



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF  
ENVIROMENTAL PRETECTION

# VLIV TĚŽEBNÍ ČINNOSTI NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ Z HLEDISKA EKOTOXIKOLOGIE

INFLUENCE OF MINING ON ENVIRONMENT IN RESPECT TO ECOTOXICOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

SABINA KOCIÁNOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

MVDR. HELENA ZLÁMALOVÁ  
GARGOŠOVÁ, PH.D.

SUPERVISOR

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0805/2014** Akademický rok: **2014/2015**  
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí  
Student(ka): **Sabina Kociánová**  
Studijní program: Chemie a chemické technologie (B2801)  
Studijní obor: Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)  
Vedoucí práce **MVDr. Helena Zlámalová Gargošová, Ph.D.**  
Konzultanti:

### Název bakalářské práce:

Vliv těžební činnosti na životní prostředí z hlediska ekotoxikologie

### Zadání bakalářské práce:

Vypracovat rešerši zabývající se vlivem těžby a potěžebních rekultivací na ekosystém se zaměřením na biotu akvatického a terestrického ekosystému.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2015

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Sabina Kociánová  
Student(ka)

MVDr. Helena Zlámalová Gargošová, Ph.D. prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.  
Vedoucí práce Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

-----  
prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá vlivem těžební činnosti na životní prostředí se zaměřením na ekotoxikologii. V první řadě byla v práci soustředěna pozornost na celkový dopad těžby uhlí na životní prostředí. Důkladněji práce pojednává o důlních vodách, jejich vzniku a negativních účincích zejména na akvatický ekosystém. V této souvislosti jsou v práci uvedené příklady ekotoxikologického hodnocení tzv. kyselých důlních vod. Rovněž je zde zmíněn legislativní rámec související s problematikou ochrany životního prostředí před důsledky těžební činnosti a tematika věnující se rekultivacím postižených oblastí.

## **SUMMARY**

This thesis deals with an influence of mining on environment from the point of view of ecotoxicology. First focus in the thesis is on overall impact of coal mining on environment. The thesis is especially closely focusing on mine water, its formation and negative influence on aquatic ecosystem. In this connection the thesis mentions examples of ecotoxicological evaluation, so called acidic mining water. The thesis also mentions legislative scope that is related to the issues about protecting environment against impact from coal mining and subject dedicated to restoration of affected areas.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

těžba uhlí, životní prostředí, důlní vody, rekultivace, ekotoxicita

## **KEYWORDS**

coal mining, environment, mine water, restoration, ecotoxicity

KOCIÁNOVÁ, S., *Vliv těžební činnosti na životní prostředí z hlediska ekotoxikologie*.  
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 35s. Vedoucí bakalářské  
práce MVDr. Helena Zlámalová Gargošová, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

podpis studenta

## **PODĚKOVÁNÍ**

*Tímto chci poděkovat vedoucí bakalářské práce MVDr. Heleně Zlámalové Gargošové, Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.*

## OBSAH

1	ÚVOD.....	7
2	HISTORIE TĚŽBY UHLÍ.....	8
3	EKOTOXIKOLOGIE.....	9
4	VLIV TĚŽBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	10
4.1	Ekologické důsledky těžby černého uhlí .....	11
4.2	„Špinavá energie“ .....	12
4.2.1	Zpracování .....	12
4.2.2	Spalování uhlí .....	12
4.2.3	Likvidace .....	13
4.2.4	Požáry uhlí .....	13
4.3	Vliv na vodní prostředí .....	13
4.4	Vliv na ovzduší .....	14
4.5	Vliv na biotu, významné krajinné prvky a územní systém ekologické stability (ÚSES) .....	14
5	DŮLNÍ VODY .....	16
5.1	Kyselé důlní vody „kyselá důlní drenáž“ .....	18
5.1.1	Vznik kyselých důlních vod .....	18
5.1.2	Hliník.....	19
5.1.3	Olovo .....	19
5.1.4	Oxidace pyritu.....	20
5.1.5	Mikroorganismy oxidující minerální horniny.....	20
5.2	Ekotoxicita důlních vod.....	20
5.2.1	Příklady využití ekotoxikologických testů pro posouzení toxicity důlních vod.....	21
5.2.2	Hydrochemie a ekotoxicita AMD v Číně .....	22
5.2.3	Stanovení kovů a vyhodnocení ekotoxicity vod ovlivněné těžbou uhlí .....	23
5.2.4	Chemické a ekotoxikologické posouzení vod z dolu West Cliff v Austrálii.....	24
5.2.5	Ekotoxikologický test vzorků z řeky Urussanga, Brazílie .....	24

6	STAV LEGISLATVY V PROBLEMATICE VLIVŮ TĚŽBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	25
7	REKULTIVACE.....	27
7.1	Ostravsko-Karvinské doly (OKD) .....	28
7.1.1	Historie rekultivací OKD.....	29
7.1.2	Finanční stránka rekultivací.....	29
8	ZÁVĚR.....	30
9	LITERATURA.....	31
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	35

# 1 ÚVOD

Těžba uhlí je nejintenzivnější a nejrozšířenější těžební činnost, která narušuje krajinu. Pro ČR, i pro řadu jiných států, mají ložiska energetických surovin velký význam, protože právě na nich je dosud z velké části závislá výroba elektrické energie. Těžba nerostných surovin provází naši společnost od nejstarších, historicky datovaných období až po současnost a změny v okolním prostředí jsou jevem, se kterým se musí počítat v každé těžební oblasti [1, 2].

V dnešním světě, ve kterém se stále rychleji rozvíjí civilizace, věda i technika, narůstá produkce emisí. Je objevována celá řada nových látek a sloučenin, které nacházejí uplatnění v mnoha výrobních odvětvích. Tyto látky a sloučeniny mohou po ukončení svého životního cyklu zatěžovat životní prostředí. Vzdávající spotřeba lidské populace klade vyšší nároky na potřebu elektrické energie. Ačkoliv je snaha energetickou náročnost jednotlivých technologií snižovat a využívat alternativní zdroje, má výroba elektrické energie z energetických surovin stále podstatný význam [3, 4].

Z těchto důvodů je potřebné zabývat se důsledky těžby na životní prostředí, a to nejenom z hlediska tvorby krajiny v návaznosti na těžbu uhlí, ale i z hlediska dopadu těžby na populace rostlinných a živočišných organismů v dané oblasti žijící a rovněž z hlediska ekotoxikologického.

## 2 HISTORIE TĚŽBY UHLÍ

Historicky nejstarším zdrojem energie bylo dřevo, které bylo relativně snadno dostupné po celém světě. Po čase však došlo ke značenému odlesnění planety a kvůli stále rostoucí spotřebě energie bylo potřeba hledat jiný zdroj energie, kterým se posléze stalo uhlí. Historie těžby uhlí sahá tisíce let zpátky a pokračuje jako důležitá ekonomická aktivita i dnes. Již od 18. století měnilo hornictví ráz krajiny, demografii, sociální podmínky i kvalitu prostředí zcela zásadním způsobem. Těžba uhlí se ve velkém měřítku vyvíjela až během průmyslové revoluce, kdy se uhlí stalo hlavním zdrojem energie pro průmysl a dopravu v průmyslových oblastech. Pravidelné dolování začalo až v 19. století s rozvojem železáren a výstavbou železnic. Do konce tohoto století se pak těžba a aktivity s ní související postupně koncentrují do několika subjektů. Těžební maximum černého uhlí nastalo v 80. letech 20. století, kdy se těžba pohybovala kolem 35 milionů tun ročně. Nyní činí kolem 13 milionů tun za rok. Také vrchol těžby hnědého uhlí datujeme do 80. let minulého století, kdy roční těžba překračovala 90 milionů tun. V současnosti na území České republiky činí okolo 50 milionů tun. Od roku 1970 byly otázky týkající se stavu životního prostředí stále aktuálnější. Začaly se řešit závažné dopady těžební činnosti, mezi které patří zejména devastace a změna reliéfu krajiny a znečišťování ovzduší a jiných složek životního prostředí [1, 5, 6, 7].



### 3 EKOTOXIKOLOGIE

Toxikologie je nauka o škodlivém působení látek na živý organismus. V podstatě je to nauka o jedech, kdy se jedem může stát jakákoliv sloučenina, která vyvolává poruchu biologické rovnováhy charakteristické pro zdraví. Rozhodující je v tomto případě především dávka, protože i vysoce nebezpečné jedy nemusejí v malém množství vyvolat žádné patologické změny. Naopak sloučeniny, se kterými se v životě běžně setkáváme, mohou mít ve velkých dávkách za následek smrt. Ekotoxická je obecně definována jako toxické působení na životní prostředí nebo také toxické působení na živé organismy. Je to vlastnost, která vypovídá o kvalitě chemických látek, odpadů, kontaminovaného horninového prostředí, odpadních vod, stavebních hmot, sedimentů a dalších z hlediska jejich toxických vlivů na životní prostředí. Ekotoxikologie je poměrně mladá mezioborová vědní disciplína na pomezí chemie životního prostředí, toxikologie, ekologie a biologie, o které, jako o samostatném vědním oboru, se hovoří teprve od konce 60. let 20. století. Cílem oboru je vyvíjet metody, které umožňují charakterizovat vliv látek na rostliny, živočichy a bakterie, obecně na živé organismy v životním prostředí. Hodnocení ekotoxicity je zaměřeno na testování akutních a chronických účinků látek na organismy a jejich společenstva, nebo na celé ekosystémy. Akvatická ekotoxikologie, která nás zajímá z hlediska posouzení toxicity důlních vod, zkoumá negativní vliv látek na vodní ekosystémy a na vodní organismy. Při posuzování ekotoxicity musíme znát fyziologické charakteristiky zkoumaného organismu a také podmínky životního prostředí. Dalším důležitým parametrem je čas. Vzhledem k času lze ekotoxikologii rozdělit na retrospektivní, kde je řešena problematika dopadů činností a aktivit, které byly realizovány v minulosti, a jejich budoucí dopad na ekosystém. Nebo se ekotoxikologie může zabývat prevencí znečištění prostředí, v tomto případě mluvíme o ekotoxikologii prospektivní.

Z rozdělení ekosystémů vychází i členění ekotoxikologie, a to na terestrickou a akvatickou. Terestrická ekotoxikologie zkoumá negativní vliv kontaminantů na funkci půdy a půdní organismy v terestrických ekosystémech. Ekotoxikologie akvatická zkoumá negativní vliv kontaminujících látek na vodní ekosystémy a na vodní organismy. [3, 8, 9].

## 4 Vliv těžby na životní prostředí

Těžba a zpracování energetických surovin vždy ovlivňuje životní prostředí, a to jak během vlastní těžby, tak i dlouho po ukončení těžební činnosti. Změny v okolním prostředí jsou jevem, se kterým se musí v každé těžební oblasti počítat. Devastace krajiny je jeden z tíživých problémů území, kterých se těžba uhlí týká. Uhlí je jedno z nejvíce konvenčních fosilních paliv, přičemž uhlí získávané hlubinnou těžbou by mělo být považováno za formu extrémní energie, protože ničí ve velké míře životní prostředí po celou dobu jeho průmyslového životního cyklu. V České republice můžeme na vlastní oči vidět následky těžby, kdy vlivem povrchové těžby hnědého uhlí vznikla na dotčených místech téměř měsíční krajina. Povrchová těžba hnědého uhlí měla od počátku negativní vliv na krajinu a životní prostředí. Tento negativní dopad se projevoval hlavně velkým záborem půd a rušením sídel, dále vznikem vytěžených lomových prostor velké rozlohy, navršením výsypek, narušením povrchové vodní sítě a poklesem hladiny podzemní vody. Postupem času, s rozvojem průmyslu navazujícího na těžbu, docházelo ke komplexnímu znečištění prostředí a znehodnocení zemědělské a lesnické produkce a také hygienické a estetické hodnoty krajiny ve velkém rozsahu. V dalších oblastech, kde se těží černé uhlí, se nesetkáme se vznikem rozsáhlých jam, ale naopak se zde tvoří doslova obří haldy, což jsou umělé násypy z materiálu, který je již dále nepotřebný. Někdy je tento používán k zaplnění vytěžených podzemních prostor. Dalším problémem v místech těžby černého uhlí, jsou kromě vytváření nepřirozených prvků krajiny, také postupné propady poddolovaného území. Kromě znečištění ovzduší při spalování uhlí, vznikají stovky milionů tun tuhých odpadů ročně, včetně popílku, popelu a spalin. Těžba a spalování uhlí má závažné dopady na zdraví člověka. S hlušinou se na haldy dostávají kromě určitého množství uhlí také různé uhelné příměsi, které na vzduchu podléhají rychlé oxidaci a zapříčiňují tak proces samovznícení. Těžba uhlí patří mezi nebezpečné činnosti a seznam těžebních katastrof není zanedbatelný, ať už se jedná o otravu plynem, střešní kolaps, což je prolomení stropu v těžební štole, či výbuchy plynů. Ještě do druhé poloviny minulého století se těžební podniky nezabývaly dopady svých aktivit. Dnes si však mnoho podniků, z hlediska regulí zákona České republiky, uvědomuje svou odpovědnost za kvalitu života v regionu a okolním prostředí. Z tohoto důvodu věnují každoročně nemalé množství financí na sanaci a rekultivaci krajiny historicky ovlivněnou těžbou [2, 10].

Na obrázku č. 1 lze vidět vývěr důlní vody z dolu sv. Anny, po jehož důlní činnosti se do dnešní doby zachovalo velké množství hald, zářezů a šachet. Voda ze štoly odtéká do potůčku Krahbachu, který se vlévá do řeky Svatavy [11].



*Obr. č. 1: Znečištění životního prostředí důlní činností [11]*

#### **4.1 Ekologické důsledky těžby černého uhlí**

Do životního prostředí přichází řada látek, které jsou pro daný ekosystém a organismy v něm žijící cizorodé. Toxický účinek poté závisí na modifikaci látky v prostředí, látka je v prostředí transportována v závislosti na svých fyzikálně chemických vlastnostech mezi jednotlivými složkami prostředí, rovněž může docházet k transformaci. Ovzduší a voda se řadí mezi média, která transportují látky rychle a na velké vzdálenosti, naproti tomu sedimenty a půdu lze prakticky považovat za dlouhodobé rezervoáry škodlivin, jelikož u nich není rychlost transformace většiny látek tak výrazná. V případě poškození funkčnosti ekosystémů dochází ke snížení jejich schopnosti plnit pro člověka důležité funkce jako např. produkční funkci půd, poskytnutí kvalitní pitné vody, poskytnutí biotických surovin, dřeva a zemědělských plodin [9, 12].

Do oblasti ekologických důsledků těžby černého uhlí spadají mimo jiné vznik antropogenní tvarů reliéfu přímo spojených s hornickou činností. Patří sem montánní tvary reliéfu (poklesové kotliny, odvaly) a industriální tvary reliéfu (kalové nádrže, manipulační plochy). Z hlediska kvality životního prostředí patří k nejzávažnějším důsledkům těžby rovněž emise důlních plynů, znehodnocení povrchových i podzemních vod, vykácení stromů, vznik nebezpečných odpadů, hlušiny, kontaminace krajiny, důlní otřesy a mnoho dalších. Nejdůležitějším aspektem pro nápravu krajiny po hlubinné těžbě je rekultivace, což je proces, který usiluje o obnovení funkčnosti zasaženého ekosystému dle požadavků a norem veřejné správy [13].

## **4.2 „Špinavá energie“**

Neexistuje nic takového jako „čisté uhlí“, uhlí znečišťuje životní prostředí ve všech fázích jeho průmyslového životního cyklu: těžba, zpracování, přeprava, pálení a likvidace [13].

### **4.2.1 Zpracování**

Při procesu zpracování se může do vzduchu uvolnit uhelný prach, což přispívá ke zvýšenému výskytu onemocnění dýchacích cest. Nejvíce jsou v tomto případě zasaženi lidé z okolí místa těžby. Při důlní těžbě černého uhlí dochází k úniku kapalného odpadu, který je následně uchováván v umělých nádržích, kde dochází k průsakům. Tento způsob „likvidace“ samozřejmě představuje riziko pro podzemní a povrchové vody [13].

### **4.2.2 Spalování uhlí**

Spalování uhlí je také hlavní příčinou smogu, kyselých dešťů a znečišťování ovzduší toxickými látkami. Uhelne elektrárny uvolňují do ovzduší celou řadu znečišťujících látek jako oxid uhličitý, oxid siřičitý, oxidy dusíku, arsen, olovo, rtuť a jiné. Oxid siřičitý reaguje s vodou za tvorby kyseliny siřičité, jestliže se dostane do atmosféry, reaguje s vodní párou a vrací se na zem ve formě kyselých dešťů. Hlavní příčinou kyselých dešťů je tedy znečištění ovzduší z uhelných elektráren. Emise z uhelných elektráren představují největší antropogenní zdroj CO<sub>2</sub> a tím výrazně přispívají ke globálnímu oteplování. V současné době je však v řadě vyspělých zemí snaha omezit tyto emise a využívat poměrně nákladné technologie pro minimalizaci emisí znečišťujících látek. Dalším rizikem je tepelné znečištění vodního ekosystému způsobené vodou, která je vypouštěna z chladících věží uhelných elektráren. Takto pozměněné vody mohou být pro ryby letální, dále mohou podporovat nadměrný růst řas a samozřejmě ovlivňují celý akvatický ekosystém [13, 14].

### **4.2.3 Likvidace**

Při likvidaci uhlí se uvolňují látky jako arzen, rtuť, olovo a další kovy, či radioaktivní látky. Podle vědeckých průzkumů se uhelným prachem uvolní do životního prostředí více radioaktivity než jaderným odpadem [13].

### **4.2.4 Požáry uhlí**

Náhodné požáry v těžebních oblastech jsou poměrně časté, jelikož vznikají pod povrchem je nemožné je uhasit a v dnešní době hoří pod zemí po celém světě tisíce slojí. Následně mohou způsobit propad půdy a vznik kouřových plynů, které jsou mimo jiné životu nebezpečné, navíc mohou vystupovat prasklinami na povrch a vytvářet tak povrchové požáry. Požáry mohou trvat i stovky let a je prakticky nemožné je uhasit [13, 15].

## **4.3 Vliv na vodní prostředí**

Znečištění vody, spojené s využíváním uhlí má negativní dopady na životní prostředí a organismy v něm se vyskytující. Ke kontaminaci vod dochází jak při samotné těžbě, tak i při zpracování, pálení a skladování uhlí. Při těžbě hnědého uhlí bývá často pozmeněna kvalita podzemních vod. Dochází v ní zejména ke zvyšování obsahu minerálních látek. Tyto důlní vody z povrchové těžby uhlí jsou charakteristické nízkou hodnotou pH, vysokou tvrdostí, vysokými obsahy iontů železa, vysokou koncentrací rozpuštěných suspendovaných látek a mimořádně nízkými obsahy organických látek, přičemž tato kontaminace může být i dlouhodobá. Těžba ovlivňuje i hydrologické poměry v krajině. Dešťové vody z nezpevněných ploch zasakují běžně do terénu, avšak díky těžebním zásahům se infiltrace srážek k hladině podzemní vody rapidně urychlila. Další problémy při povrchové těžbě hnědého uhlí spojené s kvalitou vody opouštějící prostředí dolů vznikají v důsledku kontaminace důlní vody rozpuštěnými látkami. V případě hnědouhelných dolů na severu Čech jsou to především sírany. Za aerobních podmínek a za přítomnosti chemiautotrofních bakterií nastává oxidace disulfidicky vázané síry na sírany a takto se významně snižuje pH. Z těchto důvodů je nutno kyselé důlní vody před jejich vypuštěním do toků upravovat. Při těžbě v povrchovém lomu vznikají rovněž průmyslové odpadní vody; jedná se o odpadní vody z čistírny zaolejovaných vod, z čistírny mourových vod a z čistírny kolové a pásové techniky [16, 17].

Ochrana vod před kontaminací, povodněmi, ale i zajištění rovnováhy mezi potřebou a kapacitou zdroje je ošetřeno zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, jinak nazývaný vodní zákon. Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody a také vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a ucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství [18].

#### **4.4 Vliv na ovzduší**

Uhlí a jeho odpadní produkty (včetně popílku, popela a strusky) uvolňují přibližně 20 toxických látek včetně arzenu, olova, rtuti, niklu, vanadu, beryllia, kadmia, barya, chromu, mědi, molybdenanu, zinku, selenu a radia, které jsou pro životní prostředí nebezpečné. I když jsou tyto látky emitovány ve stopovém množství, vzhledem k celosvětovému objemu spáleného uhlí, je celkové množství těchto látek výrazné [17].

Při těžbě a úpravě surovin dochází k rozsáhlému znečišťování atmosféry. Většina znečišťujících látek se usazuje v blízkém okolí zdroje, ale aerosoly a částice menší 0,005 mm zůstávají v ovzduší trvale a mohou se rozptýlit do vzdálenosti až 2000 km od zdroje znečištění. Reakce probíhající při transportu znečišťujících látek se odehrávají především v troposféře. Množství látky, které je nakonec zachyceno složkou ekosystému, je dáno koncentrací škodlivé látky v ovzduší, prouděním vzduchu a klimatickými faktory. Pro ekotoxikologické hodnocení slouží rozptylové, jinak řečeno imisní, studie, jedná se o matematické modely prognózy imisní situace. Tímto lze zhodnotit krátkodobé i průměrné koncentrace látek v ovzduší. Výsledkem rozptylových studií jsou mapy rozložení imisních koncentrací sledovaných látek [12, 19].

#### **4.5 Vliv na biotu, významné krajinné prvky a územní systém ekologické stability (ÚSES)**

Těžba černého uhlí – nový dobývací prostor, paří mezi záměry, které vždy podléhají posuzování vlivů na životní prostředí podle zákona č. 100/2001 Sb, o posuzování vlivů na životní prostředí v kategorii I. U těchto záměrů musí vždy proběhnout celý proces posouzení EIA (*Environmental Impact Assessment* - vyhodnocení vlivů na životní prostředí). Pro objektivní posouzení vlivu provozu povrchové těžby hnědého uhlí, musí autorizovaná osoba zpracovat biologické posouzení dané lokality a vypracovat seznam rostlinných a živočišných taxonů vyskytujících se na dotčeném území. Pokud se na posuzované lokalitě vyskytují chráněné druhy rostlin a živočichů, je nutno požádat krajský úřad o vydání výjimky

z ochranných podmínek ohrožených zvláště chráněných druhů rostlin či živočichů. V některých případech je vhodné také zvážit převoz zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů. Mezi významné krajinné prvky přírody se řadí mj. lesy, které se často vyskytují na hodnocených lokalitách. Po ukončení těžby se plochy lesa, v rámci rekultivačních činností, v drtivé většině případů obnoví. Na plochách, které jsou navrženy pro povrchovou těžební činnost, se většinou nenachází žádné prvky ÚSES, které by mohly být nepříznivě ovlivněny [16].

## 5 DŮLNÍ VODY

Za důlní vody jsou považovány všechny povrchové, srážkové a podzemní vody, které pronikly do důlních prostorů. Vymezení pojmu „důlní vody“ je poměrně široké a legislativní aplikace jsou někdy značně složité. Hlavním kritériem, kterým lze důlní vody definovat, je důlní prostor, do kterého všechny podzemní, povrchové i srážkové vody vnikly, a to bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku, či prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejího spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. Důlními prostory jsou všechna důlní díla a dále vyrubané, zavalené nebo založené prostory v hlubinných dolech, prostory po vytěženém ložisku v lomu, hliništi nebo po těžbě štěrku a písků z vody. Důlní voda, což je veškerá voda, která se nachází v dole, musí být nezbytně odčerpávána, a to hlavně z hlediska bezpečnosti důlního provozu. Díky úpravě kontaminované vody z uhelného dolu můžeme zabránit vážnému poškození ekosystému a tato voda může být znovu použita pro jiné účely.

V posledních letech dominují v diskusích především otázky související se stále přísnějšími směrnici na ochranu podzemních a povrchových vod. Zejména se jedná o Rámcovou směrnici o vodě, která představuje jednu z nejsložitějších směrnic tvořenou Evropskou komisí, která pokrývá celou oblast životního prostředí. Důvodem vzniku této směrnice je sjednocení různých způsobů stávající ochrany vod a prosazování integrované péče o životní prostředí. Účelem této směrnice je stanovit rámec pro ochranu vnitrozemských povrchových vod, brakických, pobřežních a podzemních vod. Jejím cílem je především zabránit dalšímu zhoršování stavu a ochránit a zlepšit stav vodních ekosystémů a vodního prostředí, podpořit udržitelné užívání vod, zjistit snižování a znečišťování podzemních vod a přispět ke zmírnění účinku povodí a období sucha. Tato směrnice rovněž ukládá požadavek na zřízení registru chráněných území na ochranu povrchových a podzemních vod nebo zachování stanovišť a druhů živočichů a rostlin na vodě přímo závislých [20].

V devadesátých letech minulého století byla v Čechách a na Moravě uzavřena řada hlubinných dolů. Některé z těchto dolů byly zatopeny, a za nějaký čas v těchto důlních vodách vzrostla koncentrace rozpustných látek, které zatěžují přírodu. Studie, které se zabývaly případnými negativními dopady důlních vod na ekosystém, odhadovaly, že koncentrace těchto sloučenin po zatopení dolů zůstanou na stejné úrovni, avšak oproti očekávání došlo po několika měsících k výraznému zvýšení koncentrace sledovaných látek téměř na všech sledovaných lokalitách. Než se voda dostala do těžebních prostor, bylo



horninové prostředí dotováno atmosférickým kyslíkem a horninové i rudní minerály oxidovaly. Produkty oxidace z velké části zůstávají na místě a to např. v podobě hydroxidů železa nebo manganu. Poté co dojde k zatopení dolu, se oxidované látky dostanou opět do redukční zóny a produkty oxidace se začnou rychle rozpouštět. Tímto způsobem se mohou do vod dostat sírany, chloridy i jiné soli. Typické jsou sezónní výkyvy koncentrací, kdy nižší jsou na přelomu jara a léta, a nejvyšší v létě. Původ těchto výkyvů není zcela objasněn, víme však, že nejsou způsobeny přímým důsledkem kolísání teploty ani srážek. Dalším charakteristickým prvkem je odlišný dlouhodobý trend, kdy koncentrace železa, manganu a dalších kovů klesnou během několika let po zatopení ložisek, zatímco koncentrace síranů a chloridů přetrvávají beze změny. Důlní vody, které vyvěrají, mohou vzhledem k vysokému obsahu koncentraci solí a znovu srážených hydroxidů zlikvidovat koryše a ryby, a to i v tocích vzdálených několik kilometrů od místa vývěru. V přírodě se důlní vody často projevují rezavě zbarvenými slizovitými povlaky nebo krustami [21].

Příkladem producentů důlních vod v České republice je důlní společnost OKD, a.s, která působí v Moravskoslezském kraji a také patří k největším znečišťovatelům podzemních vod, půd i ovzduší. Podle Integrovaného registru znečištění v roce 2013 tato společnost vypustila 40 965 808,68 kg/rok chloridů do vod. Vzorke vod byly odebrány z následujících dolů: Důl ČSM, Důl Karviná – lokalita Lazy, Důl Karviná, závod ČSA – lokalita Jan-Karel, Důl Karviná, závod ČSA – lokalita Doubrava. Mezi další znečišťující látky v odpadních vodách patří kadmium, jehož množství za rok bylo 9,62 kg a rtuť – 2,89 kg/rok. Uvedené hodnoty byly naměřeny v dole Darkov v roce 2012. V následujícím roce 2013 se mezi znečišťujícími látky již nevyskytovalo kadmium ani rtuť, zůstaly pouze chloridy, jejichž množství bylo oproti roku 2012 dosti nižší. Základními sledovanými kvalitativními parametry důlních vod, které jsou čerpány na povrch a vypouštěny do povrchového toku řeky Ostravice, jsou koncentrace síranů a chloridů. Tyto ukazatele byly od počátku stanoveny jako indikační a proto byly následně sledovány. Postupem času se začal sledovat také obsah železa, a to zejména z důvodu vizuálního efektu v oblasti vypouštěcího objektu. Hlavním zdrojem síranů v důlních vodách je rozklad pyritu v uhelné hmotě a okolním horninovém prostředí. Oxidace pyritu probíhá i při minimální vlhkosti při spolupůsobení aerobního prostředí, při nedostatku kyslíku aktivita mikrobů naopak klesá, popř. zaniká úplně. Zdrojem chloridů v důlních vodách Ostravsko-Karvinského revíru jsou vesměs jen přítoky podzemních vod z miocéních uloženin a z karbonu či jeho hlubšího podloží [8, 41].

## **5.1 Kyselé důlní vody „kyselá důlní drenáž“**

Jsou to důlní vody s nízkým pH, což je způsobeno oxidací sulfidů. Kyselé důlní vody patří mezi jednu z hlavních příčin znečištění podzemních i povrchových vod. Řada vodních toků je znečištěna kyselými důlními vodami, které vytékají z již nečinných dolů. Po ukončení těžby jsou důlní prostory zaplaveny podzemní vodou, která byla během těžby odčerpávána, a tím se z okolních hornin začnou uvolňovat některé prvky. Mezi ty, které se v důlních vodách vyskytují v nadměrných koncentracích, nejčastěji patří železo, mangan, síra a podle jejich koncentrace se hodnotí míra rizika pro životní prostředí. Tyto kontaminanty je nutné z povrchových toků odstranit, avšak jejich likvidace je finančně náročná a dlouhodobá záležitost. Charakteristickými pojmy, které se vyskytují ve spojitosti s nízkou hodnotou pH vod jsou acid mine drainage (AMD) překládaný v odborné literatuře k dané problematice několika způsoby; jako kyselé důlní průsakové vody nebo popř. kyselý důlní odtok a acid rock drainage (ARD) – kyselý horninový odtok. Kyselý důlní odtok je jedním z nejzávažnějších hrozeb pro akvatický ekosystém. Jeho existence trvá několik desítek let od začátku oxidace sulfidů, ojediněle může trvat i několik tisíciletí. Je to běžná znečišťující matrice, která vzniká, když jsou horniny a rudy vystaveny působení atmosférického kyslíku, a to buď při těžbě kovových rud (např. Fe, Cu, Zn, Pb, As, U), síry nebo těžby uhlí. Kyselá voda, která je z dolu vypouštěna, může poškodit mnoho ekosystémů, řek i potoků. ARD se přirozeně vyskytuje jako součást procesu zvětrávání, které jsou charakteristické pro hornictví a další činnosti, a to obvykle v horninách které hojně obsahují sulfidické minerály [22].

### **5.1.1 Vznik kyselých důlních vod**

Voda patří k nezranitelnějším složkám životního prostředí. Dobýváním nerostných surovin kontaminujeme a narušujeme hydrologickou rovnováhu podzemních vod, které následně ovlivňují kvalitu toků povrchových [22].

V průběhu těžby se dostává horninový materiál do kontaktu s kyslíkem, a pokud horninový materiál obsahuje sulfidické materiály, dochází k jejich degradaci. Důlní prostory se při nedostačujícím odčerpávání vod popřípadě po ukončení těžebního procesu zaplní vodou a dochází k vyluhování přeměněných sulfidických materiálů, čímž se důlní vody stávají kyselými, jsou mineralizované a v první řadě obsahují železo a mangan ve vysokých koncentracích. Škodlivost vyluhovaných kovů je na mnoha místech podporována bakteriálními procesy, které vyluhovací procesy zintenzivňují, a to především v místech nad

ustálenou hladinou důlních vod, v důlních prostorech a všude tam, kde jsou produkty bakteriálního loužení přirozenou cestou odmyvány do důlních vod [23].

Důlní vody s vysokou koncentrací sulfidů a rozpuštěných kovů prosakují z důlních prostorů a tím mohou kontaminovat půdu a povrchovou vodu. Kyselá voda je velmi toxická pro rostliny a živočichy ve vodním ekosystému nejen s ohledem na nízkou hodnotu pH, ale i vzhledem k tomu, že nízké pH výrazně ovlivňuje rozpustnost celé řady toxických kovů jako je Al, Fe, Pb, Cr aj. Z výše uvedeného vyplývá, že jestliže se tato kyselá voda dostane do přírodních toků, může je významně poškodit [24].

### **5.1.2 Hliník**

Vlivem kyselých srážek a silně kyselých důlních vod se zvětšuje migrace hliníku v půdě, což je také jednou z příčin vzrůstu koncentrace hliníku v podzemních a povrchových vodách. Vyskytuje se ve vodě v rozpuštěné nebo nerozpuštěné formě, jako anorganický nebo organicky vázaný. Hliník byl v dřívějších dobách považován za relativně neškodný prvek, ale výzkum ukázal, že jeho různé formy v přírodě jsou toxické. Toxicita hliníku je pro vodní organismy silně ovlivňována obsahem dalších látek ve vodním prostředí. Ve vodě s nízkou koncentrací iontů vápníku a hořčíku stejně jako ve vodě s nízkým pH se toxicita projevuje nejsilněji. Nízké i vysoké hodnoty pH, což jsou hodnoty nižší než 4 a vyšší než 8, zvyšují rozpustnost hliníku ve vodě, a tedy i jeho dostupnost a jedovatost pro organismy. U hliníku byla prokázána fytotoxicita [25, 26].

### **5.1.3 Olovo**

Olovo má vysoký akumulární koeficient a významně se proto hromadí nejenom v plaveninách, sedimentech a kalech, ale i v biomase mikroorganismů rostlin. Pro svou toxicitu je ve vodě velmi závadné. Toxicita olova pro ryby a ostatní vodní organismy je silně ovlivněna kvalitou vody. Závisí na rozpustnosti sloučenin olova a na koncentraci vápníku a hořčíku ve vodě [25, 26].

#### **5.1.4 Oxidace pyritu**

Pyrit je železný sulfid a sulfidy jsou ve velké míře spojovány se zhoršením životního prostředí. Sulfidy působením atmosférického kyslíku za přítomnosti vody vytvářejí sloučeniny, které se nazývají sírany. Tyto sloučeniny mohou znečistit povrchové toky a tím i životní prostředí [22]. Pro přímou oxidaci pyritu je však potřebný atmosférický kyslík, pokud není pyritický materiál v kontaktu s kyslíkem a vodou, je oxidaci pyritu zabráněno, a proto nedojde k vytvoření kyselého prostředí [22].

V důlních vodách se vyskytují i jiné kovy, kromě železa obsaženého v pyritu, které jsou vázané v sulfidech. Existuje celá řada sulfidů kovů, které dokážou uvolnit iont kovu do roztoku a to: sfalerit, galenit, millerit, covellin a chalkopyrit [27].

#### **5.1.5 Mikroorganismy oxidující minerální horniny**

Dalšími činiteli, kteří se podílejí na vzniku kyselých důlních vod, jsou sírné bakterie, které oxidují anorganické sírné látky na kyselinu sírovou. S těmito procesy se můžeme setkat v aktivních i opuštěných dolech a také v důlních odpadních vodách. Nejznámější ze všech mikroorganismů, které degradují minerální horniny, patří *Acidithiobacillus ferrooxidans*, který byl popsán jako první bakterie oxidující pyrit. Tato bakterie byla dlouho považována za nejvýznamnější bakterii oxidující minerály, ale v současné době jsou nám známé i další bakterie [27].

### **5.2 Ekotoxicita důlních vod**

Z výše uvedeného vyplývá, že důlní vody, co do množství představují velkoobjemovou matici, která může mít na ekosystém nezanedbatelné dopady. Z těchto důvodů se budou dále zabývat vlivy těchto vod na organismy akvatického prostředí prostřednictvím studií z různých zemí, kde probíhá, popřípadě probíhala intenzivnější těžební činnost. Studie se vesměs zabývaly důsledky vypouštění důlních vod právě prostřednictvím testů ekotoxicity. Obecně se ekotoxicita posuzuje prostřednictvím tzv. ekotoxikologických testů, kdy je testovací organismus vystaven různým koncentracím testovaných látek, odpadů, půd atd. Ekotoxické testy a tedy posouzení vlivů kontaminované matrice, v tomto případě důlních vod, je nezbytné provádět v zemích, kde těžba buď probíhá, nebo již byla ukončena, ale oblast nebyla dostatečně sanována – a to i v okolních obcích, kde by mohlo dojít ke kontaminaci životního prostředí [28].

Základním nástrojem ekotoxikologické práce jsou testy toxicity sloužící k zjištění nebo odhadu možného toxického vlivu testovaných látek či směsných vzorků na živé organismy a obecněji rovině na životní prostředí. Test toxicity je experimentální metoda, pomocí které hledáme odpověď organismu na expozici toxickou látkou. Z hlediska praktické aplikace se dělí do dvou skupin: 1) testy toxicity cílené na odhad možných toxických účinků na člověka  
2) testy toxicity, od kterých očekáváme informace na možné nepříznivé účinky látek a jejich směsí na životní prostředí

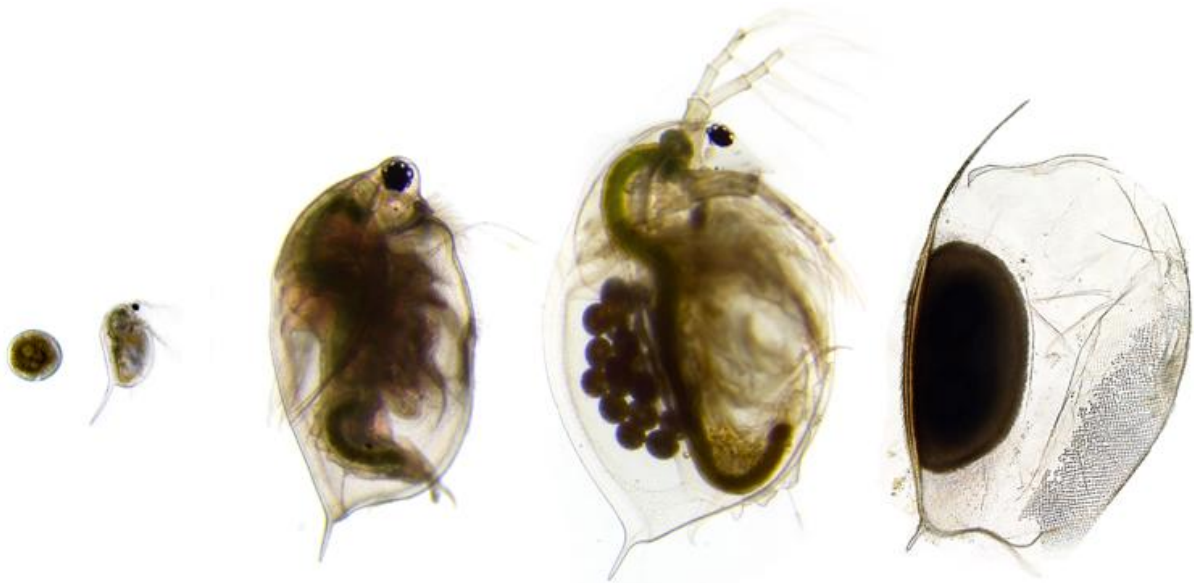


Obr. č. 2: Odtok důlních vod znečišťující vodní ekosystém [29]

### 5.2.1 Příklady využití ekotoxikologických testů pro posouzení toxicity důlních vod

Jak již bylo v kapitole 5.1 uvedeno, je vznik kyselého důlního odtoku závažným ekologickým problémem, který byl zaznamenán už v historii těžby uhlí. Pro testování toxicity AMD je jako testovací organismus často prezentována *Daphnia magna*. AMD obsahují směsi toxinů a rychlý, citlivý biotest je cenný pro posouzení toxicity v terénu. Důvodem použití právě *D. magna* pro test ekotoxicity je její relativně krátká životnost, vysoká plodnost a snadnost manipulace v laboratoři. Právě citlivost tohoto organismu na znečištění z něj dělá cenný indikátor. Testy se mohou provádět na larválním či embryonálním stádiu, které jsou citlivější

než testy prováděné na dospělých organismech. Ke zkoumání ekotoxicity vod, byl vyvinut 24h test, právě na zmiňované perloočce *D. magna*, který k výzkumu využívá její 3. vývojové stádium. V první fázi produkuje *D. magna* homogenní hnědá vejce, které putují z jejich vaječníků do snášející komory a následně, kdy vejce dorazí do plodiště, je patrné již oddělené vnitřní a vnější vaječné membrány. Ve fázi druhé je zřetelná diferenciacie těla a hlavy, tvorba antén a výskyt dvou růžových očí v oblasti hlavy. To všechno v rozsahu zhruba 48 hodin po doputování plodu do komory. V třetí a tudíž poslední fázi vývoje, která byla využita v této studii k hodnocení ekotoxicity prostřednictvím sledování úspěšnosti líhivosti, dochází ke spojení obou očí, aby vytvořily monokl. Jednou z výhod navrženého testu je rychlost, při které je toxicita určená, a to může pomoci účinně řešit dopad znečišťujících látek, které mají krátkou životnost. Výsledkem testu bylo zjištění, že původní 100% úspěšnost v líhivosti perlooček v nekontaminovaných vodách se snížila na 0 % ve vodách, které byly kontaminací postiženy nejvíce. Je předpokládáno, že tento test bude obecně použitelný pro stanovení toxicity AMD i pro jiné směsi znečišťujících látek [30].



Obr. č. 3: Vývojová stádia *Daphnia magna*, na které byly prováděny testy ekotoxicity [31]

### 5.2.2 Hydrochemie a ekotoxicita AMD v Číně

Další testy na posouzení ekotoxicity vody, ovlivněné AMD byly provedeny v Číně, a to během rozsáhlých povodních. Proud vody byl ovlivněn AMD z dolu Dabaoshan a to až do vzdálenosti 25 km od místa vývěru důlní vody. Vliv AMD na životní prostředí ovlivňují v jisté míře také podmínky klimatické, hydrologické, geomorfologické, geologické

a biologické. Tyto faktory mohou výrazně ovlivnit rychlost okyselení vod a způsob transportu toxických látek, a proto se očekává, že charakteristika AMD se bude lišit z místa na místo. Testy byly prováděny v mimořádně degradované krajině v Číně, kde nelegální těžba byla mimo kontrolu několik let. Odpadní vody z této nezákonné těžby měly negativní dopad na životní prostředí, a urychlily tak jeho degradaci. Pro odběr vzorků znečištěné vody byly vybrány tři stanice. První se nacházela cca 3,5 km od místa vývěru důlní vody, druhá byla v délce 16 km po proudu od místa vypouštění a třetí stanice se nacházela v bodě vzdáleném 25 km. Výzkumy ukázaly, že hlavními kovy, které způsobují toxicitu v AMD ovlivněných vodách, jsou Fe, Zn a Al. Koncentrace těchto kovů klesala po proudu zkoumaného toku. Zkouškou akutní toxicity bylo zjištěno, že 3,5 km po proudu od místa vypouštění důlních vod do toku, bylo prostředí pro testovací organismus *D. magna* vysoce toxické. V místě vzdáleném 25 km po proudu od místa vypouštění, bylo pH vody stanoveno na 5,75 a tyto vody rovněž vykazovaly jistý toxický účinek na testovací organismus. Tímto testem AMD na perloočkách bylo dokázáno, že akvatický systém byl významně ovlivněn a poškozen důlní činností [32].

### **5.2.3 Stanovení kovů a vyhodnocení ekotoxicity vod ovlivněné těžbou uhlí**

Účinky AMD na vodních plochách mohou přetrvávat po více než století a to i několik desítek km daleko od vývěru znečištění. Koncentrace kovů, v regionu ovlivněném těžbou uhlí, byla stanovena ve vodě a v sedimentech pomocí X-ray fluorescenčního spektrometru. Vzorky byly odebrány v pěti různých stanicích na řece Mae Luzia, která se nachází na jihu Brazílie. Toxicita vod a sedimentů byla také hodnocena pomocí biologických zkoušek na novorozencích *D. magna* jako testovacím organismu. Podmínky byly považovány za toxické, jestliže mortalita byla vyšší než 12,5 % oproti kontrole. V nejvyšších koncentracích se vyskytovalo železo, a to jak ve vodě, tak i v sedimentech. Výsledky naznačují, že těžba uhlí má vliv na vodní prostředí, což ukazuje jasný vztah mezi obsahem kovu a ekotoxicitou. Podle vyhodnocených testů nebyl ve vodě odhalen chrom ani olovo, naopak vysoké koncentrace byly zjištěny u železa či niklu. Přítomnost manganu ve vodě byla velmi nízká, na druhé straně, koncentrace dvojmocného a trojmocného železa byla alarmující. Jejich hodnota dosáhla prahu LC50 (8,6 – 13mg/l), tudíž koncentraci která je toxická pro 50 % testovacích organismů, v našem případě *D. magna* [33].



#### **5.2.4 Chemické a ekotoxikologické posouzení vod z dolu West Cliff v Austrálii**

Odběry vzorků byly provedeny ze čtyř míst u Brenanského potoka a řeky Georges vždy v určitém intervalu po dobu jednoho měsíce. Vzorky byly analyzovány chemicky spolu s ekotoxikologickým testováním pomocí organismů s odlišnou akutní úmrtností. Na test byly použity tyto organismy: *Melenotaenia duboulayi*, *Ceriodaphnia dubia*, *Paratya australiensis*. Vzorky z Brenanského potoka neměly na *Ceriodaphnia dubia* a *Paratya australiensis* žádné akutní účinky. Úmrtnost byla pozorována pouze na larvách *Melenotaenia duboulayi* v koncentracích vyšších 30 %. Výsledky testování vzorků z řeky Georges byly téměř shodné se vzorky z Brenanského potoka. Úmrtnost larev *Melenotaenia duboulayi* byla pozorována opět v koncentracích vyšších 30 % [34].

#### **5.2.5 Ekotoxikologický test vzorků z řeky Urussanga, Brazílie**

Zkoušky akutní toxicity na korýších *Artemia sp.* a *Daphnia magna* byly použity pro vyhodnocení škodlivých účinků na organismy vystavených znečištěnému životnímu prostředí. Provedení testu na korýších má své výhody, včetně velkého reprodukčního potenciálu, snadného získání na trhu a nenáročnost v laboratoři. Byly využity také testy na *Allium cepa L.* jako bioindikátoru pro ekotoxikologické vyhodnocení kontaminovaného prostředí různými látkami včetně kovů. Došlo k bioakumulaci znečišťujících látek v různých tkáních, jako jsou kořeny či listy této rostliny a k inhibici růstu kořenu. Rovněž testy na *A. cepa* prokázaly genotoxický účinek a důsledky oxidačního stresu. Testování na *A. cepa L.* poskytuje výhody jako je citlivost, reprodukovatelnost, krátkou dobu odezvy a nízké náklady. Na tomto organismu bylo pozorováno, že neupravená voda shromážděná z různých odběrových míst podporovala výraznou inhibici růstu kořenů. Výsledky studie dále prokázaly, že vzorky vody odebrané na řece Urussanga vykazovaly toxicitu pro *Artemia sp.*, *Daphnia magna* i *Allium cepa L.*, kde došlo k poškození plazmidové DNA, pravděpodobně v důsledku kyselosti vody a přítomnosti kovů [35].



## **6 STAV LEGISLATIVY V PROBLEMATICE VLIVŮ TĚŽBY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

Legislativa k hodnocení kontaminace životního prostředí těžební činnosti je věcí poměrně rozsáhlou. Problematika vlivu těžební činnosti na životní prostředí se často týká relativně nových právních aspektů, nad kterými je nutné se pozastavit. Částečný pohled, který je nutno zmínit představuje směrnice Evropského parlamentu, dále EP, a Rady Evropské unie, dále Rady EU, č. 2006/21/ES o nakládání s odpady z těžebního průmyslu. Tato právní norma je jedinou, která přímo hovoří o kontaminaci životního prostředí těžbou a úpravou nerostných surovin. V oblasti výzkumu vlivu těžby na životní prostředí byla právě jedním z cílů účelových projektů České geologické služby, dále ČGS, podpora a praktická implementace této směrnice v našich podmínkách. Řada platných předpisů, které se zabývají problematikou provozu odvalů a odkališť, byla doplněna až přijetím zákona č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů, který zavedl do českého práva směrnici EP a Rady EU 2006/21/ES o nakládání s odpadem z těžebního průmyslu. Pro odvaly a odkaliště byl zaveden nový pojem – „úložné místo“. Úložné místa můžeme rozdělit do dvou rizikových kategorií. První kategorii tvoří nebezpečné odpady a riziková úložiště, kategorii druhou tvoří ostatní úložná místa. Pro činná úložná místa jsou ze zákona stanoveny plány pro jejich provoz a nakládání s odpadem. Zákon myslí i na případné nepříznivé dopady nakládání s těžebními odpady. Po ukončení provozu úložného místa je jeho provozovatel povinen kontrolovat jeho geotechnickou a chemickou stabilitu a také minimalizovat negativní vliv na životní prostředí, zejména na podzemní a povrchové vody. Provozovatel je povinen úložné místo monitorovat a každé dva roky podávat zprávu o výsledcích monitoringu báňskému úřadu. Provozovatel se zavazuje předcházet znečištění povrchových a podzemních vod a půdy těžebním odpadem. Provozovatel je dále povinen tvořit finanční rezervu pro případ havárie, v souvislosti s tím je povinen také vytvořit havarijní plán pro úložiště I. kategorie. Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Českým báňským úřadem zjišťuje výskyt uzavřených úložných míst a opuštěných úložných míst, která mají nepříznivý vliv na životní prostředí nebo lidské zdraví a vede registr úložných míst a zajišťuje jeho pravidelnou aktualizaci.

Toxicita haldového materiálu je hodnocená dle legislativní vyhlášky MŽP č. 376/2001 Sb, vyhláška Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zdravotnictví o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. Zajišťování a nápravu ekologické újmy na půdě ustanovuje vyhláška MŽP č. 17/2009 Sb. v návaznosti na Zák. č. 167/2008 o předcházení ekologické

újm a její nápravě. Stanoví se způsob a metody zpracování analýzy rizik, způsob hodnocení vhodnosti nápravných opatření a vymezení cílů právě zmíněného nápravného opatření. Vymezuje způsob posouzení účinků na lidské zdraví a působení látek na zemský povrch. Znečištění z průmyslové činnosti je zajišťováno nařízením vlády č. 145/2008, které stanovuje seznam znečišťujících látek a prahových hodnot pro ohlašování integrovaného registru znečišťování životního prostředí. Hodnocení kontaminace neznámého původu je srovnáváno s údaji Vyhlášky 13/1994 Sb. a její přílohy o úpravě podrobností zemědělského půdního fondu. Jako jeden z hlavních médií přenosu kontaminace je problém důlních vod, který je obsažen v zákoně č. 44/1988 Sb. Pojem důlních vod vymezuje také zákon č.254/2001 o vodách a změně některých zákonů, kde se v jeho příloze vyskytuje seznam zvlášť nebezpečných odpadů a nebezpečných látek [36, 37].

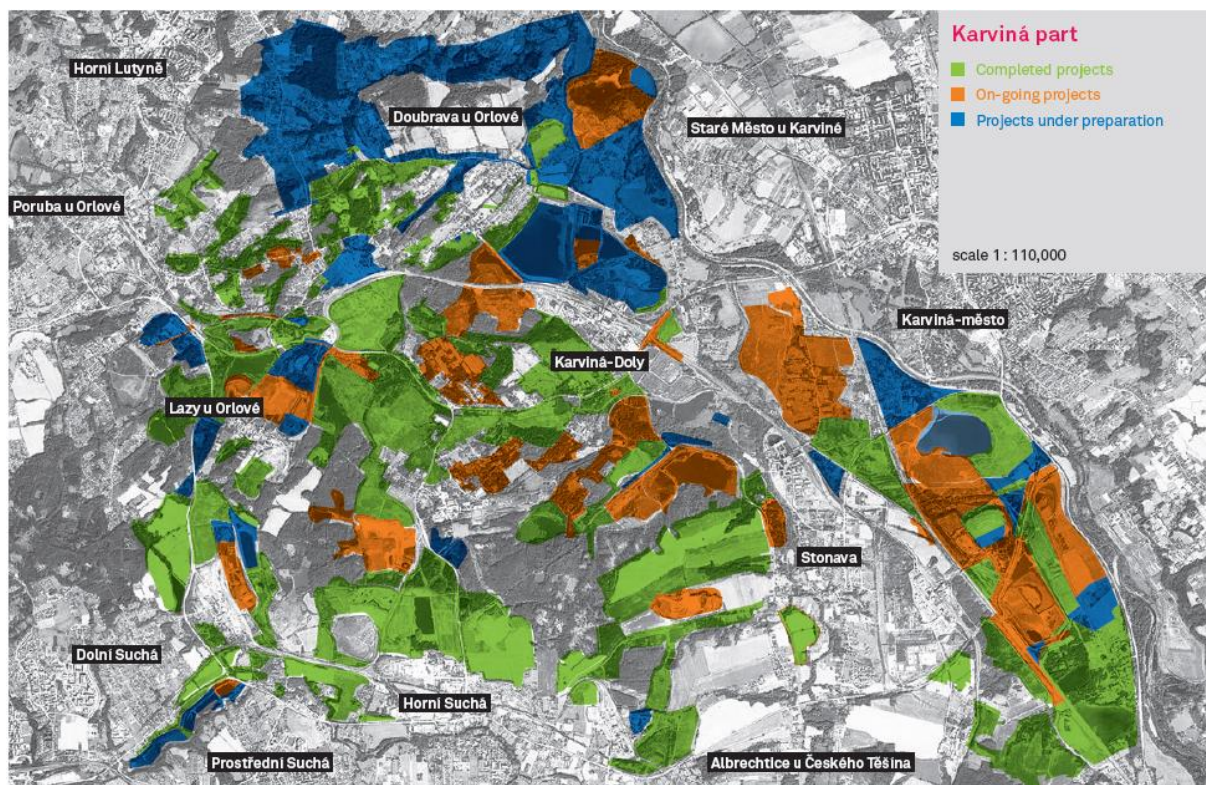
## 7 REKULTIVACE

Rekultivace je proces obnovy krajiny, která byla zasažena těžbou, či jiným zapříčiněním člověka. Rekultivací vytváříme nové, užitečné krajiny, které splňují celou řadu kritérií. Hlavním cílem rekultivace je obnovení ekosystému.

V dnešní době je rekultivace již běžnou součástí moderních těžebních postupů, doly se snaží zmírňovat a minimalizovat dopady těžby na životní prostředí. Rekultivace krajiny, zasažené hornickou činností, doznala za poslední léta značného rozmachu, stala se tedy, z okrajové záležitosti minulých let, samostatnou vědní disciplínou. V rámci životního cyklu podstoupí důlní prostory, kde byla těžba již ukončena, rehabilitaci a provozovatelé musí obnovit těžební prostory do své původní kontury [7, 38].

Společnost NEW WORLD RESOURCES, dále NWR, která vlastní společnost OKD a.s., se snaží rekultivovat těžbou zdevastované krajiny a vytváří jím tak nový osobitý ráz. Rekultivace probíhá v podobě výsadby lesů, úpravy vodních ploch a toků, zemědělských pozemků a kultur [39, 40].

Společnost NWR si je vědoma své odpovědnosti za životní prostředí v regionech, kde působí. Hlavním cílem této společnosti je proto minimalizovat enviromentální dopad svého podnikání. Životní prostředí je jedním ze čtyř základních pilířů NWR. Jedním z nejdůležitějších bodů jejich strategie je udržitelný rozvoj, kde se především zabývají obnovením zdevastované krajiny těžbou černého uhlí. Prioritní pilíř je zaměřen na již zmiňované životní prostředí a zahrnuje: rekultivaci a biologickou rozmanitost, emise, odpadní vody a odpad a v neposlední řadě se zabývá energetikou. Enviromentální aspekty hrají klíčovou roli v každodenní praxi a hlavními body strategického rozhodování přístupu k životnímu prostředí jsou tyto: splnění legislativních požadavků pro životní prostředí, odstraňování následků těžby, zachování a obnova přírodní biodiverzity, správa vodních zdrojů, respektování předpisů týkajících se vypouštění vody a odpadů, průběžné školení zaměstnanců, komunikovat otevřeně a včas se zaměstnanci, státními orgány a veřejností o dopadech týkajících se životního prostředí [40].



Obr. č. 4: Mapa realizovaných rekultivací společností NWR v Karvinské části revíru k roku 2013 [40]

## 7.1 Ostravsko-Karvinské doly (OKD)

Společnost OKD si plně uvědomuje, že důlní činností poškozuje okolní krajinu. Tím pádem je jedním z jejich dlouhodobých cílů úprava krajiny, která byla těžbou poškozena, či jinak dotčena tak, aby byly zahlazeny následky hornické činnosti. Prostřednictvím sanačně-rekultivačních akcí tak firma vrací krajinu zpět přírodě a lidem. Hornická krajina je charakteristická především poklesy, případně odvaly. Existují případy, kdy si tyto oblasti příroda samovolně „obnoví“ a vytváří přitom biologicky cennou krajinu. Ovšem velký rozsah těžby na Ostravsku se neobejde bez racionálního a systematického přístupu k obnově oblasti zasažené hornickou činností. Rekultivační práce představují výrazné, časově i finančně náročné zásahy do krajiny. Mezi hlavní problémy, které řeší, patří výskyt poklesových kotlin, likvidace starých kalových nádrží nebo úprava odvalů hlušiny. Společnost OKD má mnoho rekultivačních cílů, které můžeme shrnout do dvou etap. První etapa je nazývána Technická rekultivace, kdy se tvaruje území, dochází k obnově vodotečí a přeložky inženýrských sítí. Druhá etapa je Biologická rekultivace, kdy je cílem ozelenění krajiny (výsadba stromů, zatravnění) a vytvoření vhodných podmínek pro živočišné druhy [7].

### **7.1.1 Historie rekultivací OKD**

První pokusy o zazelenění hald a odvalů prováděli havíři spontánně a dobrovolně. V roce 1954 byl vypracován program rozsáhlé rekultivace ploch v ostravsko-karvinském revíru, a to za účelem návratu krajiny do původního stavu. V rámci programu byla zřízena dvě rekultivační střediska, která se později stala základem pro samostatná národní podniky OKR- REKULTIVACE [7].

### **7.1.2 Finanční stránka rekultivací**

Těžební organizace mají povinnost tvořit finanční rezervy na rekultivační stavby a důlní škody. Tvorba a čerpání těchto finančních prostředků musí být schválena Obvodním báňským úřadem, dále OBÚ, po předcházející kontrole Ministerstva životního prostředí ČR. V období 1995 – 2001 byla ze strany OKD, a.s., uplatněna tzv. ekologická dotace na řešení asanačně rekultivačních staveb. V roce 2003 a následně 2004 bylo zahájeno zahlazení starých zátěží v OKD pět vybraných asanačně rekultivačních staveb [7].

## 8 ZÁVĚR

Lidé odjakživa působili a stále působí na životní prostředí. Na naší planetě je stav životního prostředí alarmující a znečištění je velmi složité odstranit. K zásadní změně došlo během průmyslové revoluce, kdy lidé začali ve větším využívat různých přírodních zdrojů, jako je ropa či uhlí, a tímto začali ve velkém znečišťovat životní prostředí cizorodými látkami.

Lidé dnešního světa si již uvědomují svou zodpovědnost vůči životnímu prostředí, a proto se od 70. let 20. století Evropa aktivně angažuje v oblasti ochrany životního prostředí. Mezi hlavními cíli je ochrana kvality ovzduší a vody, ochrana biologické rozmanitosti, nakládání s odpady a řízení činnosti s negativním vlivem na životní prostředí.

V této bakalářské práci jsem se zajímala o vliv těžební činnosti na životní prostředí. Zaměřila jsem se na těžbu uhlí a to jak černého tak i hnědého. Zajímala jsem se o důsledky spalování uhlí, jeho likvidaci a také požáry uhlí, které ve velké míře ovlivňují prostředí. Ve větším měřítku jsem se zaměřila na důlní vody a testy ekotoxicity, které byly prováděny právě ve zmiňovaných důlních vodách k potvrzení jejich negativního působení na akvatický ekosystém. Jak hlubinná, tak povrchová těžba je dána principy, které byly shrnuty v dalším tématu zaměřeném na legislativu. V posledním tématu jsem se věnovala rekultivaci životního prostředí se zaměřením na Ostravsko a na společnost OKD.

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout dopad těžební činnosti na životní prostředí. Byl zjištěn negativní vliv na akvatický ekosystém, který byl následně dokázán v testech ekotoxicity. Výsledky testů prokázaly, že toky kontaminované důlními vodami vykazují toxicitu pro studované organismy.

## 9 LITERATURA

- [1] Vliv těžby na životní prostředí. *Vítejte na Zemi* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <[http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vliv\\_tezby\\_na\\_zivotni\\_prostredi&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vliv_tezby_na_zivotni_prostredi&site=energie)>
- [2] Ekosystém a těžba surovin. *Ekologie* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <<http://ekologie.xf.cz/temata/tezba/tezba.htm>>
- [3] BUMERL, M. a kol. Kapitoly z ochrany životního prostředí (učební text). 1. vyd. Veselí nad Lutnicí: 1997. 199 s.
- [4] HŘIBOVÁ, Šárka, Využití alternativních testů ekotoxicity pro posouzení kontaminovaných environmentálních matric. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí.
- [5] LAFAROVÁ, Marie a Zdeněk VALENTA. *Ekologický přístup k obnově krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav výstavby a architektury, 1981, 81 s.
- [6] *Hnědé uhlí 1985*. Ústí nad Labem: Dům techniky ČSVTS, 1985, 154 s. ČSN ISO 690
- [7] OKD a.s. [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <<http://www.okd.cz/cs/tezime-uhli>>
- [8] SRO., [pořádající organizace Vodní zdroje Ekomonitorr.o. a Editor sborníku Petra MOUČKOVÁ]. *Těžba a její dopady na životní prostředí: sborník konference : 21.-23. března 2006, Lísek, Bystřice nad Pernštejnem*. 1. vyd. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2006. ISBN 80-868-3218-X.
- [9] PROKEŠ, J. et al. *Základy toxikologie: Obecná toxikologie a ekotoxikologie*. 1. vyd. Praha: Galén a Karolinum, 2005. 248 s. ISBN 80-7262-301-X.
- [10] Coal Mining a the Environment. *World coal association* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <<http://www.worldcoal.org/coal-the-environment/coal-mining-the-environment/>>
- [11] Důlní dílo sv. Anna. *Naučná stezka Oloví* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <<http://naucnastezka-olovi.cz/?p=115>>

[12] URBANOVÁ, Veronika, Posouzení ekotoxicity kontaminovaných matric vnášených do ekosystému. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí.

[13] Coal Resources. *Water defence* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <<http://waterdefense.org/content/coal>>

[14] Coal and other fossil fuels. *Union of concerned Scientists* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <[http://www.ucsusa.org/clean\\_energy/coalvswind/c02c.html#.VVNgwY7tmkp](http://www.ucsusa.org/clean_energy/coalvswind/c02c.html#.VVNgwY7tmkp)>

[15] The World's Oldest Underground Fire Has Been Burning For 6,000 YearsG. *Gizmodo* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <<http://gizmodo.com/the-worlds-oldest-underground-fire-has-been-burning-fo-1539049759>>

[16] LAPČÍK, V. (2005). Posuzování vlivů povrchové důlní činnosti na životní prostředí. Vliv na vodní prostředí, Vliv na biotu, významné krajinné prvky a územní systém ekologické stability (ÚSES), 4 s. ISSN 0474-8476

[17] Environmental impact of the coal industry. *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental\\_impact\\_of\\_the\\_coal\\_industry](http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_the_coal_industry)>

[18] Předpis č. 254/2001 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>>

[19] ANDĚL, P. Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring. Liberec: Evernia, 2011. ISBN 978-80-903787-9-7

[20] Rámcová směrnice o vodách. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky* [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <<http://www.ochranaprirody.cz/mezinarodni-zavazky/evropske-smernice/ramcova-smernice-o-vodach-rsv/>>

[21] MIKULÁŠ, Radek. Změny ve složení důlních vod. Sborník abstrakt z 2. sjezdu České geologické společnosti. 2005.

[22] JAŠKOVÁ, Kateřina, Remediační procesy v mokřadním systému v Nové Vsi u Moravské Třebové, Brno, 2009. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd.



- [23] KOLEKTIV, Miroslav Černík a. *Geochemie a remediace důlních vod*. Vyd. 1. Praha: Aquatest, 2008. ISBN 80-254-2921-0.
- [24] KELLER, Edward A. *Introduction to environmental geology*. 4th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, c2008, xvii, 661, [65] p. ISBN 978-013-2251-501.
- [25] PITTER, Pavel. *Hydrochemie: celost. vysokošk. učebnice pro stud. vys. škol chemickotechnologických oborů*. 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 1999, 568 s. Ochrana životního prostředí. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [26] Účinky kovů ve vodních ekosystémech. *Vodní ekotoxikologie* [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2304](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2304)>
- [27] ČERNÍK, Miroslav. *Chemicky podporované in situ sanační technologie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 348 s. ISBN 978-80-7080-767-5.
- [28] 294/2005 Sb. – Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu
- [29] Důlní vody. *Těžba a využití černého uhlí* [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <<http://tezba-a-vyuziti-cerneho-uhli.webnode.cz/vlivy-hlub-dobyvani-na-ziv-prostredi/dulni-vody/>>
- [30] ALUMA, E a K JOHNSON. Short Communication: A 24 Hour Ecotoxicity Test for Acid Mine Drainage Using Hatching Success in *Daphnia magna*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2011, vol. 15, issue 1. DOI: 10.4314/jasem.v15i1.65704.
- [31] Scientists to help out with Mission Discovery's *Daphnia* experiment. *Isset director's blog* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <<https://issetdirectorblog.wordpress.com/tag/daphnia/>>
- [32] LIN, C., Y. WU, W. LU, A. CHEN a Y. LIU. Water chemistry and ecotoxicity of an acid mine drainage-affected stream in subtropical China during a major flood event. *Journal of Hazardous Materials*. 2007, vol. 142, 1-2, s. 199-207. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.08.006.
- [33] LATTUADA, R.M., C.T.B. MENEZES, P.T. PAVEI, M.C.R. PERALBA a J.H.Z. Dos SANTOS. Determination of metals by total reflection X-ray fluorescence and evaluation of toxicity of a river impacted by coal mining in the south of Brazil. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, vol. 163, 2-3, s. 531-537. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.07.003.

[34] ENVIROMENT LINE. 2012. Chemical and Exotoxicology Assessment of Discharge Waters from West Cliff Mine [online]. Sydney [cit. 2015]. ISBN 978-1-74293-826-4. Dostupné také z: <<http://www.environment.nsw.gov.au/resources/air/120770WestCliff.pdf>>

[35] FRANCISCONI, M.S., A. BONA, F.Z. SILVEIRA, R. GEREMIAS, C.T. PICH, P.J. NORTON a M.I. GEOL. 2013. Use of coal mining waste for river water treatment and evaluation of this process using physicochemical parameters and bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*.8(2): 253-265. DOI: 10.1016/b978-0-444-42876-9.50025-7.

[36] Stav legislativy v problematice sledování vlivů těžby na životní prostředí. *EnviWeb* [online]. [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <<http://www.enviweb.cz/clanek/geologie/91964/vliv-tezby-a-upravy-nerostnych-surovin-na-zivotni-prostredi>>

[37] Legislativa. *MŽP* [online]. [cit.2015-01-23]. Dostupné z: <<http://www.mzp.cz/cz/legislativa>>

[38] Těžba a její vliv na přírodu. *Eurovia* [online]. [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <[http://www.euroviakamenolomy.cz/dokumenty/verejne/Publikace/jstk2005\\_5.htm](http://www.euroviakamenolomy.cz/dokumenty/verejne/Publikace/jstk2005_5.htm)>

[39] JEDLIČKA, Roman, Černé uhlí v České republice a ve světě (s důrazem na ostravskou aglomeraci). Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav.

[40] ANNUAL REPORT AND ACCOUNTS. New world resources.2013

[41] Vyhledávání úniků a přenosů látek. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <<http://portal.cenia.cz/irz/>>

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AMD	acid mine drainage; kyselá důlní drenáž
ARD	acid rock drainage; kyselý horninový odtok
ČGS	Česká geologická služba
EIA	Enviromental Impact Assessment; vyhodnocení vlivů na životní prostředí
EP	Evropský parlament
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NWR	New World Resources; vlastník společnosti OKD a.s.
OKD	Ostravsko – Karvinské doly
Rada EU	Rada Evropské unie
ÚSES	Územní systém ekologické stability