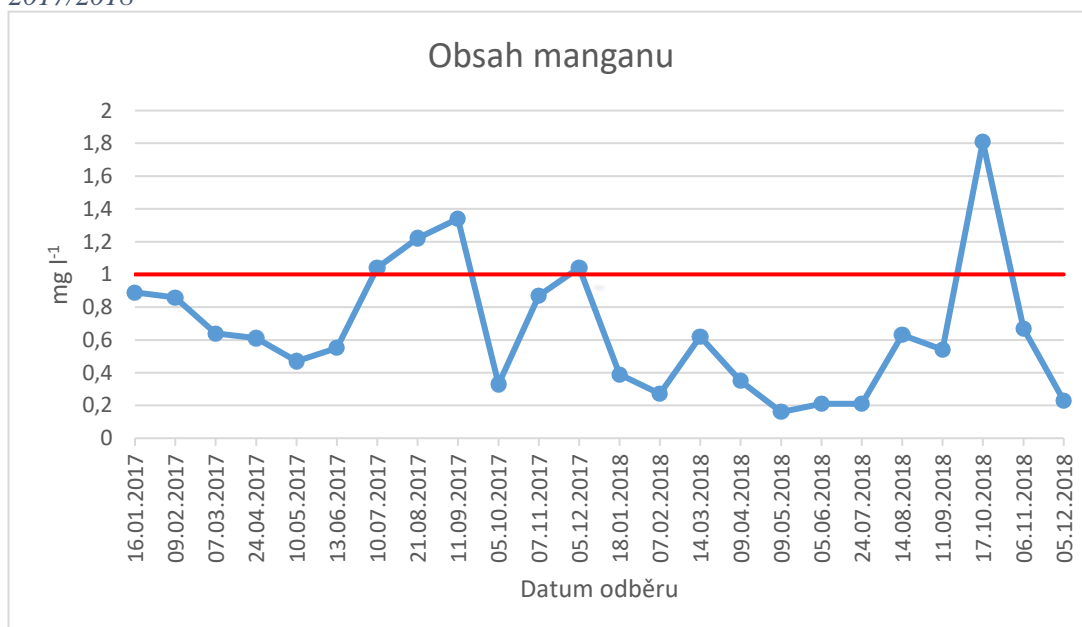
Graf 3: Obsah Fe v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018



Obsah manganu:

Limit pro přípustné vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanovený NV č. 401/2015 Sb. je pro obsah manganu 1 mg l⁻¹ (červeně znázorněný v grafu). Nejvyšší hodnota 1,81 mg l⁻¹ byla naměřena v říjnu 2018, naopak nejnižší hodnota 0,16 mg l⁻¹ byla naměřena v květnu 2018. Průměrná hodnota je 0,66 mg l⁻¹. Z grafického znázornění jsou hodnoty manganu kolísavé. Limit přípustného znečištění byl čtyřikrát překročen v roce 2017 a jednou výrazně překročen v roce 2018.

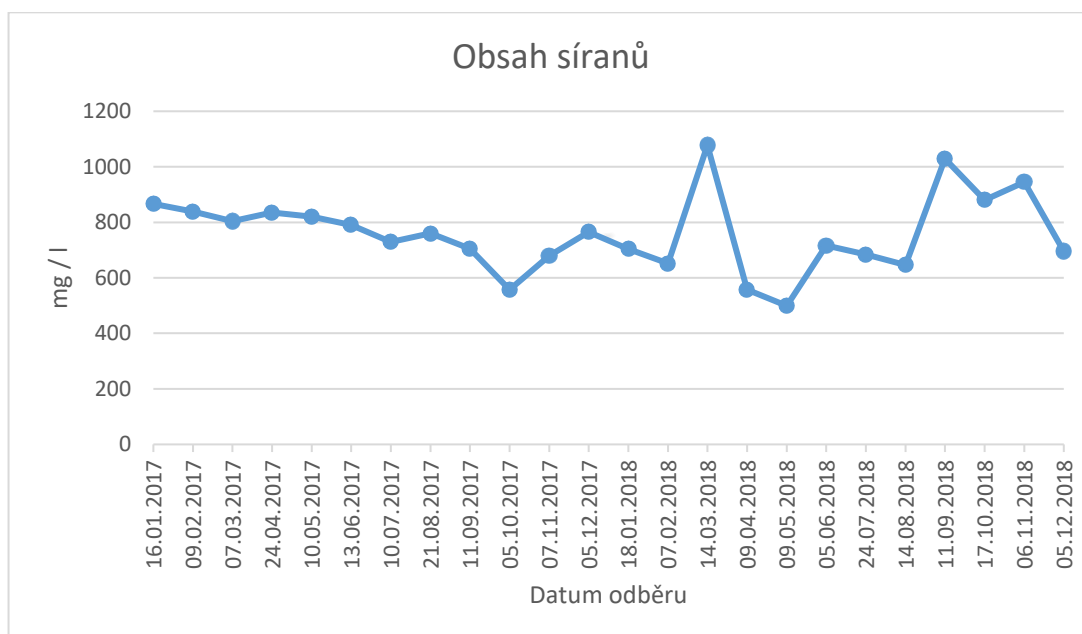
Graf 4: Obsah Mn v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018



Obsah síranů:

Limit obsahu síranů pro přípustné vypouštění odpadních vod do vod povrchových stanovený NV č. 401/2015 Sb. není, a proto není ani v ÚDV Emeran řešena úprav hodnot. Hodnoty síranů jsou však pravidelně sledovány. Z grafu vyplývá, že hodnoty v roce 2017 mají klesající tendenci. V roce 2018 je graf nestálý. Nejvyšší dosažený vrchol je ze dne 14.3.2018 o hodnotě 1077,54 mg l⁻¹. Naopak nejnižší hodnota byla naměřena 9.5.2018 o hodnotě 499,25 mg l⁻¹. Průměrné množství síranů obsažené ve vodě je 759,88 mg l⁻¹.

Graf 5: Obsah síranů v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018



Hodnocení účinnosti ÚDV v Mn větví - Úprava Fe:

V tabulce č. 7 je provedená analýza účinnosti odstranění či zredukování železa v Mn větví. Vzorky jsou odebrané na odtoku z vyrovnávací nádrže, kde voda neprošla žádnou úpravou hydrologických vlastností, takže se jedná o surovou důlní vodu. Vzorky odebrané na odtoku z usazovacích nádrží už prošly úpravou surové důlní vody. Vzorky jsou odebírány ve stejný den a s minimálním časovým odstupem, proto se dají efektivně porovnat. Rozdíl uvedený v mg l⁻¹ vzniká jako rozdíl hodnot nátoků a hodnot odtoku důlní vody. Výsledná účinnost je dána podílem hodnot rozdílu a hodnot nátoků. Výsledná hodnota je vynásobena stem, aby hodnoty vznikly v %. Hodnoty, které jsou uvedené v tabulce č. 7, jsou graficky ztvárněny pro lepší

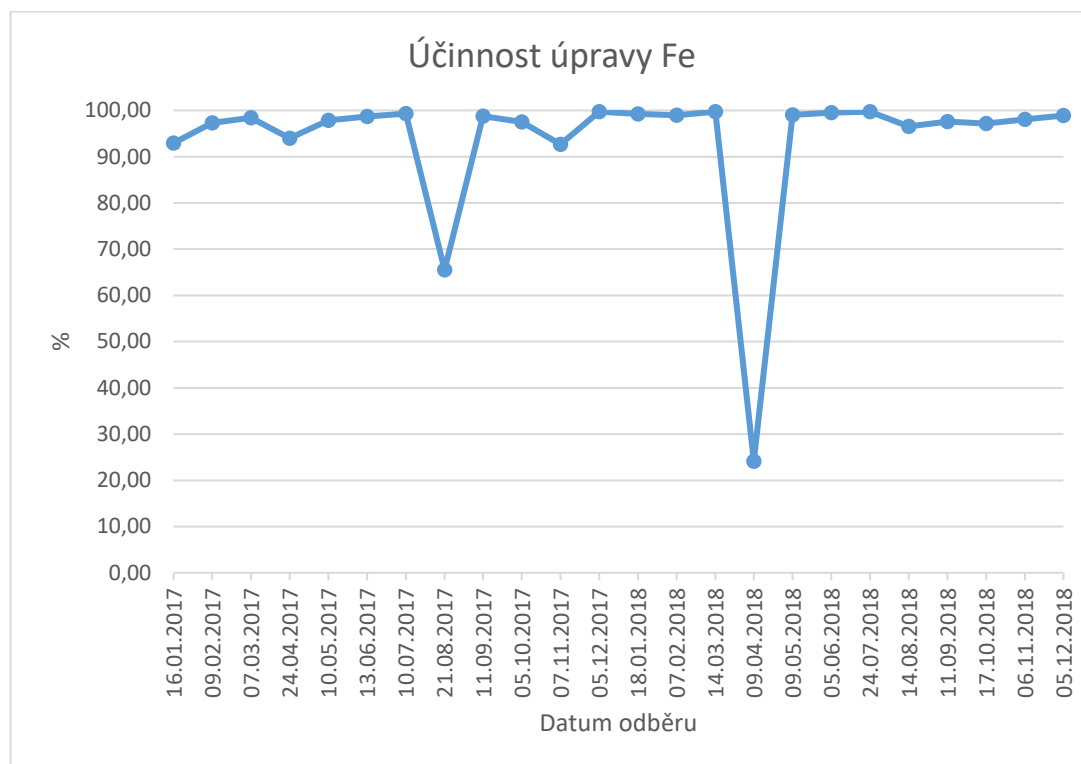
orientaci v grafu č. 6. Průměrné znečištění železa na odtoku z usazovací nádrže je 0,22 mg l⁻¹. Průměrné odstranění železa je 22,75 mg l⁻¹.

Tabulka 7: Sledovaná účinnost manganové větve při úpravě Fe

Datum odběru	Nátok mg/l	Odtok mg/l	Rozdíl mg/l	Účinnost %
16.1.2017	11,17	0,79	10,38	92,93
9.2.2017	8,47	0,23	8,24	97,28
7.3.2017	12,69	0,2	12,49	98,42
24.4.2017	2,49	0,15	2,34	93,98
10.5.2017	14,72	0,32	14,4	97,83
13.6.2017	19,04	0,25	18,79	98,69
10.7.2017	10,6	0,07	10,53	99,34
21.8.2017	0,58	0,2	0,38	65,52
11.9.2017	18,47	0,23	18,24	98,75
5.10.2017	15,12	0,38	14,74	97,49
7.11.2017	1,91	0,14	1,77	92,67
5.12.2017	276,47	0,78	275,69	99,72
18.1.2018	8,91	0,07	8,84	99,21
7.2.2018	16,11	0,17	15,94	98,94
14.3.2018	78,54	0,22	78,32	99,72
9.4.2018	0,29	0,22	0,07	24,14
9.5.2018	6,19	0,06	6,13	99,03
5.6.2018	10,27	0,05	10,22	99,51
24.7.2018	10,54	0,03	10,51	99,72
14.8.2018	6,42	0,22	6,2	96,57
11.9.2018	9,19	0,22	8,97	97,61
17.10.2018	6,28	0,18	6,1	97,13
6.11.2018	4,09	0,08	4,01	98,04
5.12.2018	2,78	0,03	2,75	98,92
Průměr	22,97	0,22	22,75	93,38

Z grafické hodnocení účinnosti úpravy železa v Mn větvi vyplývá, že hodnoty se blíží k 100% úspěšnosti odstranění železa z důlní vody. Dvě výjimky tvoří data z 21.8.2017 a 9.4.2018. Tato anomálie mohla být způsobena chybným odebrání vzorku, a proto jsou hodnoty zkreslené. Z dlouhodobého hlediska vyplývá, že účinnost úpravy železa je téměř konstantní a na vysoké úrovni.

Graf 6: Graficky znázorněná účinnost úpravy Fe



Hodnocení účinnosti ÚDV v Mn větvi – Úprava Mn:

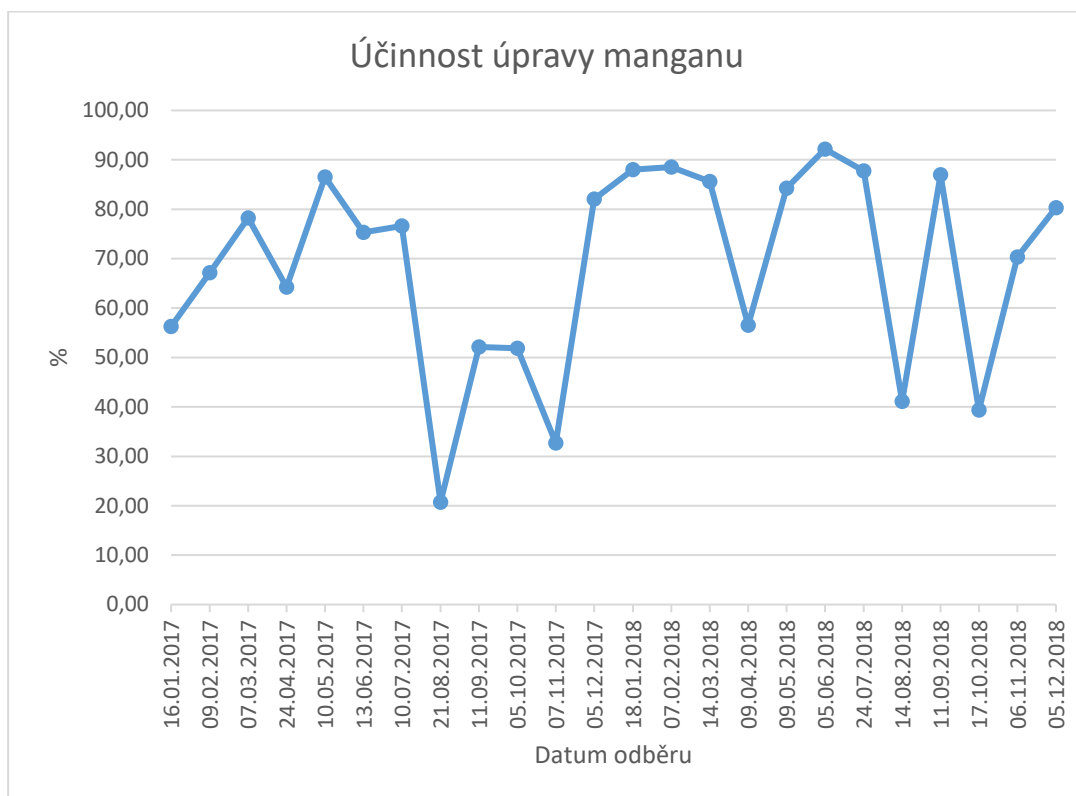
V tabulce č. 8, je provedená analýza účinnosti odstranění či zredukování manganu v Mn větvi. Vzorky byly odebrané stejným způsobem, jak je popsáno v předchozí kapitole – Hodnocení účinnosti ÚDV v Mn větvi - Úprava Fe. Hodnoty byly překročeny za rok 2017 čtyřikrát a v roce 2018 byl limit překročen jednou. Hodnoty, které zde byly překročeny se promítly do hodnot v tabulce č. 6 – na odtoku v egalizační jímce. Průměrné znečištění manganu na odtoku z usazovací nádrže je $0,83 \text{ mg l}^{-1}$. Průměrné odstranění manganu je $2,62 \text{ mg l}^{-1}$.

Tabulka 8: Sledovaná účinnost manganové větve při úpravě Mn

Datum odběru	Nátok mg l ⁻¹	Odtok mg l ⁻¹	Rozdíl mg l ⁻¹	Účinnost %
16.1.2017	3,68	0,78	2,9	78,80
9.2.2017	3,47	0,94	2,53	72,91
7.3.2017	2,16	0,47	1,69	78,24
24.4.2017	1,9	0,68	1,22	64,21
10.5.2017	2,45	0,33	2,12	86,53
13.6.2017	2,15	0,53	1,62	75,35
10.7.2017	2,78	1,22	1,56	56,12
21.8.2017	1,93	1,53	0,4	20,73
11.9.2017	2,13	1,02	1,11	52,11
5.10.2017	3,16	0,84	2,32	73,42
7.11.2017	1,99	0,56	1,43	71,86
5.12.2017	16,53	2,97	13,56	82,03
18.1.2018	3,08	0,37	2,71	87,99
7.2.2018	3,58	0,41	3,17	88,55
14.3.2018	8,41	0,92	7,49	89,06
9.4.2018	1,45	0,63	0,82	56,55
9.5.2018	2,22	0,35	1,87	84,23
5.6.2018	3,96	0,31	3,65	92,17
24.7.2018	2,21	0,27	1,94	87,78
14.8.2018	1,63	0,96	0,67	41,10
11.9.2018	4,07	0,53	3,54	86,98
17.10.2018	3,86	2,34	1,52	39,38
6.11.2018	2,29	0,68	1,61	70,31
5.12.2018	1,88	0,37	1,51	80,32
Průměr	3,46	0,83	2,62	71,53

Z grafického hodnocení účinnosti úpravy manganu v Mn větvi vyplývá, že hodnoty jsou rozkolísané. Účinnost není tak dobrá jako účinnost odstraňování Fe, protože Mn je hůře odbouratelný. Průměrná účinnost redukce manganu je 71,53 %.

Graf 7: Graficky znázorněná účinnost úpravy Mn



7. Diskuze

Zkoumané vzorky jsou porovnány pouze s platnou legislativou, zda byl dodržen povolený emisní limit, který stanovuje NV č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod. Bohužel vzorky odebrané v egalizační jímce nemohly být porovnány se vzorky, které byly odebrány v čerpacích stanicích, které čerpají vodu k úpravě na ÚDV Emeran, kvůli menšímu počtu odběrů a neshodujícímu se datu odběru vzorků. Porovnání by bylo zkresleno. Dále je zkoumána účinnost Mn větve, s jakou účinností je Fe a Mn redukován z důlní vody.

Podle studie, kterou jsme prováděli vyšly výsledky na odtoku z egalizační jímky následovně:

U zkoumaných hodnot železa vycházela nejnižší hodnota 0,07 mg l⁻¹ a maximální hodnota 0,32 mg l⁻¹. Podle NV č. 401/2015 Sb. je emisní limit 3 mg l⁻¹. Tento limit nebyl ani jednou překročen a vyhovuje tak plně emisnímu limitu.

Hodnoty manganu v roce 2017 byly překročeny celkem čtyřikrát a nebyl tak dodržen stanový emisní limit 1 mg l⁻¹, který stanoven v NV č. 401/2015 Sb. V červenci roku 2017 odebraný vzorek překročil hodnotu o 0,04 mg l⁻¹, v srpnu o 0,22 mg l⁻¹, v září o 0,34 mg l⁻¹ a v prosinci o 0,04 mg l⁻¹. V roce 2018 byl překročen limit pouze v říjnu o 1,81 mg l⁻¹. Po překročení limitů v roce 2017, byla sjednána náprava, obsluha ÚDV musí každý den kontrolovat hodnotu pH v UN Mn vod a v egalizační jímce. Výsledky z ručního měření se porovnávají s pH metry, kteří řídí dávkování vápenného mléka.

Hodnoty pH se odečítají ze sond, které jsou umístěné v UN Mn vod. Za rok 2017 a 2018 byla průměrná hodnota pH 7,95, kde byla téměř konstantní a splňuje NV č. 401/2015 Sb. V roce 2018 byly větší výchylky naměřeny v květnu 7,03, v listopadu 6,76 a v prosinci 7,13. Jedna z možných variant těchto výchylek je zanešení sond nebo špatná kalibrace, které měří hladinu pH.

Z odebraných vzorků vyplývá, že hodnoty NL nebyly za rok 2017 a 2018 překročeny. Průměrná hodnota NL je 13,25 mg l⁻¹. Hodnota povoleného emisního limitu, která je stanovena v NV č. 401/2015 Sb. je 40 mg l⁻¹. Pouze jednou za měřené období se hodnota NL blížila k povolenému emisnímu limitu v prosinci roku 2017 o hodnotě 37 mg l⁻¹.

Pro sírany není stanovený emisní limit, tudíž se nemusí nijak upravovat. Průměrná hodnota síranů je 759,88 mg l⁻¹. V březnu roku 2018 byla naměřena nejvyšší hodnota 1077,5 mg l⁻¹. Nejlepší metodou pro redukci síranů z vody je biochemická metoda, která by se mohla aplikovat ve VN Mn vod.

Účinnost redukce Fe a Mn v Mn větvi vyšla následovně:

Redukce Fe je velice efektivní. Průměrná účinnost redukce železa je 93,38 %. Účinnost klesla pouze v srpnu roku 2017 na 65,52 % a v dubnu roku 2018 na 24,14 %. Ostatní hodnoty se blíží téměř ke 100 % účinnosti. Naopak redukce Mn už není tak efektivní jako u Fe, průměrná účinnost redukce Mn je pouze 71,53 %, protože Mn je hůře odbouratelný než Fe. Nejnižší účinnost byla naměřena v srpnu roku 2017 a to pouze 20,73 %. Tyto nízké účinnosti redukce Fe a Mn by mohla být způsobena nižší hodnotou pH, která je důležitá pro oxidaci Fe a Mn.

Pro zlepšení stávající situace na ÚDV Emeran bychom zlepšili v několika krocích. Úprava důlní vody na ÚDV je rozdělena do dvou větví NL a Mn. Důlní voda se čerpá hlavně z HČS, která je umístěna na dně lomu, do které se stéká veškerá voda hlavně s vysokým obsahem NL. Výtlačné potrubí má zhruba délku 5 km v závislosti na pohybu porubních front a více než 200 m převýšení terénu, proto je potřeba mít vysoký tlak v potrubí, které zajišťují velmi drahá a výkonná čerpadla. Pro efektivnější čerpání ze dna lomu, by mohly být využity přečerpávající a záchytné jímky, které by byly umístěné v jednotlivých skrývkových řezech. Do těchto záchytných jímek bychom svedli pomocí gravitačních příkopů povrchovou vodu a tím se zabránilo stoku vody až na dno lomu do HČS. Vody, které stékají až na dno lomu, vytvářejí vodní erozi, která má za následek splavování NL. Splavované NL by se postupně zachycovaly v záchytných jímkách, které by se průběžně čistily a rovnou se kal může ukládat na vnitřní výsypku. Dále se mohou použít čerpadla o nižší velikosti a potrubí méně dimenzované na nižší tlaky. Zároveň by nemusela být HČS tak vysokého objemu a tím by nezpůsobovala problémy při následném přesypávání vnitřní výsypkou, kde hrozí problémy sesuvu zeminy v prostorách HČS, a tím ohrožení velkostrojů na výsypné straně lomu.

V Mn větvi bychom mohli zlepšit vyrovnávací nádrže Mn vod. Ve vyrovnávací nádrži se kal shrabuje pomocí shrabovacího mostu do odkalovací kapsy. Z odkalovací kapsy je kal odsáván sacím bagrem, pro tento účel značně neekonomické. Navrhují osadit vyrovnávací nádrž, která je rozdělena na dvě poloviny, dvěma ponornými kalovými čerpadly. Čerpadla budou odsávat kal

přímo do gravitačních zahušťovacích špicí, kde bude kal dál strojově upravován. Tímto krokem odpadne nutnost sacího bagru a čerpadla budou ovládány z velínu ÚDV v automatickém režimu.

Posledním řešením může být zkombinování ÚDV Emeran a biologické čištění důlních vod. Chemické čištění by zůstalo z důvodu vysokého přítoku železitých a manganových vod. Tyto vody by prošly stávající soustavou chemického čištění, kde by vody neodtékaly do egalizační jímky, ale přes provzdušňovací soustavu by protékaly prostorem jednotlivých aerobních mokřadních nádrží. Aerobní mokřad by tak sloužil jako finální dočištění od koncentrací železa a manganu. Aerobní mokřady vytvářejí jednoduché mělké vodní plochy, které se vyznačují osídlením mokřadními rostlinami, z nichž nejvíce dominují rákos, orobinec a sítina.

8. Závěr

ÚDV Emeran slouží jako poslední záchytný stupeň, před vypouštěním důlních vod do recipientu Radčického potoka. Musí splňovat platnou legislativu, hlavně v podobě NV 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přístupného znečištění povrchových a odpadních vod.

Z výsledků sledovaných parametrů vyplývá, že hodnoty NL, železa a pH jsou v souladu s danou legislativou a není nutné potřeba nijak zlepšovat stav stávající úpravy důlní vody. Naopak problémovou složkou je mangan, u kterého byl celkem pětkrát překročen povolený emisní limit pro vypuštění důlní vody do recipientu.

Hodnocení účinnosti Mn větve u odstranění Fe je vynikající v průměru 93,38 %, zatímco u Mn je to o poznání horší, a to v průměru 71,53 %. Odstranění Mn je v účinnosti horší než u Fe, proto by bylo vhodné se na hodnoty Mn zaměřit.

Odstranění manganu lze řešit ve větší míře přidáním vápenného mléka, které nám zajistí dostatečné zvýšení pH a tím dojde ke zlepšené reakci při odbourávání Mn. Variantou je také důsledné přidávání roztoku manganistanu draselného do aeračních nádrží.

9. Seznam literatury, tabulek, grafů a schémat

Arthur R., a kol., 1949: An iron-oxidizing bacterium from the acid drainage of some bituminous coal mines. West Virginia University. 317-328.

Banks D., a kol., 1997: Mine-water chemistry: the good, the bad and the ugly. *Environmental Geology* 32. 157–174

Brabenec J., Hamerník T., 2016: Čerpací stanice Libkovice. *Doly Bílina ročenka 2016*. 26–27.

Černík M., a kol., 2008: Geochemie a remediace důlních vod. Aquatest, Praha. ISBN 978-80-254-2921-1

Dvořák Z., 2013: 20 let Severočeských dolů. Severočeské doly a.s., Most, ISBN 978-80-260-4956-2

Dvořák Z., 2014: Důl Emeran – Břežánky u Bíliny. *Hornické Listy* 2014/04. 26–27.

Grmela A. a kol., 2012: Důlní vody uranových ložisek předplatformních formací České republik. Montanex, Ostrava. ISBN 978-80-7225-372-2

Grünwald A., 1998: Vodárenství. ČKAIT, Praha. ISBN 80-902460-7-9

Hecini L., a kol., 2018: Incidence of Calcic, Sulfates and Phosphates Salts on the Coagulation-Flocculation of Organic Compounds by Aluminium Sulfate. *International Journal of Engineering Research in Africa* Vol. 34. 59-69.

Kos L., 2014: Retenční čerpací stanice. *Doly Bílina ročenka 2014*. 48.

Luxa J., 1997: Z historie hornictví k současnosti dolování na Bílinsku. *Doly Bílina, Teplice*. ISBN 80-238-1766-3

Luxa j., 2002: Historie posledního a největšího lomu na Bílinsku. *Doly Bílina, Teplice*. ISBN 80-238-9890-6

Malý J., Malá J., 1996: Chemie a technologie vody, NOEL 2000 s.r.o., Brno. ISBN 80-86020-13-4

Němec J., 2006: Voda v České republice. Consult, Praha. ISBN 80-903482-1-1

Pitter P., 2009: Hydrochemie. VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-701-9

Tiwary R.K., 2000: Environmental impact of coal mining on water regime and its management. *Water, Air and Soil Pollution* 132. 185–199.

Vocásek P., 2011: Odvodňování na Dolech Bílina. *Hornické Listy* 2011/02. 16–17.

Vrba T., 2013: Úpravna důlních vod Emeran v DB je připravena na větší výkony. Hornické Listy 2013/03. 7.

Vrba T., Wanie R., 2011: Likvidace kalů z jímek čerpacích stanic dolů Bílina. Hornické Listy 2011/05. 4-5.

Wanie R., 2012: Zkapacitnění úpravny důlních vod Emeran. Doly Bílina ročenka 2012. 24–25.

Wanie R., 2013: Čerpání a čištění důlních vod. Doly Bílina ročenka 2013. 22–24.

Younger P.L., 1995: Hydrogeochemistry of minewaters flowing from abandoned coal workings in the Durham coalfield. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology 28. 101–113.

Projektové dokumentace:

Fenclová L., 2013a: PS 09 – Egalizační jímka. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Fenclová L., 2013b: PS 08.1 – Usazovací nádrž. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 8 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Fenclová L., 2013c: PS 07 – Vyrovnávací nádrže pro Mn vody. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2012: DPS 04.5 – Kalové hospodářství. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 9 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013a: DPS 04.4 – Dávkování manganistanu. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 4 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013b: PS 10 – Odkalovací nádrž Bučilka. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013c: PS 06 – Vystrojení nových usazovacích nádrží pro NL vody. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 8 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013d: PS 05 – Vystrojení stávajících UN pro NL vody. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 6 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013e: SO 108 – Nová usazovací nádrž pro Mn vody. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 6 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013f: DPS 08.2 – Aerační nádrže. ARCADIS Bohemiaplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Krupičková L., 2013g: DPS 04.3 – Dávkování flokulantu pro Mn vody. ARCADIS Bohemiplan s.r.o., Plzeň. 6 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Pilař J., 2013: Zkapacitnění ÚDV Emeran na Dolech Bílina. DPS 04.1 – Skladování a doprava vápna. ARCADIS Bohemiplan s.r.o., Plzeň. 12 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Rau T., 2013a: PS 03 – Rozdělovací objekt usazovacích nádrží pro NL vody. ARCADIS Bohemiplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Rau T., 2013b: PS 11 – Vystrojení objektů kalových polí. ARCADIS Bohemiplan s.r.o., Plzeň. 5 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Rau T., 2013c: PS 01 – Rozdělovací objekt VN. ARCADIS Bohemiplan s.r.o., Plzeň. 3 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Provozní řády:

Průša J., 2018: Odběr vzorků vod a evidence objemů vypouštěných vod na DNT. Severočeské doly a.s., Bílina. 15 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Tesař L., Vondrák H., 2013: Manipulační a provozní řád – Úložiště litého granulátu. Severočeské doly a.s., Bílina. 29 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Wanie R., 2015a: Provozní řád Úpravny důlních vod Emeran. Severočeské doly a.s., Bílina. 24 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Wanie R., 2015b: Provozní řád čerpací jámy Emeran. Severočeské doly a.s., Bílina. 18 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Wanie R., 2015c: Provozní řád bezobslužných čerpacích stanic lomu Bílina. Severočeské doly a.s., Bílina. 13 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Wanie R., 2018: Jednotná evidence povrchových, důlních a odpadních vod Dolů Bílina. Severočeské doly a.s., Bílina. 17 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Wanie R., Hlaváček J., 2015: Provozní řád HČS a ČS2 lomu Bílina. Severočeské doly a.s., Bílina. 20 s. „nepublikováno“. Dep.: Severočeské doly a.s.

Legislativní dokumenty:

Krajský úřad Ústeckého kraje, Odbor životního prostředí a zemědělství: Stanovení způsobu a podmínek vypouštění důlních vod z ÚDV Emeran po zkapacitnění. Ústí nad Labem, 2011

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 platném znění.

Vyhláška č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

Zákon č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), v platném znění.

Internetové zdroje:

Hruška J., Kopáček J., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy I. Emise a depozice okyselujících sloučenin (online) [cit. 2009.02.16], dostupné: <http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/ucinky-kyseleho-deste-na-lesni-a-vodni-ekosystemy-1.pdf>

Slovák J., 2003: Přírodní remediační procesy a jejich role při zahlazování následků hornické činnosti (online) [cit. 2003.10.14] dostupné: https://slon.diamo.cz/hpvt/2003/sekce_z/PZ04%20P.htm

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Vypouštění do vod povrchových jsou přípustné tyto koncentrace Fe (Pitter, 2009)	16
Tabulka 2: Stanovený dílčí poplatek (Zákon č. 254/2001 Sb. příloha č. 2).....	18
Tabulka 3: Emisní standardy: přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví (nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č.1 tabulka č. 2).....	41
Tabulka 4: Přípustný počet vzorků nesplňujících v jednotlivých ukazatelích znečištění statisticky formulované limity („p“) ve vypouštěných odpadních vodách v období kalendářního roku (nařízení vlády č. 401/2015 Sb. příloha č. 5).....	42
Tabulka 5: Maximální přípustné hodnoty znečištění pro odpadní vody vypouštěné z vybraných průmyslových a zemědělských odvětví (Krajský úřad Ústeckého kraje, 2011)	42

Tabulka 6: Výsledný rozbor sledovaných parametrů na ÚDV Emeran – Egalizační jímka.....	44
Tabulka 7: Sledovaná účinnost manganové větve při úpravě Fe.....	49
Tabulka 8: Sledovaná účinnost manganové větve při úpravě Mn	51

Seznam grafů:

Graf 1: Obsah NL odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018.....	45
Graf 2: Hodnota pH důlní vody odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018	46
Graf 3: Obsah Fe v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018	47
Graf 4: Obsah Mn v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018	47
Graf 5: Obsah síranů v důlní vodě odebrané z výstupu egalizační jímky ÚDV Emeran v období 2017/2018	48
Graf 6: Graficky znázorněná účinnost úpravy Fe	50
Graf 7: Graficky znázorněná účinnost úpravy Mn.....	52

Seznam schémat:

Schéma 1: Ovládání NL větve (převzato z ÚDV PC schéma ovládání).....	29
Schéma 2: Ovládání Mn větve (převzato z ÚDV PC schéma ovládání).....	31
Schéma 3: Dávkování manganistanu draselného (převzato z ÚDV PC schéma ovládání).....	33
Schéma 4: Dávkování flokulantu pro Mn vody (převzato z ÚDV PC schéma ovládání).....	34
Schéma 5: Usazovací nádrže pro Mn vody (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)	35
Schéma 6: Kalového hospodářství (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)	36
Schéma 7: Egalizační jímka (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)	38
Schéma 8: Egalizační jímky (převzato z ÚDV PC schéma ovládání)	39
Schéma 9: ÚDV Emeran – kompletní schéma (SD Bílina).....	62

Schéma 9: ÚDV Emeran – kompletní schéma (SD Bílina)



10. Přílohy

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Celkový pohled na ÚDV Emeran (vlastní foto)	63
Obrázek 2: Vyrovnávací nádrže – VN1, VN2 a VN3 (vlastní foto).....	64
Obrázek 3: Odkalovací nádrž Bučilka (vlastní foto).....	64
Obrázek 4: Úložné kazety na ukládání LG (vlastní foto)	65
Obrázek 5: Usazovací nádrže UN1 a UN2 pro Mn vody (vlastní foto).....	65
Obrázek 6: Vyrovnávací nádrže VN1 a VN2 pro Mn vody (vlastní foto).....	66
Obrázek 7: Rozplavovací nádrž vápenného mléka (vlastní foto)	66
Obrázek 8: Nátokový kanál, který rozděluje vodu do UN1 a UN2 – detail na železitý povlak (vlastní foto)	67
Obrázek 9: Flokulační stanice Mn vod (vlastní foto).....	68
Obrázek 10: Usazovací nádrž Mn vod – reakce flokulantu (vlastní foto)	69
Obrázek 11: Kalolis (vlastní foto).....	69
Obrázek 12: Gravitační zahušťovací špice (vlastní foto).....	70

Obrázek 1: Celkový pohled na ÚDV Emeran (vlastní foto)



Obrázek 2: Vyrovnávací nádrže – VN1, VN2 a VN3 (vlastní foto)



Obrázek 3: Odkalovací nádrž Bučilka (vlastní foto)



Obrázek 4: Úložné kazety na ukládání LG (vlastní foto)



Obrázek 5: Usazovací nádrže UN1 a UN2 pro Mn vody (vlastní foto)



Obrázek 6: Vyrovnávací nádrže VN1 a VN2 pro Mn vody (vlastní foto)



Obrázek 7: Rozplavovací nádrž vápenného mléka (vlastní foto)



Obrázek 8: Nátokový kanál, který rozděljuje vodu do UN1 a UN2 – detail na železitý povlak (vlastní foto)



Obrázek 9: Flokulační stanice Mn vod (vlastní foto)



Obrázek 10: Usazovací nádrž Mn vod – reakce flokulantu (vlastní foto)



Obrázek 11: Kalolis (vlastní foto)



Obrázek 12: Gravitační zahušťovací špice (vlastní foto)

