

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vlastnosti povrchových vod ovlivněných těžbou hnědého uhlí.**

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Lubomír Bodlák

Autor: Veronika Fafilková

České Budějovice, duben 2011

zadání

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1988 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním některých částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

.....

Datum

.....

Podpis studenta

Vznik bakalářské práce byl podpořen z projektu Ministerstva zemědělství ČR (NAZV 82106) „Rekultivace jako nástroj obnovy funkce vodního režimu krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí”.

Poděkování za ochotu a spolupráci při výzkumných aktivitách a podporu při vzniku této bakalářské práci patří mé vedoucí práce Doc. RNDr. E. Pecharové, CSc., mému konzultantovi L. Bodlákovi a doprovodu při odběrech RNDr. I. Příkrylovi, který mi pomohl s výběrem lokalit a dal mi spoustu užitečných rad.

Za velkou podporu a možnost pracovat v posttěžební oblasti Podkrušnohoří děkuji též firmě Sokolovská uhelná a.s.

## **Abstrakt**

Sledovala jsem chemické ukazatele povrchových vod mokřadů a povrchových vod v blízkém okolí jezera Medard (nově napouštěná zbytková jáma v okrese Sokolov). K popisu vlastností povrchových vod byly použity fyzikálně – chemické a biologické ukazatele vod. Zjištěné hodnoty ukazatelů byly porovnány s ukazateli jiných povrchových vod a to s řekou Ohří a s jihočeskými rybníky. V porovnání výsledků je zřejmé, že sledované vody mají výrazně odlišné všechny parametry. V některých parametrech mají zájmové lokality hodnotu průměrné koncentrace několika násobně vyšší a u některých zase nižší. Zájmové lokality jsou charakteristické vysokými hodnotami rozpuštěných látek ve vodě. Z aniontů jsou problematické především koncentrace síranů a z kationtů koncentrace Na, Ca, Mg, Zn, Mn a Fe.

Klíčová slova: Mokřady, rekultivace, důlní vody, zbytková jáma

## **Abstract**

I watched the chemical characteristics of wetlands and surface waters in the vicinity of Lake Medard. This lake is a residual hole (after brown coal mining activities) which is now being filled with water. It is situated in Sokolov cadastre. I used physical, chemical and biological characteristics of water to characterize the surface water. The values have been compared with indicators of other surface water ecosystems. They were compared with Eger river water and with water from the south Bohemian fishponds. Results of comparing showed that all parameters of observed waters are very different. Surveyed parameters of the average concentrations are several times higher or on the contrary lower at individual sites of interest. Sites of interest are characterized by high levels of dissolved substances in water. Particularly problematic are sulphate anion concentrations and concentrations of Na, Ca, Mg, Zn, Mn and Fe cations.

Key words: Wetlands, reclamation, mine water, residual pit

# Obsah

Obsah.....	10
1. Úvod.....	6
2. Cíle.....	7
3. Literární rešerše.....	8
3.1 Historie těžby hnědého uhlí na Sokolovsku.....	8
3.1.1 Historie hornictví a ukončení těžby v lomu Medard – Libík.....	8
3.2. Dopady těžby hnědého uhlí na životní prostředí.....	9
3.3 Základní vlastnosti vodního prostředí v malých vodních nádržích a vodotečích ovlivněných těžbou hnědého uhlí.....	10
3.3.3 Látky rozpuštěné a přítomné ve vodě.....	15
3.3.3.1 Organické látky ve vodě.....	15
3.4 Charakteristika vod v oblasti Medard – Libík.....	21
3.5 Vliv mokřadů a vegetačního krytu na koloběh vody a látek.....	22
3.5.1 Vliv mokřadů na koloběh vody.....	22
3.6 Využití mokřadů pro čištění důlních vod.....	23
3.7 Řízená a přirozená sukcese.....	24
4. Popis zájmové lokality.....	25
4.1 Sokolovská pánev.....	25
4.2 Lom Medard – Libík.....	26
4.3 Rekultivace provedené a plánované po těžbě hnědého uhlí v uzavřeném lomu Medard-Libík.....	26
5. Metodika.....	28
5.1 Zjištěná situace lokalit v zájmovém území.....	28
5.2 Chemické sledování kvality vody.....	28
5.2.1 Odběr vzorků.....	28
5.2.2 Terénní měření.....	29
5.2.3 Laboratorní zpracování vzorků odebrané vody a jejich analýzy.....	29
5.2.3.1 Fyzikálně – chemické analýzy.....	30
5.2.3.3 Koncentrace živin.....	30
5.2.3.4 Stanovení biologických parametrů kvality vod.....	31
5.2.4. Porovnání kvality povrchových vod v blízkém okolí jezera Medard s jinými povrchovými vodami.....	31
5.2.4.1 Porovnání s jihočeskými rybníky.....	31
5.2.4.2 Porovnání s řekou Ohře.....	31
6. Výsledky a diskuze.....	33
6.1 Lokalizace odběrových míst.....	33
6.1.1 Lokality na západní straně jezera Medard.....	34
6.1.2 Lokality na východní straně jezera Medard.....	38
6.3 Výsledky analýzy vody.....	42
6.3.1 Fyzikálně – chemické analýzy.....	42
6.3.1.1 Vodivost.....	42
6.3.1.2 Hodnota pH.....	42
6.3.1.3 Alkalita.....	42
6.3.1.4 Chemická spotřeba kyslíku.....	43
6.3.1.5 Turbidita.....	43
6.3.1.6 Fluorescence.....	43
6.3.2 Koncentrace anionů.....	43

6.3.2.1 Amoniakální dusík .....	43
6.3.2.2 Dusitany.....	43
6.3.2.3 Dusičnany .....	44
6.3.2.4 Celkový dusík.....	44
6.3.2.5 Fosforečnanový fosfor.....	44
6.3.2.6 Celkový fosfor .....	44
6.3.2.7 Sířany.....	44
6.3.2.8 Chloridy.....	44
6.3.3 Koncentrace kationtů.....	45
6.3.3.1 Sodík.....	45
6.3.3.2 Draslík .....	45
6.3.3.3 Vápník .....	45
6.3.3.4 Hořčík.....	45
6.3.3.5 Železo .....	45
6.3.3.6 Mangan.....	45
6.3.3.7 Zinek.....	46
6.3.4 Biologické parametry kvality vod .....	46
6.3.4.1 Chlorofyl a.....	46
6.3.4.2 Nerozpuštěné látky .....	46
6.4 Porovnání kvality povrchových vod v blízkém okolí jezera Medard s jinými povrchovými vodami.....	46
6.4.1 Porovnání s jihočeskými rybníky .....	46
Jihočeské rybníky .....	47
6.4.2 Porovnání s řekou Ohře.....	47
6.5. Kvalita vody .....	48
6.5.1 Emisní standardy znečištění pro odpadní vody vypouštěné z těžby a úpravy hnědého uhlí .....	48
6.5.2 Ukazatelé vyjadřující dobrý stav vody ve vodním toku a normy enviromentální kvality.....	49
7. Závěr.....	51
8. Přehled použité literatury a zdrojů .....	52
9. Seznam příloh.....	56

# 1. Úvod

V severozápadních Čechách v oblasti Sokolovské uhelné pánve vznikly v důsledku povrchové těžby hnědého uhlí dvě velké zbytkové jámy: Medard – Libík, Jiří – Družba.

S uzavřením lomu Medard – Libík roku 2000 vystupuje do popředí nutnost sanace takto dotčeného území a jeho opětovné začlenění do krajiny.

Rekultivace provedené po těžbě proběhly na základě „Technického projektu likvidace lomu Medard – Libík“ z roku 1995, který byl postupně upřesňován dalšími technickými projekty. V roce 2001 byl zpracován „Plán likvidace lomu Medard – Libík“. Na základě tohoto plánu likvidace bylo navrženo, aby plocha celého lomu o rozloze 1 183 ha byla zatopena (jezero Medard) na kótu 401 m n. m. Vznikne tak jezero o rozloze cca 493 ha, s objemem vody 120 miliónů m<sup>3</sup> a s maximální hloubka 50 m. Na zbylé lokalitě, tj. cca 394,24 ha byla naplánována a již z velké části zrealizována převážně lesnická rekultivace.

Roku 2008 bylo ukončeno čerpání důlních vod z retenční nádrže a zároveň zahájeno napouštění rekreačního jezera Medard. V únoru 2009 došlo ke vzniku souvislé vodní plochy. Do jezera přitékaly důlní vody ze dna jámy a povrchové vody z vlastního povodí kolem zbytkové jámy. Tyto vody zvyšují hladinu jezera průměrně o 40 cm za měsíc. Pokusné napouštění z řeky na přelomu roku 2010 a 2011 zvýšilo hladinu vody o 4 m. Od 2. čtvrtletí 2011 bylo zahájeno napouštění z řeky Ohře.

Za základní podmínku pro rekultivaci krajiny narušené povrchovou těžbou hnědého uhlí se považuje obnova ekologických funkcí mokřadních oblastí. Voda ovlivněná těžbou hnědého uhlí má specifické fyzikálně – chemické a biologické vlastnosti. Důlní vody jsou specifické v nízké hodnotě pH a ve vysokých hodnotách rozpuštěných anorganických látek, zejména pak Fe a Mn. Typický je i vysoký obsah síranů.

Proto v rámci hydrologické rekultivace vznikla nová hydrologická síť tvořená malými vodními nádržemi a odvodňovacími příkopy, často kruhovitého či oválného půdorysu, o hloubce 1 – 1,5 m. Přirozenou sukcesí je ve většině nádrží již bohaté zastoupení makrovegetace, jak v litorálním pásmu, tak i na hladině, a to zejména rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia*). V mokřadech již nachází útočiště i mnoho živočichů, a to zejména ptáků a obojživelníků.

Kontrola kvality vody z povodí je důležitá i z hlediska toho, že se jedná o významný zdroj vody do jezera Medard, které má být využíváno pro rekreaci. Po ukončení napouštění jezera z řeky Ohře se tak povrchové vody z vlastního povodí jezera společně s důlními vodami ze dna jámy a srážkové vody stanou jedinými zdroji vody, které postupem času nahradí napuštěnou vodu z řeky Ohře.



## 2. Cíle

1. Porovnání sledovaných povrchových vod s jihočeskými rybníky.
2. Porovnání sledovaných povrchových vod s jihočeskými rybníky.
3. Porovnání sledovaných vod s emisními standardy znečištění (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy č. 1, která je podmíněna přílohou č. 5 tohoto nařízení).
4. Porovnání ročních aritmetických průměrů jednotlivých lokalit s normou environmentální kvality (NEK-RP), (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy č. 3 tohoto nařízení).

## **3. Literární rešerše**

### **3.1 Historie těžby hnědého uhlí na Sokolovsku**

Podle Rojíka (2010) se jako první o výskytu uhlí zmiňuje Agricola v roce 1545. A až v roce 1772 byl založen nejstarší známý důl na těžbu uhlí. V letech 1789 a 1793 byla díky vydání dekretů umožněna soustavná těžba uhlí jako paliva. Podle těchto dekretů bylo „minerální uhlí“ odtrženo od vlastnictví pozemků.

Jiskra (1997) uvádí, že těžba hnědého uhlí na Sokolovsku od této doby probíhala převážně hlubinným způsobem. Teprve od roku 1945 se začala rozvíjet efektivní povrchová velkolomová těžba. K rozvoji těžebních společností také výrazně přispěla výstavba železnice mezi Prahou a Chebem, která pokračovala dál do Bavorska a Saska.

Postupnou integrací a uzavíráním neefektivních provozů vzniklo 10 národních podniků, které se poté v roce 1965 sdružily do uskupení Národních podniků a briketáren. Začátkem 90. let se v Sokolovském regionu činnost státních podniků souvisejících s těžbou a zpracováním vytěženého uhlí rozčlenila na Palivový kombinát ve Vřesové, Hnědouhelné doly v Březové a Rekultivace v Sokolově (Jiskra 1997).

Po vzniku Sokolovské uhelné, a.s. byla hnědouhelná substance těžena v dolech Jiří, Družba a Západ. Provoz v posledním činném lomu v oblasti Západ, Medard - Libík, byl ukončen v březnu roku 2000. V současnosti těžba na Sokolovsku probíhá pouze ve dvou lomech Jiří a Družba (Výroční zpráva SÚ, a.s., 2008).

#### **3.1.1 Historie hornictví a ukončení těžby v lomu Medard – Libík**

První výstavbu lomu Medard ve Svatavě začala společnost Dolové a průmyslové závody ihned po ukončení první světové války. Již na konci roku 1919 se při přípravných pracích vytěžilo 580 tun hnědého uhlí. Pravidelná povrchová těžba začala v roce 1920. Tehdy byl lom Medard v prostoru vymezen státními drahami Sokolov – Citice na jihu a Sokolov – Svatava na východě. Lom se dále postupně vyvíjel směrem na severozápad. V tomto období se těžilo nejvíce do hloubky 28 m.

Období druhé světové války, kdy stoupala poptávka po uhlí, dochází k otvírce lomu Medard – jih, omezeného prostorem řeky Svatava na východě, řeky Ohře na jihu a trati Sokolov – Citice na severu a západě. Pro spojení obou lomů a pro odvoz uhlí sloužila spojovací Štola.

V 80. letech se začala připravovat otvírka sloje Josef a to proto, že sloj je v této oblasti vyvinuta ve dvou lávkách, horní s mocností 2 – 3 m a spodní 3 – 5 m, oddělených od sebe 2 – 3 m mocným meziložím a dosahuje značného úklonu, pohybujícího se až do 60°. Bylo zapotřebí vynaložit velké náklady pro výstavbu a realizaci těžby.

Lom Medard těžil povrchově uhlí od roku 1920, lom Libík od roku 1872. Těžba probíhala z hlavního uhelného souvrství Anežka, meziloží a Antonín.

Lom Medard – Libík vznikl spojením samostatných lomů Medard a Libík v roce 1992. V tomto roce se také z ekologických důvodů přestala těžit sloj Josef, zvláště pro její vysoký obsah síry a arzenu (Jiskra 1997).

K zastavení těžby uhlí na lomu Medard – Libík došlo ke dni 31.12. 1999. Hlavním důvodem likvidace lomu Medard – Libík byla malá poptávka po uhlí, jelikož vzniklo konkurenční prostředí mezi různými zdroji paliv a energií. V oblasti však stále zůstaly nevytěženy části nebilančních zásob uhlí (Sokolovská uhelná, a.s. 2008).

### **3.2. Dopady těžby hnědého uhlí na životní prostředí**

Jelikož v minulosti převyšoval zájem ekonomický a industriální nad zájmem a významem ochrany přírody (Černík a kol.), tak důlní činností v severozápadních Čechách bylo zcela zdevastováno a degradováno několik set km<sup>2</sup> krajiny (Vráblíková 2000), především pak úplné odstranění vegetačního krytu, změna toku vody, toku energie i látek (Pecharová 2004).

Každá důlní činnost, ať už realizovaná v minulosti jednoduchými metodami a nástroji nebo složitými dobývacími technologiemi v současnosti, měla a má své dopady na životní prostředí.

Jsou to nejen v krajině nejviditelnější projevy – hlušinové odvaly, opuštěné jámové lomy, propady povrchu, ale především dopady do hydrosféry (Černík a kol.).

Mokřady byly odvodněny a vodní toky napřiměny, zatrubněny a jejich směr byl podstatně změněn, proto krajina ztratila jednu ze svých základních funkcí a to zejména zadržet vodu a možnost poskytnou ji rostlinným a živočišným společenstvům (Čadková 2009).

Sluneční světlo, které dopadá na plochy bez vegetace a vody, se převážně mění v teplo, protože se nemůže vázat do vodní páry (Rothbauer 2003). To způsobuje vysokou denní amplitudu teplot (Pecharová 2004), která společně se změnami vlhkosti vede k mineralizaci organických sloučenin v půdě a k následnému uvolňování rozpuštěných látek do povrchových vod (Pecharová 2011).

Podstatným způsobem bylo také zasaženo mezoklima a to nejen Sokolovské pánve, ale i přilehlých horských částí, kam již nestoupá vzduch vlhký, ale převážně vzduch suchý (Rothbauer 2003).

Podle Rojíka (2010) byly těžbou narušeny a zásadně změněny původní přírodní vlastnosti a proudění podzemních vod. Sokolovská pánev je bohatá na výskyt termální vod z podloží slojí a pramenům karlovarských termálních vod a ne vždy se podařilo zajistit bezpečnou těžbu uhlí před průvaly termálních vod.

Např. v roce 1901 v dole Marie II. byl průval term, který měl teplotu 31 °C v úrovni 236 m. n. m. a odhadovanou vydatnost kolem

170 l.s<sup>-1</sup>, který zaplavil přilehlá důlní díla. O tři měsíce později byl zjištěn pokles karlovarských pramenů, které byly vzdáleny 15 km od místa průvalu.

Plocha některých dolů dosáhla 1000 ha a hloubka 200 m, např. Velkolom Jiří, Velkolom Medard – Sokolovská uhelná a.s., lom Bílina – Severočeské doly a.s. atd. (Pecharová 2004). Vzhledem k tomu, že původní terén měl nadmořskou výšku v průměru 230 m nad hladinou moře, je dno těchto velkolomů nejnižším místem na území celé České republiky (Kukal, Reichmann 2000).

Těžba rovněž ovlivňuje ovzduší a klima v dotčených oblastech – dopravou materiálů, úpravárenskými činnostmi (Černík a kol. 2008), prachovými částicemi, ale i hořením a záparami ovzduší (Vráblíková 2000). Jistě nezanedbatelné jsou vlivy na hlukovou situaci širšího okolí těžebních jam a vliv na kvalitu a kontaminaci půd (Černík a kol. 2008).

### **3. 3 Základní vlastnosti vodního prostředí v malých vodních nádržích a vodotečích ovlivněných těžbou hnědé uhlí**

**Teplota vody** je jedním z nejvýznamnějších fyzikálních činitelů ovlivňujících životní děje ve vodním prostředí (Hartman, Příkryl 1998). Zdrojem tepla je sluneční záření, které se při dopadu na hladinu z části odrazí a z části absorbuje a změní v teplo (Šálek 2000).

Dalším zdrojem tepla je zdroj geotermální (ze zemského nitra) a často také lidská činnost (Hartman, Příkryl 1998). Voda se v nádrži naopak ochlazuje vypařováním, vyzařováním tepla a odtokem z nádrže. Teplotní poměry v nádrži ovlivňuje proudění a doba zdržení vody, poloha, nadmořská výška, tvar, hloubka nádrže, klimatické poměry, zastínění vegetací apod. (Šálek 2000). Voda má měrnou tepelnou kapacitu asi 4 kJ. kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>. Vzduch má měrné teplo 1 kJ. kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>, to znamená, že voda se v přírodě ohřívá pomaleji než vzduch (na jaře), ale zároveň také pomaleji vychladá (na podzim), protože má větší tepelnou kapacitu (Hartman, Příkryl 1998).

Voda má malou schopnost molekulárního přenosu tepla, proto se téměř veškerý přenos tepla ve vodních nádržích uskutečňuje prouděním vody. Specifické vlastnosti vody a jejich kombinace dodávají vodním biotopům vysokou tepelnou stabilitu a termickou kapacitu. Tak se účinně tlumí denní (cirkadiánní) a sezónní (cirkaanuánní) kolísání teploty okolní atmosféry (Lellák 1991).

#### **Barva vody**

Barva vody je fyzikálním indikátorem čistoty povrchových a podzemních vod (Tolgyessy 1984). Skutečná barva čisté vody je v silné vrstvě modrá, jak můžeme např. pozorovat u vysokohorských jezer. Se stoupajícím množstvím různých rozpuštěných látek se však propustnost pro dopadající světlo mění.

Skutečná barva je většinou překryta druhotným zbarvením různého původu tvořícím zdánlivou barvu vody. Barva hladiny je ovlivněna odrazem barevných odstínů okolí a zbarvením dna (Lellák 1991).

Barva vody se posuzuje podle převládající vlnové délky neabsorbovaného záření v oblasti viditelného spektra (Pitter 1990).

### **Zákal (turbidita)**

Zákal vody je způsoben nerozpuštěnými anorganickými a organickými látkami. Příčinami zákalu mohou být jílovité minerály, hydratované oxidy železa a manganu, plankton, bakterie, jemně dispergované látky, splachy půdních vrstev nebo zvíření dnových sedimentů. V podzemních vodách zákal způsobují především anorganické látky (Pitter 1990).

Zákal tak různou měrou snižuje průhlednost vody. I ve velmi krátkých intervalech se může zákal vody měnit, např. zvířeními kaly, přívalovými dešti a splachy z okolí (Lellák, Kubíček 1991).

### **Průhlednost**

Průhlednost je doplňujícím kritériem pro hodnocení barvy a zákalu. Mírou průhlednosti je výška sloupce vody, při které přestane být viditelná bílá deska nebo písmo určitých rozměrů. Výsledky měření se udávají v metrech či centimetrech (Pitter 1990).

Podle Hartmana a Prikryla (1998) je průhlednost vody značně závislá na množství živin ve vodě a na produkci organické hmoty. Ve vodách chudých na živiny a s malou produkcí organické hmoty (oligotrofní), jako jsou například alpská či skandinávská jezera, může být průhlednost 15 až 20 m. Naproti tomu v nádržích se zvýšeným obsahem živin (mezotrofní a autotrofní) průhlednost kolísá od několika decimetrů do tří až pěti metrů. V létě je průhlednost vody menší než v zimě. To je způsobeno intenzitou rozvoje planktonu (vegetačního zákalu).

### **Pach**

Zdroje pachu se rozdělují na primární a sekundární. Primárním zdrojem pachu jsou látky biologického původu (vznikají životní činností nebo odumíráním rostlin, řas, bakterií, aktinomycet, plísní, hub a prvoků), látky tvořící přirozenou součást vody (např. sirovodík) nebo látky obsažené ve splaškových a průmyslově odpadních vodách. Sekundární pach může voda získat v průběhu její technologické úpravy (např. při chloraci) (Tolgyessy 1984).

### **Chuť**

Chuť vody je podmíněná přítomností látek, které se dostávají do vody přirozenou nebo antropogenní cestou. Chuť vody výrazně ovlivňuje obsah Fe, Mn, Mg, Zn, Cu, chloridů, síranů hydrogenuhličitanů, oxidu uhličitého atd. (Tolgyessy 1984).

## Hodnota pH

Podle Pittera (1999) je nepatrná část molekul vody disociována na ionty  $H^+$  a  $OH^-$ . V chemicky čisté vodě, ve které se  $pH = 7$ , je obsah iontů v rovnováze a voda má neutrální reakci. Reakce pH je tedy záporným logaritmem množství disociovaných  $H^+$  iontů ve vodě.

Chemické sloučeniny obsažené ve vodách ovlivňují stupeň disociace vody. Reakce se z neutrální mění na kyselou, kdy je pH nižší než 7 nebo zásaditou, kdy je pH vyšší než 7.

Na pH je přitom závislá většina chemických a biochemických oxidačně-redukčních reakcí probíhajících ve vodách (Pitter 1999).

## Vodivost

Vodivost je kritériem pro posuzování koncentrace elektrolytů obsažených ve vodě a slouží ke kontrole výsledků chemického rozboru vody. Vodivost elektrolytů závisí na koncentraci iontů, na jejich pohyblivosti a na teplotě. Jednotkou vodivosti je siemens, značený velkým S.

Charakteristickou veličinou je konduktivita (měrná vodivost)  $\gamma$ , která je ve zředěných roztocích lineární funkcí koncentrace složek. Používá se jako míra koncentrace elektrolytů ve vodě. Jednotkou je  $S \cdot m^{-1}$ , v hydrochemii většinou  $mS \cdot m^{-1}$ . Povrchové a prosté podzemní vody mají obvykle konduktivitu mezi 5 až  $50 mS \cdot m^{-1}$ .

Organické disociované látky obsažené v přírodních vodách ovlivňují jejich vodivost málo. Oxid uhličitý ve větší koncentraci sice vodivost vody zvyšuje, avšak jeho vliv se obvykle zanedbává (Pitter 1990). Konduktivita roztoku je závislá na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a na teplotě roztoku. Změna teploty o  $1^\circ C$  způsobuje změnu konduktivity nejméně o 2 %. Konduktivita se většinou měří při  $25^\circ C$  nebo se po naměření na tuto teplotu přepočítává (Horáková a kol. 2003).

## Měrná hmotnost vody - hustota

Hustota vody je závislá na množství rozpuštěných látek, na teplotě a na tlaku. Se zvyšujícím se obsahem rozpuštěných látek stoupá téměř lineárně také hustota vody. Množství rozpuštěných látek ve sladkých vodách zpravidla nepřesahuje  $1 g \cdot l^{-1}$ , v našich vodách obvykle kolísá v rozmezí  $0,1 - 0,5 g \cdot l^{-1}$ . Změny hustoty vody způsobené změnou teploty výrazně ovlivňují a regulují nejenom stratifikaci fyzikálních a chemických vlastností prostředí, ale i koloběh látek ve vodních nádržích. V našich klimatických podmínkách promrzají vodní nádrže jen výjimečně hlouběji než 20 – 30 cm. Vrstva ledu omezuje konvekční proudění, horizontální proudění vody a ochlazování hlubších vrstev vodního sloupce, které si tak zachovávají po dobu zimní stagnace teplotu přibližně  $4^\circ C$  (Lellák, 1991).

Nejvyšší hodnoty měrné hmotnosti voda dosahuje při teplotě asi 4 °C, přesněji při 3,98 °C (za atmosférického tlaku 101,3 k Pa = 760 torrů). Pokud se teplota voda sníží či zvýší, tak se měrná hmotnost snižuje.

V porovnání se vzduchem je měrná hmotnost vody asi 775krát větší. Z tohoto důvodu se vodní organizmy, které mají podobnou měrnou hmotnost, mohou pasivně vznášet na hladině, protože na ně prakticky nepůsobí zemská tíže (Hartman, Příkryl 1998).

### **Viskozita vody**

Třením částic vznikají síly směřující proti jejich vzájemnému posunování a proti vnikání pevných předmětů do vody – viskozita. Se zvyšováním teploty vody viskozita klesá a to mnohem rychleji než je tomu u měrné hmotnosti. (Hartman, Příkryl 1998).

### **Obsah plynů ve vodě**

V přírodních vodách jsou především obsaženy tyto plyny: oxid uhličitý, kyslík a dusík. Jako další plyny se v menších koncentracích v přírodních vodách vyskytují: methan, vodík, helium, radon, sulfan a amoniak (Pitter 1990).

Plyny se do vody se dostávají převážně difúzí z atmosféry a jejich obsah je přímo úměrný parciálnímu tlaku plynů na hladinu, vytvářené vzdušnou atmosférou. Obsah plynů ve vodě je nepřímo závislý na teplotě vody (Hartman, Příkryl 1998).

Další původ obsahu plynů ve vodě může být chemický, radiochemický nebo biochemický (Pitter, 1990). Kyslík (O<sub>2</sub>), dusík (N<sub>2</sub>), methan (CH<sub>4</sub>), vodík (H<sub>2</sub>), helium (He) a radon (Rn) se vyskytují ve vodách pouze v molekulární formě, jiné (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>) reagují částečně s vodou v závislosti na hodnotě pH, kdy vznikají různé iontové formy (Pitter 1990).

**Kyslík** se do vody dostává difúzí a z fotosyntetické asimilace vodních rostlin (Hartman, Příkryl 1998). A naopak je spotřebováván při dýchání (respiraci) přítomných organismů, při aerobním rozkladu organických látek a při oxidaci některých anorganických látek (Pitter 1990).

Na druhu a množství rostlin (makrovegetace i fytoplanktonu), na délce a intenzitě osvětlení a na dostatku vhodných živin, závisí rostlinný podíl produkce kyslíku (Lellák 1991).

V čistých povrchových vodách se koncentrace rozpuštěného kyslíku pohybuje obvykle od 85 – 95% ní koncentraci a během dne kolísá (Pitter 1999).

S rostoucí teplotou, klesá absolutní obsah rozpuštěného kyslíku. V ranních hodinách, těsně před rozedněním, je obsah rozpuštěného kyslíku nejmenší a naproti tomu nejvyšší hodnoty jsou dosahovány v odpoledních a večerních hodinách (Hartman, Příkryl 1998). Toto kolísání je spojeno s intenzitou fotosyntézy, respirací organismů a se změnami teploty během dne (Pitter 1990).

Při intenzivní fotosyntetické asimilaci nebo v místě turbulentního toku může dojít k přesycení vody kyslíkem a přesycení může dosáhnout až dvojnásobku hodnoty nasycení (Pitter 1990).

Význam rozpuštěného O<sub>2</sub> ve vodách podle Pitera (1999):

- indikátor čistoty vod - zajištění aerobních pochodů při samočištění povrchových vod,
- nezbytný pro život ryb, v rozmezí 2 – 6 mg.l<sup>-1</sup> (podle citlivosti různých druhů) a ostatních vodních organismů.

Podzemní vody oproti povrchovým vodám jsou chudé na obsah rozpuštěného kyslíku, protože při průchodu půdou a horninami je rozpuštěný kyslík v infiltrujících vodách spotřebováván chemickými a biochemickými pochody.

**Oxid uhličitý** a jeho iontové formy jsou součástí uhličitanového systému, který je nejdůležitějším protolytickým systémem přírodních a užitkových vod. Významně ovlivňuje složení a vlastnosti vod. Plynný oxid uhličitý je ve vodě asi 200krát rozpustnější než O<sub>2</sub> (Lellák 1991).

Původ CO<sub>2</sub> obsaženého ve vodách může být atmosférický, biochemický, biogenní a hlubinný. Nejvýznamnějším zdrojem CO<sub>2</sub> je oxid uhličitý biochemického původu, který vzniká při biologickém rozkladu organických látek přítomných ve vodě i v půdě (Pitter 1990). Dalším zdrojem dostává produkce při dýchání a přitékající vodou (Hartman, Příkryl 1998).

### **Alkalita**

Podle Lelláka (1991) je alkalita vody definována jako schopnost vody neutralizovat kyselinu a je tedy mírou pufrční kapacity vod. Převahou koncentrace hydroxylových iontů nad vodíkovými je dána alkalická reakce i její hodnota. Stanovení alkality vody se běžně v praxi provádí stanovením solí kyseliny uhličitě (hydrogenuhličitanů), význam ostatních anorganických kyselin (fosforečné, křemičité a borité) je u přírodních vod zanedbatelný.

Z analytického hlediska se nejčastěji uvádějí hodnoty pH bodů ekvivalence 4,5 a 8,3. Hodnoty pH bodů závisejí na koncentraci veškerého oxidu uhličitého ve vodě. Jako je tomu u odpadních a kalových vod a odpadů ze zemědělství. V takových případech nepřevažuje uhličitanový systém, protože jsou přítomny i jiné anorganické či organické kyseliny a zásady. Výsledky titrace, neumožňují výpočet obsahu konkrétních složek, ale ani možnost odhadnout spotřebu kyseliny nebo zásady na eventuální neutralizaci těchto vod (Pitter 1999).

Rozeznáváme kyselinovou kapacitu (KNK) a zásadovou kapacitu (ZNK) v mmol.l<sup>-1</sup>.

Z hlediska produkce mají kyselé vody, ve kterých převládají H<sup>+</sup>, nízkou produktivitu, protože acidita inhibuje fixaci dusíku a brzdí recirkulaci biogenních elementů tím, že zpomaluje rychlost rozkladných procesů. Oproti tomu alkalické vody vykazují vyšší biologickou produktivitu (Lellák 1991).



Hodnota KNK4,5 není pro požadavky na jakost vodárenských toků a u ostatních povrchových vod uvedena.

### **Nerozpuštěné látky (NL)**

Pod pojmem nerozpuštěné látky se rozumí tuhé látky, které jsou odstranitelné filtrací. Koncentrace nerozpuštěných látek se u čistých vod pohybuje v jednotkách  $\text{mg.l}^{-1}$  (Pitter 1999).

### **Chlorofyl a**

Koncentrace chlorofylu a je údaj, který je akceptován jako míra celkového množství biomasy fytoplanktonu. Stává se tak indikátorem trofie a potenciální fotosyntetické aktivity řas a sinic (Pitter 1999). U neznečištěných vod by měly být koncentrace nižší než  $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ .

### **Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)**

Pro stanovení veškerých organických látek ve vodě se používá stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) a to především pomocí oxidačního činidla dichromanu draselného ( $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ ). Při stanovení se na koncentraci usuzuje množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci. Výsledky se přepočítávají na kyslíkové ekvivalenty a udávají se  $\text{mg.l}^{-1}$ . V běžných povrchových vodách se koncentrace  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  pohybuje v rozmezí 1,9 – 2,7  $\text{mg.l}^{-1}$  (Pitter 1999).

## **3.3.3 Látky rozpuštěné a přítomné ve vodě**

Voda je o některé látky obohacována sice již v atmosféře, ale k hlavnímu nárůstu jejich obsahu dochází až při infiltraci půdou a horninami. Velký význam má antropogenní zdroj jakým jsou splaškové vody a nečistoty z ovzduší (Pitter 1999).

### **3.3.3.1 Organické látky ve vodě**

Organické látky se do vody dostávají přirozenou nebo antropogenní cestou (Pitter 1990). Mezi přirozené organické látky patří výluhy z půdy a sedimentů, produkty životní činnosti rostlinných a živočišných organismů žijících ve vodě. Látky antropogenního původu se do vody dostávají ze splaškových a odpadních vod a ze zemědělství. Organické látky se z povrchové vody odbourávají souhrnně probíhajícími fyzikálními, chemickými, biologickými a biochemickými pochody (Pitter 1990).

Ve výsypkových vodách se mohou organické látky vyskytovat v malých koncentracích, zejména na místech, kde se již postupně vytvořil vegetační kryt. Ve velmi vzácných případech se mohou vyskytovat i organické látky přímo na pramenech, nicméně potom se dle Heziny jedná (2001): „o fosilní organické látky uvolněné z uhelných jílu.“

### 3.3.3.2 Anorganické látky ve vodě

Formy výskytu jednotlivých anorganických látek závisejí na hodnotě pH, na oxidačně – redukčních reakcích a na komplexotvorných reakcích a mohou být přítomné ve vodách současně jako kationty, anionty a neelektrolyty (Pitter 1990).

Podle Pittera (1990) dělíme z fyzikálního hlediska anorganické látky obsažené ve vodách na:

- **iontově rozpustěné látky** (elektrolyty) – například vápník, hořčík, draslík, hydrogenuhličitan, sírany, chloridy, dusičnany, dusitany, fluoridy a fosforečnany
- **neiontově rozpustěné látky** (neelektrolyty) – sloučeniny křemíku a boru, rozpustěné plyny kyslík a oxid uhličitý

#### Hořčík a vápník

Hořčík a vápník se přirozeně vyskytují a do vody tedy dostávají především z vyluhování vápence ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomitu ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), magnezitu ( $\text{MgCO}_3$ ), sádrovce ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), hlinitokřemičitanů vápenatých a hořečnatých (Pitter 1990).

Hořčík a vápník se v povrchových vodách nachází ve formě dvojmocných kationtů ( $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$ ), rozpustných hydrogenuhličitanů nebo nerozpustných uhličitanů. (Hartman, Příkryl 1998).

Oba dva prvky významně ovlivňují neutralizační kapacitu a pH vody. Význam prvků: Hořčík je nezbytnou složkou chlorofylu a dále se zúčastňuje stavby buněčné hmoty. Vápník je stavebním materiálem rostlinných buněk a mnoha druhů vodních živočichů. Je tedy důležitým biogenním prvkem (Hartman, Příkryl 1998).

#### Sodík a draslík

Vyluhují se z různých hlinitokřemičitanů nebo se uvolňují při jejich chemickém zvětrávání. Jedná se především o živce a slídy (albit  $\text{Na[AlSi}_3\text{O}_8]$ , ortoklas  $\text{K[AlSi}_3\text{O}_8]$ , muskovit  $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$  aj.). Mezi další přirozené zdroje patří výměna iontů  $\text{Ca}^{2+}$  za  $\text{Na}^+$  při styku vody s některými jílovými minerály.

Ve vodách se alkalické kovy vyskytují většinou jako jednoduché kationty (Pitter 1990).

## Mangan

Mangan doprovází především železné rudy. Vyskytuje se ale i v manganových rudách, a to zejména v burelu ( $\text{MnO}_3$ ), braunitu ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ), hausmannitu ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) a dialogitu ( $\text{MnCO}_3$ ). Do vody se také může dostávat z půd, sedimentů a z některých částí odumřelých rostlin. Ve vodě se mangan vyskytuje v různých oxidačních stupních, v rozpuštěné i v nerozpuštěné formě.

Nejvýznamnější jsou formy iontů  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Mn}^{6+}$  (Pitter 1999). Mangan se oproti železu obtížně sráží. K jeho vysrážení je zapotřebí vysokého pH nebo přítomnost manganových bakterií (Přikryl, Faina 1999). V běžných povrchových vodách se koncentrace manganu pohybuje do  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  (Hartman, Přikryl 1990). Již při koncentraci  $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$  nepříjemně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody a nerozpuštěné vyšší oxidační formy Mn hnědě zbarvují materiály, které přijdou s takovouto vodou do styku. Hrozí i přemnožení manganových bakterií, které vede k ucpání vodovodního potrubí (Pitter 1999).

## Železo

Mezi nejdůležitější železnou rudu patří pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) (Pitter 1999), který je nejrozšířenější v přírodě a bývá také pravidelnou složkou odpadů po důlní těžbě (Černík a kol.).

Další vyskytující se železné rudy jsou krevet ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetovec ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hnědel ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ). Železo je dále obsaženo v řadě přírodních hlinitokřemičitanů (Pitter 1999).

Železo se ve vodách vyskytuje buď v dvojmocné nebo v trojmocné formě. A v oxidačním stupni III se stává nejstabilnější formou výskytu (Pitter 1999).

Železo ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody, a to barvu, chuť a zákal. Již při koncentracích  $0,5$  až  $1,5 \text{ mg/l}$  se projevuje chuťová závada.

V nádržích dochází ke stratifikaci obsahu železa (stejně jako u Mn). V období letní a zimní stagnace se v hypolimniu, tj. u dna ve spodních vrstvách vody, hromadí rozpuštěné i nerozpuštěné formy železa v koncentracích dosahujících až několik desítek  $\text{mg.l}^{-1}$ . V epilimniu, tedy ve svrchních vrstvách vod, mohou být již jen setiny  $\text{mg.l}^{-1}$ .

$\text{Fe}^{\text{II}}$  vzniká při redukčních pochodech u dna nádrží. Při jarní a podzimní cirkulaci vody je  $\text{Fe}^{\text{II}}$  rozptýleno v celém objemu vody a na povrchu se při styku s rozpuštěným kyslíkem oxiduje a poté hydrolyzuje. Posléze se vylučuje hydratovaný oxid železitý, který se sedimentuje a následně ubývá železa v celé vertikále.

Nadměrný rozvoj železitých bakterií, které po přemnožení ucpávají potrubí a po svém úmrtí způsobují zápach, může být způsoben již malou koncentrací  $\text{Fe}^{\text{II}}$  ve vodě.

V povrchových vodách se obvykle koncentrace železa pohybuje v setinách až v desetínách  $\text{mg.l}^{-1}$  (Pitter 1990).

## Zinek

Nejčastějšími zinkovými rudami jsou sfalerit (ZnS) a smithsonit (ZnCO<sub>3</sub>). Větší množství zinku se také dostává do podzemních vod ze sulfidických rud. Ve vodě se vyskytuje v rozpuštěných formách: Zn<sup>+2</sup>, [Zn(OH)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, [Zn(OH)<sub>2</sub>(aq)]<sup>0</sup>, [Zn(OH)<sub>3</sub>]<sup>-</sup>, [Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>-2</sup>, [ZnCO<sub>3</sub>(aq)]<sup>0</sup>, [Zn(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2-</sup>, [ZnHCO<sub>3</sub>]<sup>+</sup> a ve vodách o velké koncentraci síranů se také může vyskytovat iontový asociát [ZnSO<sub>4</sub>(aq)]<sup>0</sup>. V prostých podzemních i povrchových vodách zinek obvykle bývá v rozmezí hodnot 5 – 200 µg.l<sup>-1</sup> (Pitter 1999).

## Sloučeniny dusíku

Dusík se ve vodách vyskytuje ve formě dusičnanových, dusitanových a amonných iontů (Hartman 1998).

Dusík a jeho sloučeniny mohou být původu anorganického nebo organického. Zdrojem je zejména atmosférická depozice, zemědělství a obyvatelstvo (spláskové vody) (Pitter 1999).

**Amoniakální dusík** je primárním produktem jednak metabolismu živočichů, jednak rozkladu živočišných a rostlinných organických dusíkatých látek, zejména aminokyselin (Heteša 1988). Další zdroj této formy dusíku může pocházet také ze srážkových vod z ovzduší průmyslových oblastí.

Amoniakální dusík se ve vodě vyskytuje jako disociovaný iont NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a nedisociovaný NH<sub>3</sub>. Podíl těchto dvou forem výskytu závisí na hodnotě pH a teplotě vody (Pitter 1999). V čistých podzemních vodách a povrchových vodách se nachází v desetinách mg.l<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>-N (Lellák 1991).

**Dusitany** ve vodách vznikají obvykle jako přechodný člen v cyklu dusíku při biologické redukci dusičnanů či biologické oxidaci amoniakálního dusíku.

Ve vodách se však vyskytují pouze v malých koncentracích, protože jsou velmi nestálé.

Dusitany patří mezi významné indikátory fekálního znečištění. Tuto indikátorovou hodnotu ztrácejí, pokud jsou anorganického původu.

Mohou vznikat i chemickou redukcí dusičnanů kovy, např. v podzemních vodách obsahujících Fe<sup>II</sup> či Mn<sup>II</sup>. Obsah dusitanů ve vodách se zpravidla udává hmotnostní koncentrací a to jako NO<sub>2</sub><sup>-</sup> v mg.l<sup>-1</sup> (Horáková 2003a).

**Dusičnany** jsou sice v minerálech také obsaženy, nicméně jen velmi zřídka.

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu organických dusíkatých látek, je-li v prostředí přítomen O<sub>2</sub>.

Při elektrických výbojích v atmosféře se oxidací elementárního dusíku tvoří převážně jako dusičnany, které přecházejí do atmosférických vod (Pitter 1990).

Z antropogenních zdrojů, ze kterých se dostávají dusičnany do vodního prostředí, je nejdůležitější zdroj zemědělský, neboť toto využívá dusičnanová hnojiva (Hartman 1998). Značné množství dusičnanů bývá také přítomno v odpadních vodách (Radová 2008).

Podle Pittera (1999) se v přírodních vodách koncentrace dusičnanů mění také v závislosti na vegetační období.

## Fosfor

Sedimenty a bazické horniny jsou hlavními přírodními zdroji a zásobníky fosforu (Lellák, Kubíček 1992). Apatit ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F}, \text{Cl})_2$ ) je hlavním primárním minerálem obsahujícím fosfor.

Mezi antropogenní zdroje anorganického fosforu ve vodě patří aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství a ortho- a polyfosforečnany z pracích prostředků. (Pitter 1990). Vysoký obsah fosforu způsobuje eutrofizaci vod (Lellák 1992).

Fosfor organického původu se nachází v živočišných odpadech a v rozkládající se odumřelé flóře a fauně, které se usazují na dně řek, nádrží a jezer.

Celkový fosfor se ve vodách vyskytuje buď ve formě anorganických sloučenin, nebo v organických sloučeninách. Jsou to hlavně orthofosforečnany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Výskyt jednotlivých těchto forem ovlivňuje zejména hodnota pH vody (Pitter 1990).

Pro posuzování zásob a dynamiky fosforu ve vodním systému se nejčastěji zjišťuje obsah fosforečnanového a celkového fosforu. Vzájemný poměr obsahu fosforu, dusíku a uhlíku limituje celkovou produkci biosystému. Pro posouzení úživnosti vodního systému je důležitý zejména poměr N : P. Jestliže N : P > 10, bývá limitující živinou fosfor (Lellák 1991).

## Síra

Síra se vyskytuje v pěti oxidačních stupních: -II (sulfidy  $\text{H}_2\text{S}$  a organosírové sloučeniny), -I (disulfidy  $\text{S}_2^{2-}$ ), 0 (elementární síra), +IV ( $\text{SO}_2$ ), +VI (sírany  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Síra se ve vodě může ještě vyskytovat v podobě thiosíranů ( $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ), thiokyanátů ( $\text{SCN}^-$ ) a siřičitanů ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) (Hezina 2001).

V přírodních vodách se vyskytují především sírany a sulfidy (Hezina 2001).

Sírany a jejich přirozený obsah ve vodě je produktem zvětrávání hornin (Heteša 1988). Sádrovec ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ) patří mezi hlavní minerály.

Sírany také vznikají oxidací sulfidických rud, což způsobuje velké koncentrace síranů v důlních vodách (Pitter 1999).

Vlastní proces oxidace sulfidů je navíc katalyzován přítomností kovů a to zejména manganu ( $Mn^{2+}$ ), který je běžně přítomen ve výsypkových vodách (Hezina 2001). Dalším důležitým antropogenním zdrojem síranů jsou hlavně odpadní vody z moření kovů a městské a průmyslové exhalace (Pitter 1999). Síraný mají hlavní podíl na vysoké koncentraci rozpuštěných látek (Přikryl 1999).

Ve vodách se obsah síranů pohybuje v desítkách až stovkách  $mg.l^{-1}$  (Pitter 1999).

Uhelné sloje i jejich nadloží jsou bohaté na sulfidy, především pyrit a markazit. Tyto sloučeniny se v důsledku těžby uhlí dostávají do kontaktu se vzdušným kyslíkem a kyslíkem rozpuštěným ve vodě. Při oxidaci těchto sloučenin vzniká kyselina sírová a tím silně klesá pH vody. Důsledkem je následné zvýšení koncentrace dalších kovů, jelikož jejich rozpustnost s poklesem pH zpravidla výrazně roste (Přikryl 1999).

## **Chloridy**

Chloridy jsou nejrozšířenější formou sloučenin chlóru ve vodách (Pitter 1999). Chloridy jsou ve vodách chemicky a biologicky stabilní a jsou také nejběžnější formou výskytu sloučenin chlóru ve vodách.

Vyskytují se ve všech různých typech vod, a to v různé koncentraci, která se pohybuje od  $mg.l^{-1}$  až po několik  $g.l^{-1}$  (Ptáková 2003a). Při vyšších koncentracích ovlivňují chuť vody, ale jinak jsou zdravotně nezávadné (Pitter 1999).

Hlavní původ chloridů v povrchových vodách je převážně antropogenní (Radová 2008). Jsou obsaženy ve splaškových vodách, protože člověk vyloučí močí za jeden den asi 9 g chloridů. Vysoké koncentrace chloridů lze také nalést v zemědělských odpadech živočišné výroby. Dalším důležitým zdrojem chloridů ve vodě může být z posypu vozovek v zimním období (Pitter 1999).

Při větších koncentracích chloridů v přírodních vodách se stávají indikátorem znečištění splaškovými či průmyslovými vodami (Ptáková 2003a).

## **Hydrogenuhlčitany**

Hydrogenuhlčitany se do vody dostávají při chemickém zvětrávání hlinitokřemičitanů působením  $CO_2$  a  $H_2O$  a reakcí mezi uhličitanovými minerály a  $CO_2$  (Pitter 1999).

V závislosti na podloží povrchové vody obsahují nejčastěji desítky až stovky  $mg/l$ . V atmosférické vodě jsou pouze desítky  $mg.l^{-1}$ . Vysoký obsah minerálních látek s koncentrací volného  $CO_2$  nad  $1 g.l^{-1}$  ve vodě způsobuje nepřítomnost hydrogenuhlčitanů (Hezina 2001).

## **Uhličitany**

V přírodních vodách se uhličitany vyskytují jen zřídka, jelikož jsou odstraňovány srážením málo rozpustných uhličitánů kovů.

Největší koncentrace uhličitánů je v období tvorby vodního květu při vysoké fotosyntetické činnosti sinic a řas, nebo při hojném výskytu ponořené vodní vegetace. Tím se po vyčerpání volného CO<sub>2</sub> rovnováha posouvá k tvorbě uhličitánů. Hodnota pH pak díky tomu roste nad 8,3 (Pitter 1990).

Při vzniku CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> dochází k tvorbě CaCO<sub>3</sub>. Uhličitany je pak na dně vysráženo v podobě drobných krystalů. Hodnota pH v takovýchto vodách stoupá až na 10 (Hezina 2001).

## **3.4 Charakteristika vod v oblasti Medard – Libík**

### **Srážkové vody**

Srážkové vody jsou veškeré vody obsažené v ovzduší ve všech skupenstvích (Hezina 2001). Srážky vznikají pokud klesne teplota vrstvy vzduchu pod rosný bod a vyskytují-li se v tomto prostředí kondenzační jádra (částičky prachu, solí apod.). V tomto procesu se tedy mění vodní pára ve vzduchu v kapalnou vodu, sníh či led (Pitter 1990). Srážky se proto dělí na kapalné (děšť, mrholení, mlha, rosa) a srážky tuhé (sníh, jinovatka). (Hezina 2001).

Srážková voda s obsahem hlavních složek (S, N, Ca, Na, K a Cl) představuje roční spád 7g.m<sup>-2</sup> ve formě rozpuštěných látek (Kalavská, Holoubek 1989).

### **Důlní vody**

Během povrchové těžby byla uměle snížena hladina podzemních vod až o několik desítek metrů (Hezina 2001). Naopak z dolů i z výsypek odtéká velké množství důlních vod.

Podle Zákona č. 44/1988 Sb., § 40, odst. 1, jsou důlní vody charakterizovány takto:

„Důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.”

Důlní vody se vyznačují specifickým složením a jejich podobnost po celém světě je především v nízkém pH. Kyselost důlních vod je způsobena protony H<sup>+</sup>, které vznikly při oxidaci pyritů na kyselinu sírovou. Pokud kyselina není neutralizovaná, dochází k výraznému okyselení vody. Voda má pak velkou schopnost rozpouštět a vyluhovat různé látky hornin a to zejména těžké kovy.

Vody se tak obohacují o rozpuštěné ionty. Nejčastěji se vyskytují kationty Fe, Mn, Cu, Zn a Cd. Z aniontů jsou nejdůležitější sírany.

V krajině přítomnost těchto vod způsobuje velké problémy. V některých lokalitách, které jsou syceny důlní vodou, může pH vody klesnout pod 3.

V takovýchto vodách žije jen omezený počet druhů organismů. Téměř výhradně železo v kombinaci s hliníkem určuje hodnotu pH. Železo a mangan a jejich oxidace a následná opětovná redukce, výrazně ovlivňují kyslíkové podmínky v nádrži (Hezina 2001).

V dosud těžených lomech jsou důlní vody sváděny do retenčních nádrží soustavou odvodňovacích příkopů (drenů), kde před jejich vypouštěním do vodních toků probíhá úprava provzdušňováním (aerací) a vápněním. Principem úpravy je zvýšení pH vod vápencovou suspenzí, nasycení kyslíkem aerací a přidáním koagulačního prostředku. Vyčištěná voda je po vysrážení a vysušení kalu v kalolisech vypouštěna do řeky Svatavy.

Z retenční nádrže lomu Medard bylo roku 2008 ukončeno čerpání důlních vod, a zároveň zahájeno napouštění rekreačního jezera Medard (Rojík 2010).

### **3.5 Vliv mokřadů a vegetačního krytu na koloběh vody a látek**

K hlavní funkci mokřadů a vegetace ve vztahu k vodnímu cyklu se vztahuje ke kvalitě a k regulaci odtékající vody. Kvalitou vody je dána množstvím rozpuštěných látek (Ripl et al. 1996).

#### **3.5.1 Vliv mokřadů na koloběh vody**

Voda se zadržuje v ekosystémech a její množství během roku kolísá jen nepatrně (Ripl et al. 1996).

Na plochách, kde je omezena vegetace dochází k posílení dlouhého vodního koloběhu. Při dlouhém koloběhu je voda z povodí odvedena velmi rychle, což má za následek vysychání půdního horizontu a následně vede k silnému kolísání hladiny podzemních vod. Pokud dochází k opakovanému vysoušení půdního horizontu, dochází k mineralizaci organických látek v půdě a k postupnému ochuzování půdy. Prodlužování koloběhu vody vede k obohacování vodních toků a nádrží o živiny a způsobuje eutrofizaci. S růstem odnosu látek se zvyšuje tok vodíkových iontů. Pokud se kationy úplně nahradí protony H<sup>+</sup>, dochází k acidifikaci půdního profilu (Hezina 2001).

Mokřady a vegetace se také podílí svojí evapotranspirací na vypařování vody v krajině a výrazně tak ovlivňuje koloběh vody a mikroklimatické poměry. Ve fungující krajině se 80-90 % vody využívá pro evapotranspiraci a pouze 10-20 % je uvolněno z krajiny do vodotečí. Evapotranspirací dochází k vyrovnání teplot v krajině, neboť v chladnějších oblastech dojde ke kondenzaci vodních par za současného uvolňování tepla (Ripl et al. 1996).



### 3.6 Využití mokřadů pro čištění důlních vod

Mokřady jsou nejrychleji se rozvíjející společenstva, velmi často se mění jejich struktura a to i během vegetačního období. Značná proměnlivost má vliv i na primární produkci (Hezina 2001).

Umělé mokřady tvoří půdní filtry s mokřadní vegetací (Šálek 2000).

#### Z makrofyt se na čištění vody podílejí zejména:

- **Emerzní rostliny (vynořené) kořenicí v půdě a sedimentech vodních nádrží.**

Tyto rostliny jsou charakterizovány velkým objemem vytrvalých podzemních orgánů – patří sem především pobřežní rostliny, vyskytující se běžně v litorální zóně mělkých rybníčních hrází, např. rákos obecný (*Phragmites australis*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), skřípinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), zepar vzpřímený (*Sparganium erectum*), sítina rozkladitá (*Juncus effusus*), (Šálek 2000).

Rostliny asimilují živiny ze sedimentů. Vodní hladina na těchto stanovištích může být od 0,5 m pod úrovní povrchu a cca 1,5 m nad povrchem (Vymazal 1995).

Většina makrofyt se vyznačuje značnou akumulací kapacity a dlouhou vegetační dobou, která může být u zblochanu vodního i nepřetržitá. Makrofyta současně slouží k ochraně proti břehové abrazi.

- **Submerzní rostliny (vzplyvající na vodě) s méně vyvinutým kořenovým systémem.**

Rostliny jsou méně připoutávány ke dnu kořenovým systémem a listy jsou ponořené, či vzplývavé – patří sem rdesty, které mají schopnost akumulovat z vodního prostředí těžké kovy, stolístek klasnatý (*Myriophyllum spicatum*) přispívá k biodegradaci ropných látek (Vymazal 1995).

- **Rostliny s volně plovoucími listy.**

Kořenují v sedimentech ve vodách hlubokých cca 0,5 – 3 m a mají buď plovoucí, nebo částečně vzdušné listy, např. leknín bílý (*Nymphaea alba*), stulík žlutý (*Nuphar lutea*) (Vymazal 1995).

- **Volně plovoucí rostliny.**

Nekořenují v substrátu a vyskytují se v místech s klidnou hladinou. Například okřehek menší (*Lemna minor*), závitka mnohokořená (*Spirodela polyrhiza*) (Vymazal 1995).

### 3.6.1 Využití biomasy mokřadní vegetace pro snižování koncentrace rozpuštěných kovů

Podle Heziny (2001) jsou kovy v rostlinách akumulovány značně nerovnoměrně. Například u orobince širokolistého (*Typha latifolia*) se koncentrace Fe a Mn pohybují v biomase kořenech od 100 do 400  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , u oddenků je již koncentrace výrazně nižší v rozmezí od 5 do 60  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Podobné koncentrace jsou i u rákosu obecného (*Phragmites australis*). Rostliny rdestu (*Potamogeton*), které jsou celé ponořené ve vodě mají ve své biomase větší koncentrace kovů.

Podle Vymazala (1995) se vlastní mokřadní vegetace podílí na snižování koncentrací kovů nepřímo. důležitá je schopnost zadržování těžkých kovů, která je způsobena tvorbou hydratovaných oxidů železa a manganu v bezprostřední blízkosti kořenů.

Při difúzi kyslíku z kořenů do okolí, vzniká vysoký redoxní gradient, který má za následek vznik komplexního oxohydrátu FeOOH. Hydratované oxidy slouží jako sorbent pro těžké kovy (Hezina 2001). Tento jev se běžně používá pro čištění průmyslových a důlních drenážních vod. Na snižování koncentrací těžkých kovů se podílí fyzikální (sedimentace), chemické (srážení, adsorbce) a biologické (rostlinná adsorbce) procesy (Vymazal 1995).

Efekt mokřadů na snižování koncentrace železa a manganu v odtékající vodě byl jednoznačně prokázán (Pecharová 2004).

## 3.7 Řízená a přirozená sukcese

Otázkou sukcese se zabývá mnoho českých i zahraničních autorů a proto i mnoho definic vysvětlujících pojem sukcese. Např. Forman a Gordon (1993), Míchal (1994), Odum (1977).

Forman a Gordon (1993) uvádějí, že pokud nějaká disturbance zničí území nebo jeho část, tak toto území či místo nezůstane dlouho holé. Rostliny a živočichové jej rychle začínají kolonizovat. Lze tedy na sukcesí pohlížet jako na směřovaný proces náhrady jednotlivých druhů za jiné do té doby, než je dosaženo tzv. klimaxového společenstva. Takové společenstvo se skládá převážně z druhů, které se přímo na daném území úspěšně reprodukuje.

Podle Míchala (1994) může být ekologická sukcese definována jako uspořádaný sled vývoje společenstva, zahrnující změny druhového složení a procesů ve společenstvu v průběhu času. Tento vývoj se odehrává určitým směrem a lze jej tedy přiměřeně předpovídat. K sukcesí vede nerovnost vstupů a výstupů, které jsou jejím spouštěcím mechanismem.

Podle Oduma (1977) ke změně rostlinných a živočišných druhů v sukcesní řadě dochází proto, že populace mění abiotické prostředí a vytvářejí tak příhodné podmínky pro jiné populace a to až do doby, kdy je dosaženo rovnováhy mezi biotickou a abiotickou složkou a vzniká klimaxové stadium.

Řízená sukcese spočívá v podobě transferů rostlin a živočichů, jelikož v některých případech bývá proces přirozené sukcese velmi pomalý a ne vždy vznikají požadovaná společenstva (Hezina 2001).

Odum (1977) uvádí, že v rámci revitalizace by bylo vhodné využít i přirozenou sukcesí, jelikož se během ní na lokalitách postižených těžbou objevují druhy rostlin a živočichů, které jsou přizpůsobené místním podmínkám více, než druhy vysazené v rámci rekultivace.

## **4. Popis zájmové lokality**

Okres Sokolov se nachází při západní hranici ČR vně lázeňského trojúhelníku Karlovy Vary – Mariánské lázně – Františkovy lázně. Sousedními okresy jsou Karlovy Vary a Cheb, na severu hraničí se SRN (Culek 1996).

Podle Havlíčka (1986) se oblast nachází ve středoevropském mírném pásmu s výraznějším vlivem atlantického proudění. Průměrná nadmořská výška je 450 m. Teploty oblasti jsou relativně vyrovnané, s mírnými zimami i s mírnějšími teplotami v letním období. Průměrná teplota vzduchu 7,3 °C.

### **4.1 Sokolovská pánev**

Podle Culka (1996) se Sokolovská pánev nachází v propadlině řeky Ohře. Sokolovská pánev má délku 36 km, šířku 9 km a její celková rozloha je 312 km<sup>2</sup> (Rojík a kol. 2010).

Z jihu je omezena oherským neboli jižním okrajovým zlomem, který ji odděluje od Slavkovského lesa a Tepelské vrchoviny. Na severní straně je pánev ohraničena stupňovitým zlomovým pásmem krušnohorským. Od Chebské pánve je na západě oddělena krystalinickým hřbetem Chlumu sv. Máří. A na východě je oddělena od Severočeské hnědouhelné pánve krystalinickým hřbetem oherského krystalinika, překrytým vulkanity Domovských hor (Rojík a kol. 2010).

## 4.2 Lom Medard – Libík

Lom Medard – Libík se nachází mezi obcemi Citice, Bukovany – na jihu, Svatava – na východu a městy Sokolov – na západě a Habartov – na severu (viz obr.1). Celková výměra bývalého lomu Medard – Libík je 1 183 ha (Frouz, Popperl 2007).

Obr. 1: Mapa vyznačující umístění lomu Medard – Libík.



Zdroj: <http://www.mapy.cz>

Podle Culka (1996) bylo území, které je dnes postižené těžbou, využíváno v minulosti hlavně zemědělsky.

Průměrná roční teplota vzduch za rok 2010 v zájmové lokalitě byla 6,8 °C a roční úhrn vodních srážek byl 904 mm (Data poskytl CHMU).

## 4.3 Rekultivace provedené a plánované po těžbě hnědého uhlí v uzavřeném lomu Medard-Libík

V České republice se rekultivace krajiny narušené po těžbě hnědého uhlí provádí již od 50. let 20. století.

Rekultivace zahrnuje soubor technických a biotechnických opatření. Cíle obnovy krajiny se během let mění, a proto i rekultivace prošla významným kvalitativním vývojem. V poslední době je preferován vyšší podíl lesnické rekultivace, zatímco dříve byly užívány především rekultivace zemědělské (Kabrna a kol. 2010).

Za základní podmínku pro rekultivaci krajiny narušené povrchovou těžbou hnědého uhlí se považuje obnova ekologických funkcí mokřadních oblastí. Pro zpomalení odtoku vody a odnosu látek a energie z krajiny je důležitá obnova krátkého vodního cyklu. Snaha je přitom vodu v krajině udržet co nejdéle. Jedná se zejména o malé vodní nádrže, poldry, mokřadní plochy, revitalizaci potoků a řek a o jezera v místech zbytkových jam vzniklých po vytěžení uhelných slojí (Pecharová a kol. 2011).

Podle Zákona 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) je organizace povinna zajistit sanaci, která obsahuje i rekultivace všech pozemků dotčených těžbou a monitorování úložného místa po ukončení jeho provozu. Sanace pozemků uvolněných v průběhu dobývání se provádí podle plánu otvírky, přípravy a dobývání. Za sanaci se považuje odstranění škod na krajinně komplexní úpravou území a územních struktur.

K zajištění těchto činností je organizace povinna vytvářet rezervu finančních prostředků. Tyto rezervy musí odpovídat nákladům a potřebám sanace pozemků dotčených dobýváním. Dále je organizace povinna před zastavením provozu v hlavních důlních dílech nebo v lomech vypracovat plány jejich zajištění nebo likvidace. (online: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu.cz>, 23.9. 2010)

Rekultivace provedené po těžbě proběhly na základě „Technického projektu likvidace lomu Medard – Libík“ z roku 1995, který byl postupně upřesňován dalšími technickými projekty. V roce 2001 byl zpracován „Plán likvidace lomu Medard – Libík“. Na základě tohoto plánu likvidace bylo navrženo, aby v lokalitě celého lomu o rozloze 1 183 ha byla provedena vodní plocha (jezero Medard) na kótu 401 m n. m. o rozloze cca 501,4 ha a zbylá plocha v lokalitě, tj. cca 394,24 ha, bude zrekultivována převážně lesnickou rekultivací. Přibližné náklady na realizaci rekultivace jsou přibližně 792 990 000–Kč (Plán likvidace 2001).

Podle Plánu likvidace lomu Medard – Libík (2001) je lesnická rekultivace rozdělena na klasickou lesnickou rekultivaci a na mokřady, louky, odvodnění, hospodárnice a ostatní.

- **Klasická lesnická rekultivace** - byla zrealizována na 334,74 ha. Z toho stromy bylo zalesněno 281,44 ha, což je 2 826 755 ks. Výsadba keřů proběhla na 6,93 ha, což je 69 200 ks. Stromy i keře byly vysázeny ve čtvercovém sponu 1 x 1 m, tj. 10 000 sazenic/ha. Sazenice byly dvouleté, prostokořenné. Doba vlastní rekultivace bude u křovin i u stromů 5 let s následným zásahem v 11. roce prořezávkou a předáním „zajištěné kultury“.
- **Mokřady** řeší zadržení a částečné čištění povrchových vod přitékajících ze záchytných příkopů a odvodňovacích kanálů. Jsou navrženy nepravidelného oválného půdorysu a byly vybudovány jako zemní prohlubně o hloubce cca 1,5 m.
- **Louky** byly osety jetelotravní pastevní luční směsí s 5-ti letým biologickým cyklem (50 kg/ha), který je níže rozepsán po jednotlivých letech. Z celé plochy činí louky 55,66 ha.
- **Odvodnění** řeší podchycení a odvedení povrchových vod a záchytné příkopy a mokřady respektují a vytváří hydrografickou síť.
- **Hospodárnice** vytváří novou cestní síť, která umožní zpřístupnění okolních lesních pozemků k jejich obhospodařování a současně slouží jako hlavní přístupová komunikace do prostoru rekultivace. Konstrukce hospodárnice je o šířce 3 m se zhuštěnými krajnicemi po obou stranách šíře 1 m.

- **Cestní příkopy** jsou řešeny jako otevřené lichoběžníkové koryto o průměrné hloubce 0,8 m; šířka dna 0,6 m; sklon svahů 1 : 1,5. Dno a část svahů bude zpevněno drceným kamenivem fr. 63 – 125 mm v tl. 25 cm. Kamenivo bude kladeno na geotextilii šíře 2 m. Zbytek svahů bude převrstven zeminou schopnou zúrodnění v tloušce 10 cm a oseto travní směsí (zpracováno podle Plánu likvidace z roku 2001 a ze Závazných projektů rozsahu rekultivace I. až V. etapy lomu Medard – Libík 2002).

## 5. Metodika

### 5.1 Zjištěná situace lokalit v zájmovém území

Pro vstup na území bylo zapotřebí řádné proškolení a seznámení Sokolovskou uhelnou a.s. Při odběrech vzorků jsem pracovala v kolektivu SU a.s., ZF, FŽP a ENKI o.p.s.

Prováděla jsem:

- a) odběr vzorků
- b) příprava vzorků v laboratoři v ENKI o.p.s v Třeboni pro další stanovení

### 5.2 Chemické sledování kvality vody

#### 5.2.1 Odběr vzorků

Odběry a zejména zpracování vzorků vody se stalo hlavní náplní této bakalářské práce. Byly odebrány vzorky vody na patnácti vybraných místech v blízkém okolí jezera Medard a to během jednoho vegetačního období a v jednom zimním odběru.

Terénní odběry byly prováděny přibližně jednou za měsíc – přesněji 4.5., 8.6., 19.7., 26.8., 4.11. 2010 a 9.2. 2011. Z toho 9 míst bylo odebráno pokaždé (6 x) a to Štola Josef, příkop a malé vodní nádrže – M1, M2, M5, M9, M10, M11, M13, M19. Nádrže M3, M3A, M6, M17 5x.

Ve dvou nádržích (M05 a M19) byly odebrány vzorky na více místech. V M05 bylo vzorkováno na třech místech, a to na přítoku, odtoku a nad kaskádou. A v M19 byly pravidelně odebírány vzorky na přítoku a odtoku.

Dne 28. - 29. 2. 2011 byly do ortofotomap zakresleny přítoky a odtoky nádrží a body značící pravidelná místa odběru vzorků. Mapový podklad byl získán z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz).

Voda byla vzorkována do PET láhví o objemu 1,5 l. Pokud bylo v místě odběru či přímo v nádrži dostatečné množství vody, byla PET láhev připevněna na 2 m tyč s kruhovou objímkou a ponořena 10 cm pod hladinu. Pokud vody nebylo dostatečné množství, či byl vzorek odebírán na přítoku nebo odtoku a průtok vody byl malý, byly PET láhve plněny za pomoci 100 ml vzorkovnic. Vždy bylo dbáno na to, aby se voda nezakalila a správné výsledky chemických rozborů neztratily svoji správnost. Každá láhev byla plně naplněna vodou a zbývající vzduch byl vytlačen. V zimním odběru 8.2. 2011 musel být sekerou rozbit led a voda byla nabrána tak, aby nebyla odebírána přímo pod ledem.

Získané vzorky byly zpracovány hned druhý den po odběru v laboratoři ENKI o.p.s. v Třeboni.

### **5.2.2 Terénní měření**

Přímo na sledovaných lokalitách bylo téměř vždy provedeno terénní měření zahrnující fyzikálně-chemické parametry: teplota, vodivost, pH, průhlednost a barva vody. Hodnoty byly použity pouze jako kontrolní materiál při hodnocení správnosti hodnot naměřených v laboratoři.

**Teplota, vodivost a pH** byly změřeny pomocí konduktometru.

**Stanovení průhlednosti** bylo provedeno tzv. metodou Secchiho disku. Secchiho disk je plochá deska kruhovitého tvaru, na které jsou kontrastně odlišeny bílou a černou barvou čtyři sektory. Deska je spouštěna do vody a sleduje se do té doby, kdy jsou barvy rozlišitelné. Daná vzdálenost v metrech či centimetrech, je hodnotou průhlednosti vody (Kollerová 2003b). Stanovení průhlednosti bylo provedeno pouze při prvních dvou odběrech, tedy 4.5. a 8.6. 2010. Naměřené hodnoty jsou uvedeny ve zjištěné situaci jednotlivých lokalit zájmového území.

### **5.2.3 Laboratorní zpracování vzorků odebrané vody a jejich analýzy**

V rámci této práce byly monitorovány základní anorganické parametry určující chemismus vod (pH, vodivost, alkalita, acidita, Na atd.). Byla sledována i přítomnost toxického těžkého kovu Zn, jako častého doprovodného kontaminantu důlních vod po těžbě hnědého uhlí (Černík a kol. 2008).

### 5.2.3.1 Fyzikálně – chemické analýzy

**Potenciometrické stanovení pH a vodivost** vzorku byly stanoveny pomocí přístroje WTW Multi Lab P5, P4 720.

**KNK<sub>4,5</sub>** byla stanovena potenciometrickou titrací s 0.1 M HCl pomocí TitroLine easy.

#### 4.2.3.2 Stanovení aniontů

Všechny anionty byly stanoveny metodou průtokové injekční analýzy. K jejich stanovení byl použit přístroj FIA Star 5000 duo.

**Koncentrace chloridů (Cl<sup>-</sup>)** byla stanovena reakcí chloridů s thiokyanatanem rtuťnatým. Reakcí vzniká chlorid rtuťnatý a thyokyanatanové ionty, které po reakci s dusičnanem železitým vytvářejí červeně zbarvený komplex. Výsledná barva byla měřena fotometricky při 470 nm (Ptáková 2003b).

**Koncentrace síranů (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)** byla stanovena reakcí síranů s bariem z methylthymolového komplexu. Síranové ionty separují v alkalickém prostředí barium z komplexu methylthymolová modř- BaCl<sub>2</sub>. Výsledkem je pokles absorbance původně modře zbarveného komplexu při 620 nm a vzestup absorbance při 470 nm (Tecator ASTN 42/92).

#### Stanovení kationtů

Kationty byly zpracovány v laboratoři Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích pomocí absorpční spektrofotometrie.

### 5.2.3.3 Koncentrace živin

Stanovení koncentrace fosfátů, dusičnanů, dusitanů, amoniakálního dusíku, celkového dusíku a celkového fosforu.

Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) byla stanovena reakcí s molybdenanem. Vzniklá kyselina fosfomolybdenová, která je redukována na fosfomolybdenovou modř chloridem cínatým v prostředí kyseliny sírové. Modré zbarvení je měřeno spektrofotometricky při 720 nm (Kollerová 2003a).

Anioly (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N byly stanoveny metodou průtokové injekční analýzy, která využívá spektrofotometrické principy stanovení jednotlivých složek s využitím automatického analyzátoru FIAstar<sup>TM</sup> 5000 a FIAstar<sup>TM</sup> 5012 (FOSS Analytical AB Sweden, 2008).

Koncentrace amoniakálního dusíku (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) byla stanovena metodou plynové difúze. Působením hydroxidu sodného vzniká plyný amoniak, který pak reaguje se směsí acidobazických indikátorů. Výsledná změna zbarvení směsi je měřena fotometricky (Tecator AN 5220).

Koncentrace dusitanového dusíku (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N) byla stanovena reakcí dusitanu se sulfanylamidem a *N*-(1-naftyl)-ethylendiaminem. Vzniklé purpurové azobarvivo bylo měřeno fotometricky při 540 nm.



Koncentrace dusičnanového dusíku ( $\text{NO}_3^-$ -N) je stanovena jako dusitany po redukci na Cd sloupci (Horáková 2003a).

Koncentrace rozpuštěného reaktivního fosforu ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P) byla stanovena reakcí s molybdenanem. Vzniklá kyselina fosfomolybdenová, která je redukována na fosfomolybdenovou modř chloridem cínatým v prostředí kyseliny sírové. Modré zabarvení je měřeno spektrofotometricky při 720 nm, (Kollerová 2003a).

#### **5.2.3.4 Stanovení biologických parametrů kvality vod**

**Stanovení obsahu nerozpuštěných látek** bylo provedeno jako stanovení sušiny zachycené na předváženém filtru Whatman GF/C, po čtyřhodinové expozici teplotě 105 °C a následně vyjádřeno jako hmotnost NL 105  $\text{mg.l}^{-1}$ .

**Stanovení chlorofylu a.** Chlorofyl a byl extrahován ze vzorku acetonem. Absorbance extraktu byla měřena při vlnové délce odpovídající absorpčnímu maximu chlorofylu a (664 nm v 90% acetonu).

### **5.2.4. Porovnání kvality povrchových vod v blízkém okolí jezera Medard s jinými povrchovými vodami**

#### **5.2.4.1 Porovnání s jihočeskými rybníky**

Pro porovnání byla použita data, která poskytla ENKI o.p.s. v Třeboni. Z předběžné zprávy o hydrochemickém a hydrobiologickém průzkumu vybraných rybníků v CHKO Třeboň (Šulcová, Chvalová 2009) Byly použity pouze maximální, minimální a průměrné hodnoty koncentrací fyzikálně – chemických a biologických ukazatelů vod 50-ti jihočeských rybníků.

#### **5.2.4.2 Porovnání s řekou Ohře**

Pro porovnání byla použita data z měřící stanice povodí řeky Ohře nad odběrným místem pro napouštění jezera Medard, která poskytla Povodí s. p. pro potřeby monitoringu plnění jezera Medard. Z těchto dat byly použity průměrné, maximální a minimální hodnoty za 4 odběry z řeky Ohře v roce 2010.

### **5.2.5 Porovnání ukazatelů vyjadřující stav vody**

Pro popsání byly použity přílohy 1., 3. a 5 z nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. (zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu.cz>, [online 25.3.2011]).

Emisní standardy znečištění pro odpadní vody vypouštěné z těžby a úpravy hnědého uhlí byly použity z přílohy č. 1 v nařízení vlády č. 23/2011 Sb., která zní: „Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod”.

Emisní standardy jsou nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod. Nejedná se o roční průměry a mohou být překročeny v povolené míře podle hodnot uvedených v příloze č. 5 tohoto nařízení vlády : „Přípustný počet vzorků”.

Příloha č.5 uvádí, že při celkovém počtu vzorků (odběrů) 4 – 7, je povolen 1 přípustný počet nevyhovujících. Emisní standardy týkající se těžby jsou uvedeny v tab. 1.

**Tab. 1: Emisní standardy týkající se těžby a úpravy hnědého uhlí**

Ukazatel	jednotky	Přípustné hodnoty
<b>pH</b>		<b>6 - 9</b>
<b>NL</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>40</b>
<b>Fe</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>3</b>
<b>Mn</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>1</b>

Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu.cz>, [online 25.3.2011]

Ukazatelé vyjadřující dobrý stav vody ve vodním toku a normy enviromentální kvality byly použity z přílohy č.2 v nařízení vlády č. 23/2011 Sb., která zní: „Ukazatelé vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy enviromentální kvality a požadavky na užívání vod”.

V této práci byla použita pouze část A., týkající se povrchových vod. - „Normy enviromentální kvality pro útvary povrchových vod a požadavky na užívání vod pro vodárenské účely, koupání osob a losové a kaprové vody se vztahují k místu odběru vody pro úpravu na vodu pitnou, místu provozování koupání, respektive k úseku vodního toku stanoveného jako lososová nebo kaprová voda”. Z tabulky byly použity pouze roční aritmetický průměr normy enviromentální kvality (NEK-RP) pro ukazatele zkoumané v této práci. Normy enviromentální kvality jsou uvedeny v tab. 2.

**Tab. 2: Normy enviromentální kvality**

<b>pH</b>		<b>6- 9</b>
<b>CHSK cr</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>26</b>
<b>NL</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>20</b>
<b>Chla</b>	<b>µg.l<sup>-1</sup></b>	<b>25</b>
<b>NH4-N</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>0,23</b>
<b>NO3-N</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>5,4</b>
<b>TN</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>6</b>
<b>TP</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>0,15</b>
<b>SO4</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>200</b>
<b>Cl</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>150</b>
<b>Ca</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>190</b>
<b>Mg</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>120</b>
<b>Fe</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>1</b>
<b>Mn</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>0,3</b>
<b>Zn</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>92</b>

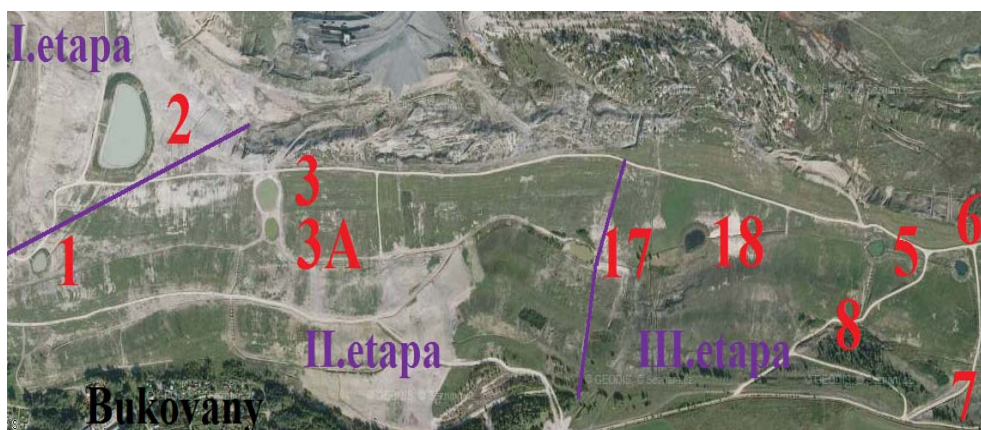
Zdroj: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu.cz>, [online 25.3.2011]

## 6. Výsledky a diskuze

### 6. 1 Lokalizace odběrových míst

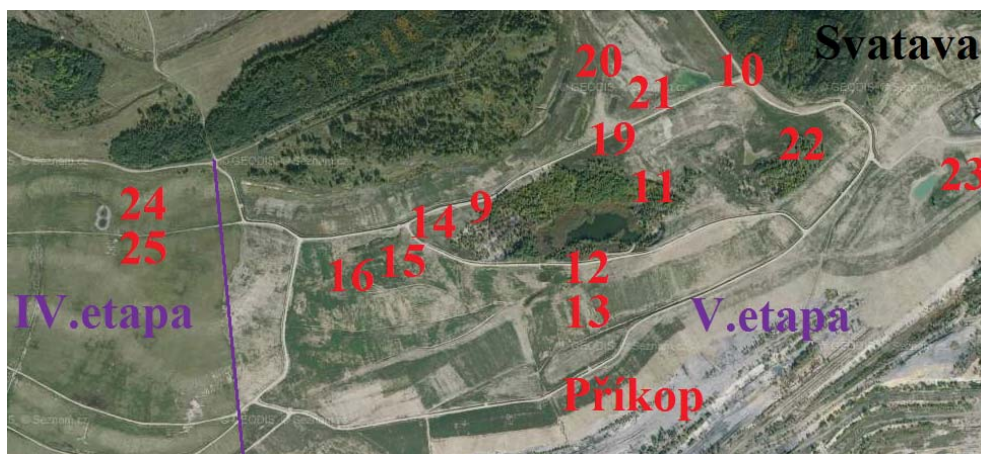
Lokality byly vybrány na jihozápadní a východní straně jezera Medard v rámci I. až V. etapy bývalého lomu Medard - Libík. Podrobnou lokalizaci zájmových míst lze vyčíst z obr. 1 a 2. Pro snadnější orientaci v terénu jsou na obr. 2 a 3 jsou vypsány i mokřady, které nespádají do zájmových lokalit.

Obr. 2: Nádrže na jihozápadní straně jezera Medard pod obcí Bukovany.



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Obr. 3: Východní strana jezera Medard blízko obce Svatava



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### 6.1.1 Lokality na západní straně jezera Medard

Na západní straně bylo sledováno 7 mokřadů, které byly vybudovány v rámci hydrologické rekultivace I., II. a III. etapy v bývalém lomu Medard – Libík.

Mokřady byly vybudovány jako zemní prohlubně o hloubce cca 1,5 m. Jejich tvar je nepravidelného oválného půdorysu. Všechny tyto mokřady jsou nevypustitelné.

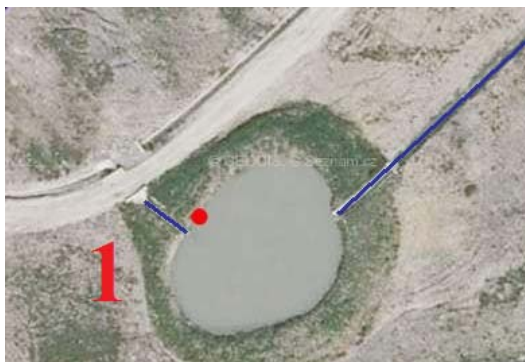
Pokud se mokřad nachází vně lesnické rekultivace, je kolem celého mokřadu zasetý asi 3 m pruh jetelotravního lučního porostu. To je velice důležité hlavně z časového hlediska. Pokud by lesnické rekultivace byly zasázeny v těsné blízkosti mokřadů, tak by mokřady byly postupem času zastíněny a zapadány jehličím či listím.

#### Mokřad 1

Mokřad se nachází pod obcí Bukovany v II. etapě rekultivace. Mokřad je plněn celoročně pouze srážkovou vodou ačkoliv má vybudované 2 záchytné příkopy z betonových tvárnic. Hladina vody během terénních prací nedosáhla k jejich úrovni, vždy chybělo alespoň 30 cm. Mokřad se nachází vně lesnické rekultivace, kde je nasázena monokultura smrku ztepilého (*Picea abies*), sazenice jsou vysoké do 0,5 m.

Mokřad měl největší roční průměrnou koncentraci nerozpuštěných látek  $35,2 \text{ mg.l}^{-1}$ , což je způsobeno jílovitým zákalem, který je následkem přítomnosti rybí obsádky.

Obr. 4: Označení místa odběru (červeně) a cestních příkopů vedoucích do a z M1



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Mokřad 2

Mokřad se nachází pod obcí Bukovany v I. Etapě rekultivace. Mokřad je plněn celoročně pouze srážkovou vodou ačkoliv má vybudované 3 záchytné příkopy z betonových tvárnic. Hladina vody během terénních prací nedosáhla k jejich úrovni, vždy chybělo minimálně 30 cm. Mokřad se nachází vně lesnické rekultivace, kde je nasázena monokultura modřínu opadavého (*Larix decidua*), sazenice jsou vysoké do 0,5 m.

Průhlednost vody měřená 4. 5. 2010 byla asi 15 cm a barva vody byla šedá. Malá průhlednost vody je zřejmě ovlivněna jílovitým zákalem a přítomností rybí obsádky.

Nádrž je využívána ke sportovnímu rybolovu, ačkoliv se nejedná o rybářský revír. Nemalý podíl v malé průhlednosti má i malá přítomnost vodních rostlin v litorálu i na hladině nádrže.

Průměrná roční hodnota vodivosti 321,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , která je nejnižší hodnotou ze všech zkoumaných nádrží se nejvíce přibližuje hodnotě 237,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , což je průměrná hodnota 50-ti jihočeských rybníků.

Obr. 5: Označení místa odběru a cestních příkopů vedoucích do a z M02



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Mokřad 3 a mokřad 3A

Oba mokřady se nachází pod obcí Bukovany ve II. etapě rekultivace. Oba mokřady jsou zcela závislé na srážkové vodě, i když jsou zde vybudovány cestní příkopy mezi nádržemi i z nádrží. Množství vody v obou výrazně kolísá, především v mokřadu M3A.

Mokřad M3 je asi ze 60% zarostlý rdesnem obojživelným (*Persicaria amphibia*), sítinou rozkladitou (*Juncus effusus*), leknínem bílým (*Nymphaea alba*), žabníkem jitrocelovým (*Alisma plantago-aquatica*). Břeh je jimi nesouvisle lemován. Průhlednost vody byla 4.5. 2010 do 40 cm a barva vody byla čirá.

U mokřadu M3A byla průhlednost 4.5. 2010 větší než 40 cm, barva vody je s mírným vegetačním zákalem. Nádrž je prorostlá ze 60% zblochanem vodním (*Glyceria maxima*) a zblochanem vzplývavým (*Glyceria fluitans*).

Malá hloubka vody ideální např. pro ropuchu krátkonohou (*Epidalea kalamita*). Při prvním odběru spatřena rosnička zelená (*Hyla arborea*).



Obr. 6: Označení míst odběrů v M3 a M3A



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### Mokřad 5

Mokřad se nachází pod obcí Bukovany ve II. Etapě rekultivace.. Mokřad se nachází vně lesnické rekultivace, kde je nasázena.

Mokřad je celoročně průtočný. Mokřad má dva přítoky a dva odtoky. Přítok, na kterém byly provedeny odběry je řešen v podobě kamenité kaskády. Vzorky vody z nádrže byly pokaždé odebírány na třech místech, a to na odtoku, přítoku a nad kaskádou. Na kaskádách je vysráženo velké množství uhličitánů. Litorální pásmo je tvořeno z rákosu obecného (*Phragmites australis*) a orobince širokolistého (*Typha latifolia*).

Obr. 7: Označení míst odběrů, přítoků a odtoků v M5



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Mokřad 6

Mokřad se nachází pod obcí Bukovany ve II. Etapě rekultivace. Mokřad se nachází vně lesnické rekultivace, kde jsou vysázeny pruhy monokultury modřínu opadavého (*Larix decidua*) vysokého až 3 m a borovice lesní (*Pinus sylvestris*) do 1 m.

Oba přítoky do nádrže jsou hlavně v období jarní a podzimní cirkulace zbarveny do jasně červené barvy kvůli přítomnosti Fe a Mn. Voda před vstupem do nádrže prochází přes hustý až 3m vysoký porost rákosu obecného (*Phragmites australis*), kde se zbavuje červeného zbarvení.

Obr. 8: Označení místa odběru, přítoků a odtoku v M6



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Mokřad 17

Mokřad se nachází ve III. etapě, je oválného půdorysu a nachází se vně lesnické rekultivace. Mokřad je ze 70 % prorostlý, a to rákosem obecným (*Phragmites australis*), orobincem širokolistým (*Typha latifolia*), sítinou rozkladitou (*Juncus effusus*), zblochanem vodním (*Glyceria maxima*), žabníkem jitrocelovým (*Alisma plantago-aquatica*) a rdesnem obožživelným (*Persicaria amphibia*). Průhlednost vody je kolem 30 cm. Barva vody je s mírným vegetačním zákalem a se železitým povlakem. V nádrži bylo naměřeno pH o hodnotě 4,108, což svědčí o přítomnosti železitých průsaků

Obr. 9: Označení místa odběru a cestních příkopů vedoucích do a z MVN M17



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 6.1.2 Lokality na východní straně jezera Medard

Na východní straně bylo sledováno 5 mokřadů, 1 příkop a Štola Josef, které byly vybudovány v rámci hydrologické rekultivace V. etapy v bývalém lomu Medard - Libík, vyjma mokřadu 11 a Štoly Josef. Mokřady byly vybudovány jako zemní prohlubně o hloubce asi 1,5 m a tvaru nepravidelného oválného půdorysu.

### Mokřad 9

Mokřad se nachází vně zemědělské rekultivace. Je oválného půdorysu. Maximální hloubka je do 0,5 m. Nádrž má pouze přítok, odtok nebyl vybudován. Při druhém odběru byli spatřeni čtyři čolci obecní (*Triturus vulgaris*). Břehy jsou nesouvisle lemovány orobincem širokolistým (*Typha latifolia*), sítinou rozkladitou (*Juncus effusus*), sítinou sivou (*Juncus inflexus*). Na hladině se vyskytuje rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*), žabník jitrocelový (*Alisma plantago-aquatica*). Průhlednost vody byla 4.5. 2010 až ke dnu a barva vody byla čirá.

Obr. 10: Označení místa odběru a přítoku v M9



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



## Mokřad 10

Jeden z větších mokřadů. Mokřad je naplňován vodou ze dvou přítoků, z toho je jeden, u kterého byl prováděn odběr vzorků byl vybudován v rámci rekultivace V. etapy. Druhý přítok vznikl zřejmě samovolně mezi půdní depresí. Odtok z mokřadu byl při odběrech suchý. V mokřadu byl vysazen leknín bílý (*Nymphaea alba*). Přirozenou sukcesí se v mokřadu vyskytuje rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*). V létě již velmi rekreačně využívaný, ačkoliv vstup na lokalitu není dosud povolen. Průhlednost do 75 cm. Barva vody zelenošedá.

Obr. 11: Označení místa odběru, přítoků a odtoku vedoucích z MVN M01



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Mokřad 11

Tato nádrž vznikla v 50. – 60 letech, tehdy sloužila jako retenční nádrž, tzn. byly do ní čerpány vody z dolu. Jako jediná tedy nevznikla v rámci rekultivace. Jedná se o největší a nejhlubší nádrž s pokročilou sukcesí. V litorálu je velký počet bublinek a bahniček. Rákos obecný (*Phragmites australis*) proniká až do březového porostu. Viděn moták pochop (*Circus aeruginosus*) a liska černá (*Fulica atra*). Je to rybářsky velmi využívaná nádrž, ačkoliv se nenachází v rybářském revíru. Voda odebírána přímo z nádrže a na odtoku. Na odtoku byla voda odebrána pouze 3x ze 6-ti odběrů, protože odtok vždy netekl.

Obr. 12: Označení místa odběru a cestních příkopů vedoucích z MVN M11

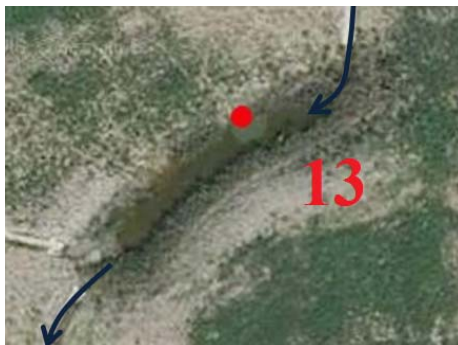


Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### Mokřad 13

Hustě zarostlý mokřad orobincem širokolistým (*Typha latifolia*), tak z 80%, který se nachází vně zemědělské rekultivace. Voda je silně zakalená a její objem během roku značně kolísá. Do nádrže přitéká voda z M11 přes M12. Voda z nádrže odtéká do příkopu A.

Obr. 13: Označení místa odběru, přítoku a odtoku v M13



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### Mokřad 19

Mokřad je celoročně průtočný, a proto byly vzorky vody odebírány na odtoku i na přítoku. Na hladině se vyskytují bublinatky. Břeh je nesouvisle lemován rákosem obecným (*Phragmites australis*) a orobincem širokolistým (*Typha latifolia*). Průhlednost vody čirá až ke dnu.

Obr. 14: Označení místa odběru a cestních příkopů vedoucích z MVN M19



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## PŘÍKOP A

Jedná se o vodní příkop, ze kterého odtéká voda z nádrže M13 přímo do jezera Medard.

Obr. 15: Označení místa odběru a směr toku Příkopu A



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## **6.3 Výsledky analýzy vody**

Pro popsání a zhodnocení fyzikálně – chemických a biologických vlastností vod v povodí jezera bylo sledováno celkem 23 ukazatelů jakosti vod.

Vyjma výsledků ze sezónních odběrů ze Štoly Josef, byly všechny naměřené hodnoty sledovaných parametrů pro jednotlivé lokality zprůměrovány, data jsou uvedeny v příloze 2. Štola Josef byla vyřazena pro diametrálně odlišné vlastnosti vody. Její zařazení do souboru by tak velmi významně ovlivnilo průměry sledovaných parametrů. Dále byly zjištěny maximální a minimální hodnoty, které jsou uvedeny v tab. 3 a 4.

Výsledky byly porovnány s průměrnými hodnotami naměřenými během monitoringu rybníčních soustav na Třeboňsku v letech 2009 a 2010 (Tab č. 3).

Výsledky byly také porovnání s řekou Ohře. Pro porovnání byla použita data z měřicí stanice povodí řeky Ohře nad odběrným místem pro napouštění jezera Medard, která poskytla Povodí s. p. pro potřeby monitoringu plnění jezera Medard. Z těchto dat byly použity průměrné, maximální a minimální hodnoty za 4 odběry z řeky Ohře v roce 2010.

### **6.3.1 Fyzikálně – chemické analýzy**

#### **6.3.1.1 Vodivost**

Nejnižší hodnota vodivosti  $263 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  byla naměřena 9.2.2011 v M2. Nejvyšší hodnota vodivosti byla naměřena 9.2.2011 nad kaskádou na přítoku vody do M5 ,  $3450 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Průměrná hodnota vodivosti pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $1557 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

Nejnižší hodnoty vodivosti odpovídají koncentraci běžných povrchových vod. Nejvyšší a průměrné hodnoty vypovídají o vysoké koncentraci rozpuštěných látek ve vodě. A svědčí tak o vlivu povrchové těžby na povrchové vody v zájmovém území.

#### **6.3.1.2 Hodnota pH**

Nejnižší hodnota pH 4,108 byla naměřena 4.5. 2010 v M17. Nejvyšší hodnota 8,441 byla naměřena 26.8.2010 v Příkopu A. Průměrná hodnota pH pro všechny lokality ze všech odběrů byla 7,478.

#### **6.3.1.3 Alkalita**

Nejnižší hodnota alkality ( $\text{KNK}_{4,5}$ )  $0,312 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  byla naměřena 8.6.2010 v M17. Nejvyšší hodnota  $15,238 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  byla naměřena 26.8. 2010 nad kaskádou

na přítoku do M5. Průměrná hodnota alkality pro všechny lokality ze všech odběrů byla 5,567 mmol.l<sup>-1</sup>.

#### **6.3.1.4 Chemická spotřeba kyslíku**

Nejnižší hodnota 7,8 mg.l<sup>-1</sup> chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným (CHSK<sub>Cr</sub>) byla naměřena 4.5. 2010 v M17. Nejvyšší hodnota 72 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 8.6.2010 v M13. Průměrná hodnota chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným pro všechny lokality ze všech odběrů byla 40,52 mg.l<sup>-1</sup>.

#### **6.3.1.5 Turbidita**

Nejnižší hodnota 0 turbidity (TUR) byla naměřena 19.7. 2010 nad kaskádou na přítoku do M5. Nejvyšší hodnota 38,5 byla naměřena 26.8. 2010 v M1. Průměrná hodnota turbidity pro všechny lokality ze všech odběrů byla 4,235.

#### **6.3.1.6 Fluorescence**

Nejnižší hodnota 0,499 mg.l<sup>-1</sup> fluorescence (FLUOR) byla naměřena 26.8. 2010 v M17. Nejvyšší hodnota 79,38 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 9.2. 2011 v M3. Průměrná hodnota fluorescence pro všechny lokality ze všech odběrů byla 6,428 mg.l<sup>-1</sup>.

### **6.3.2 Koncentrace anionů**

#### **6.3.2.1 Amoniakální dusík**

Nejnižší hodnota amoniakálního dusíku (NH<sub>4</sub>-N) 0,001 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 26.8. 2010 v M10 a M11. Nejvyšší hodnota 0,834 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 9.2. 2011 v M6. Průměrná hodnota koncentrace amoniakálního dusíku pro všechny lokality ze všech odběrů byla 0,048 mg.l<sup>-1</sup>.

#### **6.3.2.2 Dusitany**

Nejnižší hodnota dusitanů (NO<sub>2</sub>-N) 0,001 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 8.6., 19.7. a 26.8. u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota 0,03 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 9.2. 2011 v M10. Průměrná hodnota koncentrace dusitanů pro všechny lokality ze všech odběrů byla 0,005 mg.l<sup>-1</sup>.

### 6.3.2.3 Dusičnany

Nejnižší hodnota dusičnanů ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )  $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 8.6., 19.7. a 26.8. u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota  $1,101 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M1. Průměrná hodnota koncentrace dusičnanů pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $0,147 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 6.3.2.4 Celkový dusík

Nejnižší hodnota celkového dusíku (TN)  $0,009 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M10. Nejvyšší hodnota  $1,829 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v na odtoku M5. Průměrná hodnota koncentrace celkového dusíku pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $0,79 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 6.3.2.5 Fosforečnanový fosfor

Nejnižší hodnota fosforečnanového fosforu ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )  $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota  $0,044 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M10. Průměrná hodnota koncentrace fosforečnanového fosforu pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $0,007 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 6.3.2.6 Celkový fosfor

Nejnižší hodnota celkového fosforu (TP)  $0,016 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.5. 2010 na odtoku M5. Nejvyšší hodnota  $0,283 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 8.6. 2010 u Štoly Josef. Průměrná hodnota koncentrace celkového fosforu pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $0,067 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 6.3.2.7 Síraný

Nejnižší hodnota síranů ( $\text{SO}_4^{2-}$ )  $1,546 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M10. Nejvyšší hodnota  $2823 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.11. 2010 nad kaskádou na přítoku do M5. Průměrná hodnota koncentrace celkového fosforu pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $809,73 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### 6.3.2.8 Chloridy

Nejnižší hodnota chloridů ( $\text{Cl}^-$ )  $0,17 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 26.8. 2010 v M10. Nejvyšší hodnota  $47,71 \text{ mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.5. 2010 v M3A. Průměrná hodnota koncentrace chloridů pro všechny lokality ze všech odběrů byla  $5,88 \text{ mg.l}^{-1}$ .

### **6.3.3 Koncentrace kationtů**

#### **6.3.3.1 Sodík**

Nejnižší hodnota sodíkových kationtů ( $\text{Na}^+$ ) 2,79  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M9. Nejvyšší hodnota 628,7  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.11. 2010 v M3A. Průměrná hodnota koncentrace sodíkových kationtů pro všechny lokality ze všech odběrů byla 71,19  $\text{mg.l}^{-1}$ .

#### **6.3.3.2 Draslík**

Nejnižší hodnota draslíkových kationtů ( $\text{K}^+$ ) 1,45  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 19.7. 2010 v M3A. Nejvyšší hodnota 20,4  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 19.7. 2011 nad kaskádou na přítoku do M5. Průměrná hodnota koncentrace draslíkových kationtů pro všechny lokality ze všech odběrů byla 9,82  $\text{mg.l}^{-1}$ .

#### **6.3.3.3 Vápník**

Nejnižší hodnota vápníkových kationtů ( $\text{Ca}^+$ ) 14,7  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M2. Nejvyšší hodnota 356,9  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.11. 2010 nad kaskádou na přítoku do M5. Průměrná hodnota koncentrace vápníkových kationtů pro všechny lokality ze všech odběrů byla 73,65  $\text{mg.l}^{-1}$ .

#### **6.3.3.4 Hořčík**

Nejnižší hodnota hořčíku ( $\text{Mg}^+$ ) 0,001  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota 272,7  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.11. 2010 v M6. Průměrná hodnota koncentrace hořčíkových kationtů pro všechny lokality ze všech odběrů byla 117,4  $\text{mg.l}^{-1}$ .

#### **6.3.3.5 Železo**

Nejnižší hodnota kationtů železa ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) < 0,08  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota 0,979  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 9.2. 2011 v M11. Průměrná hodnota koncentrace kationtů železa pro všechny lokality ze všech odběrů byla 0,18  $\text{mg.l}^{-1}$ .

#### **6.3.3.6 Mangan**

Nejnižší hodnota kationtů manganu ( $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ) < 0,08  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena u většiny mokřadů. Nejvyšší hodnota 2,54  $\text{mg.l}^{-1}$  byla naměřena 4.5. 2010 M17. Průměrná hodnota koncentrace kationtů manganu pro všechny lokality ze všech odběrů byla 0,18  $\text{mg.l}^{-1}$ .

### **6.3.3.7 Zinek**

Nejnižší hodnota kationtů zinku ( $Zn^{2+}$ ) 0,008 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 4.11. 2010 v Příkopu A. Nejvyšší hodnota 16,4 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 4.11. 2010 v M6. Průměrná hodnota koncentrace kationtů zinku pro všechny lokality ze všech odběrů byla 0,25 mg.l<sup>-1</sup>.

## **6.3.4 Biologické parametry kvality vod**

### **6.3.4.1 Chlorofyl a**

Nejnižší hodnota chlorofylu a (Chla) 0,005 µg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 9.2. 2010 v M10. Nejvyšší hodnota 41,341 µg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 9.2. 2011 v M03. Průměrná hodnota koncentrace chlorofylu a pro všechny lokality ze všech odběrů byla 5,163 µg.l<sup>-1</sup>.

### **6.3.4.2 Nerozpuštěné látky**

Nejnižší hodnota nerozpuštěných látek (NL) 0,36 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 4.11. 2010 v M09. Nejvyšší hodnota 65,6 mg.l<sup>-1</sup> byla naměřena 4.5. 2010 v M01. Průměrná hodnota koncentrace nerozpuštěných látek pro všechny lokality ze všech odběrů byla 8,895 mg.l<sup>-1</sup>.

## **6.4 Porovnání kvality povrchových vod v blízkém okolí jezera Medard s jinými povrchovými vodami**

### **6.4.1 Porovnání s jihočeskými rybníky**

V porovnání průměrných hodnot Jihočeských rybníků s povrchovými vodami v blízkém okolí jezera Medard je zřejmé, že sledované vody mají výrazně odlišné všechny parametry.

V některých parametrech mají zájmové lokality hodnotu průměrné koncentrace několika násobně vyšší a u některých zase nižší, než je tomu u jihočeských rybníků.

Vyšší průměrné hodnoty koncentrací jsou u vodivosti, sodíku, draslíku, hořčíku a vápníku. Vysoká koncentrace rozpuštěných látek je důsledkem povrchové těžby, kdy vlivem těžby byly narušeny jak podzemní vody, tak horniny a při styku s kyslíkem se kovy obsažené v horninách začali rozpouštět. A jindy čisté podzemní vody se při vyvěrání na povrch staly bohatými na obsah rozpuštěných látek.



Nižší průměrné hodnoty koncentrací jsou u amoniakálního dusíku a dusičnanů. V jihočeských rybnících je koncentrace dusičnanů vyšší, hlavně kvůli tomu, že voda která do nich natéká je více obohacována o průsaky z úseků ze zemědělsky využívaných pozemků, kde se používají dusičnanová hnojiva.

Nižší průměrnou hodnotu mají zájmové lokality také v hodnotě pH, která je mírně zásaditá, to je zřejmě důsledkem kyselých důlních vod, které se v zájmových lokalitách vyskytují.

Nižší průměrnou hodnotu mají vody také v CHSK cr, která je 41 mg.l<sup>-1</sup>. Oproti jihočeským rybníkům, kdy se průměrná koncentrace rovná 77 mg.l<sup>-1</sup>. I přesto že je koncentrace nižší je podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy 3, překračována norma environmentální kvality pro tento ukazatel a to nejen v průměrné koncentraci všech zájmových lokalit, ale i u všech průměrných koncentrací jednotlivých zájmových lokalit.

Podrobný přehled průměrných, maximálních a minimálních hodnot zájmových lokalit v okolí jezera Medard a jihočeských rybníků je uveden v tab. 3.

**Tab. 3: Průměrné, maximální a minimální hodnoty jednotlivých ukazatelů zájmových lokalit v okolí jezera Medard a jihočeských rybníků.**

		Zájmové lokality v okolí jezera			Jihočeské rybníky		
		AVG	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX
<b>Vodivost</b>	<b>μS.cm<sup>-1</sup></b>	1557	263	3450	237,5	75,9	561
<b>pH</b>		7,5	4,1	8,4	8,2	6,1	10,4
<b>CHSK cr</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	41	8	72	77	11	246
<b>Chla</b>	<b>μg.l<sup>-1</sup></b>	5,16	0,005	41,34	134,28	2,84	600,00
<b>NH4-N</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	0,05	0,001	0,83	0,12	0	1,96
<b>NO3-N</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	0,15	0,001	1,10	0,013	0	0,263
<b>TP</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	0,067	0,016	0,283	0,32	0,08	2,00
<b>Na</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	71,19	2,79	628,70	0,36	0,10	0,80
<b>K</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	9,82	1,45	20,40	0,17	0,05	0,74
<b>Ca</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	123,71	14,70	356,90	1,32	0,29	2,65
<b>Mg</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	117,40	0,001	272,70	0,49	0,14	1,86

#### 6.4.2 Porovnání s řekou Ohře

V porovnání řeky Ohře s povrchovými vodami v blízkém okolí jezera Medard je zřejmé, že sledované vody mají výrazně odlišné všechny parametry.

Stejně jak tomu bylo u jihočeských rybníků, tak i u řeky Ohře mají v některých parametrech zájmové lokality hodnotu průměrné koncentrace několika násobně vyšší a u některých zase nižší.

Vyšší hodnotu průměrných koncentrací u zájmových lokalit mají koncentrace síranů, což je pro povrchové vody ovlivněné těžbou hnědého uhlí typické, protože uhelné sloje jsou bohaté na obsah sulfidických rud, především pyritu (FeS<sub>2</sub>) a jejich oxidací vznikají sírany.

Důsledkem vysoké koncentrace síranů je vysoká vodivost. Důkazem jsou několikanásobně vyšší hodnoty průměrných koncentrací u zájmových lokalit u sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku, manganu a zinku.

Podrobný přehled průměrných, maximálních a minimálních hodnot zájmových lokalit v okolí jezera Medard a řeky Ohře je uveden v tab. 4.

**Tab. 4: Průměrné, maximální a minimální hodnoty jednotlivých ukazatelů zájmových lokalit v okolí jezera Medard a řeky Ohře**

		Zájmové lokality v okolí jezera			Řeka Ohře		
		AVG	MIN	MAX	AVG	MIN	MAX
Vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1557	263	3450	286	251	307
pH		7,5	4,1	8,4	7,0	6,9	7,8
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	5,57	0,31	15,24	0,80	0,70	0,87
CHSK cr	$\text{mg.l}^{-1}$	41	8	72	21	6	36
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	8,89	0,36	65,6	10,9	5,2	23
Chla	$\mu\text{m.l}^{-1}$	5,16	0,005	41,34	18,36	10,28	28,45
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,05	0,001	0,83	0,09	<0,04	0,14
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,15	0,001	1,10	1,880	1,53	2,37
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,005	0,001	0,03	0,024	<0,015	0,029
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,001	0,04	0,04	<0,016	0,04
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	809,73	1,55	2823,75	43,00	< 15	41
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	5,88	0,17	47,71	28,20	21,7	31,9
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	71,19	2,79	628,70	20,10	16	23,6
K	$\text{mg.l}^{-1}$	9,82	1,45	20,40	3,30	2,7	4,05
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	123,71	14,70	356,90	22,90	20,8	24,9
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	117,40	0,001	272,70	6,48	5,89	6,76
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	0,18	0,000	0,98	0,65	0,47	0,89
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,18	0,007	2,54	0,10	0,08	0,14
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,25	0,008	16,40	0,02	<0,01	0,02

## 6.5. Kvalita vody

### 6.5.1 Emisní standardy znečištění pro odpadní vody vypouštěné z těžby a úpravy hnědého uhlí

Emisním standardům znečištění (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy č. 1, která je podmíněna přílohou č. 5 tohoto nařízení) nevyhovuje ze všech zájmových lokalit pouze Štola Josef. Tyto emisní standardy, týkající se těžby a úpravy hnědého uhlí, jsou uvedeny v tab. 1.

Štola Josef překračuje přípustné hodnoty u pH, která je povolena v rozmezí 6 – 9, a to při všech 6. ti odběrech. U koncentrace Fe Štoly Josef je přípustná hodnota ( $3 \text{ mg.l}^{-1}$ ) při všech odběrech překročena. Také přípustná koncentrace Mn ( $1 \text{ mg.l}^{-1}$ ) byla překročena.

Tento vysoký obsah Fe a Mn je způsobený vysokým obsahem síranů, který výrazně snižuje pH vody a tím výrazně zvyšuje rozpustnost těchto i jiných kovů. Překročené přípustné hodnoty jsou uvedeny v tab. 5.

**Tab. 5: Štola Josef a její chemické parametry, které nevyhovují emisním standardům u 6 ti odběrů.**

<b>Štola Josef</b>		<b>4.5.2010</b>	<b>8.6.2010</b>	<b>19.7.2010</b>	<b>26.8.2010</b>	<b>4.11.2010</b>	<b>9.2.2011</b>
<b>pH</b>		4,108	3,737	3,711	3,595	3,545	4,088
<b>NL</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	10,8	16,29	16	18	17,58	4,33
<b>Fe</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	165,6	110,2	165,2	137	155,3	236,3
<b>Mn</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	3,58	3,1	3,7	3,75	3,18	4,87

### **6.5.2 Ukazatelé vyjadřující dobrý stav vody ve vodním toku a normy environmentální kvality**

Roční aritmetický průměr normy environmentální kvality (NEK-RP) u jednotlivých zájmových míst za celé sledované období byl porušen (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb.) u 9.ti ukazatelů z 15. posuzovaných. Normy environmentální kvality povrchových vod u vybraných ukazatelů jsou uvedeny v tab. 2.

Ukazatelé, které porušují NEK-RP jsou:  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  , NL,  $\text{SO}_4$ , Ca, Mg, Fe, Mn a Zn (tab. 6.).

Tab. 6: Průměrné hodnoty fyzikálně – chemických a biologických ukazatelů jednotlivých zájmových lokalit pro rok 2010-2011.

Ukazatel	pH	CHSK cr	NL	Chla	NH4-N	NO3-N	TN	TP	SO4	Cl	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Jednotky		(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
M1	8,1	40	35,20	14	0,02	0,20	0,81	0,10	194,17	3,53	64,17	53,25	0,20	0,13	0,11
M2	7,4	37	20,26	7	0,01	0,06	0,59	0,08	95,35	1,62	21,77	18,72	0,18	0,03	0,03
M3	7,6	46	10,50	12	0,01	0,04	0,85	0,08	213,51	17,60	45,04	43,15	0,15	0,03	0,03
M3A	6,9	37	7,11	3	0,01	0,02	0,72	0,08	141,19	28,84	34,74	22,80	0,08	0,04	0,03
M5-přítok	7,9	35	8,53	1	0,06	0,42	1,03	0,05	1906,34	4,79	208,87	195,43	0,14	0,16	0,04
M5-odtok	7,9	34	4,80	1	0,07	0,42	1,04	0,04	1716,88	5,40	217,87	199,67	0,16	0,16	0,04
M5-nad kaskádou	7,8	35	2,46	1	0,06	0,47	1,14	0,05	1792,76	4,79	231,08	193,17	0,15	0,22	0,04
M6	7,9	36	5,06	2	0,30	0,26	1,11	0,05	1199,28	9,83	253,36	171,30	0,18	0,51	3,31
M9	8,1	45	2,06	8	0,01	0,03	0,92	0,08	164,07	1,37	39,67	47,33	0,17	0,06	0,44
M10	8,1	37	7,74	3	0,01	0,10	0,50	0,07	937,37	1,01	105,60	169,68	0,14	0,03	0,06
M11	7,5	49	5,39	4	0,01	0,02	0,68	0,07	500,82	1,68	97,08	104,15	0,24	0,20	0,03
M13	7,3	47	2,50	4	0,01	0,02	0,64	0,07	464,35	1,63	92,73	86,60	0,24	0,06	0,06
M17	6,2	36	3,88	8	0,01	0,02	0,41	0,08	601,25	14,32	116,36	67,72	0,10	0,78	0,10
M19-přítok	7,9	42	9,85	5	0,02	0,03	0,59	0,05	1246,68	1,87	207,33	214,47	0,18	0,11	0,04
M19-odtok	7,8	47	2,94	5	0,01	0,02	0,64	0,07	1098,32	1,48	153,37	179,02	0,23	0,07	0,08
Přikop	8,0	44	6,68	5	0,17	0,18	0,92	0,06	502,65	1,40	78,37	28,08	0,30	0,23	0,03
Štola Josef	3,8	40	13,83	3	0,98	0,02	1,15	0,16	704,22	18,09	66,80	56,75	161,60	3,70	0,62

Podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy I je překročena přípustná hodnota pro odpadní vody vypouštěné z těžby a úpravy hnědého uhlí.

Podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy III je překročena norma environmentální kvality pro povrchové vody

## 7. Závěr

Povrchové vody v blízkém okolí zbytkové jámy Medard – Libík se výrazně liší od běžných povrchových vod. Tyto povrchové vody jsou charakteristické vysokými hodnotami rozpuštěných látek (hodnoty vodivosti dosahují až  $3450 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Z aniontů jsou problematické především koncentrace síranů ( $2823 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), z kationtů Na ( $628,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), Ca ( $356,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), Mg ( $272,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), K ( $20,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), Zn ( $16,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), Mn ( $2,54 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) a Fe ( $0,979 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Nízké hodnoty jsou především u dusičnanů a fosforečnanů, které dokládají nízkou trofii těchto vod.

Průměrná hodnota pH 7,48 (vyjma Štoly Josef) spadá do běžné hodnoty povrchových vod. Tato hodnota z hlediska světových důlních vod není typická pro vody ovlivněné těžbou hnědého uhlí. Jindy kyselá důlní voda je vlivem jílu přítomných na lokalitě z neutralizována. Avšak u mokřadu 17 bylo během 1. odběru zaznamenáno pH 4,1, což je nejspíše důsledkem nějakého kyselého průsaku.

Zájmové povrchové vody v porovnání s emisními standardy znečištění (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb., přílohy č. 1, která je podmíněna přílohou č. 5 tohoto nařízení) nevyhovuje ze všech zájmových lokalit pouze Štola Josef.

Štola Josef překračuje přípustné hodnoty u pH, která je povolena v rozmezí 6 – 9, a to při všech 6. ti odběrech. U koncentrace Fe Štoly Josef je přípustná hodnota ( $3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) při všech odběrech překročena. Také přípustná koncentrace Mn ( $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) byla překročena.

Roční aritmetický průměr normy environmentální kvality (NEK-RP) u jednotlivých zájmových míst za celé sledované období byl porušen (podle nařízení vlády č. 23/2011 Sb.) u 9. ti ukazatelů z 15. posuzovaných.

I přestože od vybudování mokřadů uběhl krátký čas, je již v mokřadech vlivem přirozené sukcese bohaté zastoupení mokřadní vegetace. Mokřadní vegetace se i přes velké koncentrace rozpuštěných látek velmi dobře přizpůsobila. Mokřady se také staly domovem m i pro mnoho živočišných druhů.

## 8. Přehled použité literatury a zdrojů

ČADKOVÁ, Z., (2009): *Návrh klasifikace malých vodních nádrží v oblasti severozápadních Čech*. In: Maršálek, M., Krejčová, J., Pecharová, E. (eds.), 2009. *Krajina mladýma očima – sborník odborných prací studentů DSP Kostecké Barborky 2009*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., str. 6-13.

CULEK, M., (1996): *Biogeografické členění České republiky*. Praha. ENIGMA.

ČERNÍK a kol., (2008): *Geochemie a remediace důlních vod*. Vyd.1. Praha. Aquatest. 252 s.

FORMAN, R.; GORDON, M., (1993): *Krajinná ekologie*. Vyd.1. Praha. Akademie věd České republiky. 583 s.

FROUZ, J.; POPPERL, J.; PŘIKRYL, I.; ŠTRUDL, J., (2007): *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. SU.a.s. 35s.

HARTMAN, P.; PŘIKRYL, I.; ŠTĚDRONSKÝ, E. (1998): *Hydrobiologie*. Vyd.2. Praha. Informatorium. 335 s.

HAVLÍČEK, V. A KOL. (1986): *Agrometeorologie*. SPN Mír n.p. Václavské náměstí 15, Praha 1. Str. 204 – 206.

HETEŠA, J. (1988): *Hydrochemie*. MZLU. Brno. 330 s.

HEZINA, T. (2001): *Vliv rekultivačních prací na koncentrace železa a manganu ve výsypkových vodách a oživení malých vodních nádrží na Velké podkrušnohorské výsypce*. [Disertační práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta

HORÁKOVÁ, M., (2003a): *Dusík*. Odd. 4.1. In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 135-165.

HORÁKOVÁ, M., (2003b): *Konduktivita*. Odd. 2.7. In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 72-76.

JISKRA, J.,(1993): *Z historie uhelného hornictví na Sokolovsku, Chebsku a Karlovarsku*. Sokolov. REPROG ID.

JISKRA, J.,(1997): *Z historie uhelných lomů na Sokolovsku Od Johanna Davida Edler von Starcka po Sokolovskou uhelnou a.s.*. Sokolov. Sokolovská uhelná, a.s.. 206 s.

KALAVSKÁ, D.; HOLOUBEK, I., (1989): *Analýza vod*. Vyd. 1. Bratislava. Alfa. 264 s.

KOLLEROVÁ, L., (2003a): *Fosfor*. Odd. 4.2. In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 168-169 .

KOLLEROVÁ, L., (2003b): *Průhlednost*. Odd. 2.3. In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 67-68.

- KABRNA, M.; HENDRYCHOVÁ, M.; ŠÁLEK, M.; ŘEHOŘ, M., (2009): *Optimalizace rekultivačních přístupů k obnově krajiny po povrchové těžbě*. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha.
- KUBÁT, K., (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. Vyd. 1. Praha. Academia. 927 s.
- KUKAL, Z.; REICHMANN, F., (2000): *Horninové prostředí České republiky jeho stav a ochrana*. Vyd. 1. Praha. Český geologický ústav. 192 s.
- LELLÁK, J.; KUBÍČEK, F., (1992): *Hydrobiologie*. Vyd.1. Praha. Karolinum. 260 s.
- MÍCHAL, I., (1994): *Ekologická stabilita*. Veronica. Brno. 275 s.
- ODUMA, E.P. , (1977): *Základy ekologie*. Praha . Academia. 736 s.
- PITTER, P., (1990) : *Hydrochemie*. Vyd.2. Praha . SNTL, 568 s.
- PITTER, P., (1999): *Hydrochemie*. Vyd.3. Praha. VŠCHT,
- PECHAROVÁ, E., (2004) : *Vybrané aspekty obnovy funkce krajiny narušené povrchovou těžbou hnědého uhlí*. [Habilitationní práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta
- PECHAROVÁ, E.; SVOBODA, I.; VRBOVÁ, M., (2011): *Obnova jezerní krajiny pod krušnými horami*. Lesnická práce, s.r.o. 2011. ms.
- PŘIKRYL, I.; FAINA, R., (1995): *Vyhodnocení potřeby záchraných prací v předpolí lomu Jiří do roku 2001*. In: *Dílčí zpráva*. VÚRH Vodňany.
- PŘIKRYL, I., (1999): *Chemismus vod ovlivněných těžbou Sokolovské uhelné, a.s. Třeboň*. ENKI. s.70
- PŘIKRYL, I.; FAINA, R., (1999): *Hodnocení alternativ zbytkové jámy Medard- Libík v Sokolově z hlediska kvality vody*. Třeboň. 44 s.
- PTÁKOVÁ, H. a kol., (2003a): *Chloridy*. Odd. 4.3.2. In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 186-187.
- PTÁKOVÁ, H. a kol., (2003b): *Spektrofotometrické stanovení chloridů s thiokyanatanem rtuťnatým, modifikovaná metoda ve fotometrických zkumavkách*. Odd. 4.3.2.3 In: Horáková a kol. *Analytika vody*. Praha. VŠCHT. Str. 192-194.
- RADOVÁ, M., (2008): *Hodnocení vlivů na životní prostředí – případová studie. Antropogenní ovlivnění pramenné oblasti Oseckého potoka*. [Diplomová práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta.
- RIPL, W.; POKORNÝ, J.; EISELTOVÁ, M.; RIDDGILL, S. (1996): *Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich defgradace*. In: EISELTOVÁ, M., (1996): *Obnova jezerních ekosystémů, the nature Conservation Bureau Limited, 36 Kingfisher Court, Wetlands International 32 Hambridge road, NEWBERY, Berkshire, RG 14 5 Sj,U.K. 16 – 35 pp.*

ROJÍK, P. a kol. (2010): *Sokolovská pánev*. In: PEŠEK, J., et al. (2010): *Terciární pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky*. Praha. Česká geologická služba. Str. 138-205.

ROTHBAUER, I., a kol. (2003): *Územní prognóza území dotčeného těžbou hnědého uhlí na Sokolovsku (průzkumy a rozbor)*. Praha. Atelier T-plan. 188 s.

ŠÁLEK, J., (2000) :*Malé vodní nádrže v zemědělské krajině*. [Studijní zpráva]. ÚZPI, Praha

ŠTÝS, S., (1981): *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. Praha. SNLT. 680 s.

ŠULCOVÁ, J.; CHMELOVÁ, I., (2009): *Předběžná zpráva o hydrochemickém a hydrobiologickém průzkumu vybraných rybníků v CHKO. Třeboň*, ENKI o.p.s.

TOLGYESSY, J., (1984): *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. Praha. Veda. 531 s.

VANČUROVÁ, I., (2008): *Kumulace vybraných rizikových prvků v rostlinách využívaných v kořenových čistírnách odpadních vod*. [Bakalářská práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra chemie, s. 33

VRÁBLÍKOVÁ, J.; VRÁBLÍK (2000): *Vliv antropogenní činnosti na agrosystém severních Čech*. Fakulta životního prostředí Univerzita J.E. Purkyně, Ústí n. L., Praha. IUAPPA. Str. 194 – 195

VYMAZAL, J., (1995): *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. Vyd.1. Třeboň. ENKI. Str. 4-18

## Internetové zdroje

<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>

- Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)

[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## Zdroje a materiály od Sokolovské a.s.

Data z měřicí stanice povodí řeky Ohře nad odběrným místem pro napouštění jezera Medard, která poskytla Povodí s. p. pro potřeby monitoringu plnění jezera Medard.

Data CHMU o srážkách a teplotě. Srážky jsou podle ústního sdělení pracovníka SU a.s. ze srážkoměrné stanice Sokolov, Teploty ze stanice Cheb.



Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov (2001): *Plán likvidace lomu Medard – Libík.*

Výroční zpráva SÚ, a.s, 2008

Závazný rozsah projektu – Rekultivace Medard – Libík – jižní svahy – I.  
Etapa – 2002

Závazný rozsah projektu – Rekultivace Medard – Libík – jižní svahy - II.  
Etapa – 2002

Závazný rozsah projektu – Rekultivace Medard – Libík - III. etapa - 2002

Závazný rozsah projektu – Rekultivace Medard – Libík - IV. etapa – 2002

Závazný rozsah projektu – Rekultivace Medard – Libík - V. etapa – 2002

## **9. Seznam příloh**

Příloha č. 1: Seznam použitých zkratk

Příloha č. 2: Tabulky výsledků analýz z jednotlivých lokalit v blízkém okolí jezera Medard

Příloha č. 3: Fotografie zájmových lokalit

**Příloha č. 1: Seznam použitých zkratek**

<b>Značka</b>	<b>Název</b>	<b>Jednotky</b>
Ca <sup>2+</sup>	vápenatý kationt	mg/L
Cl <sup>-</sup>	chloridový aniont	mg/L
Fe	železo	mg/L
K <sup>+</sup>	draselný kationt	mg/L
KNK <sub>4,5</sub>	kyselinová neutralizační kapacita do pH 4,5	mmol/L
Mg <sup>2+</sup>	hořečnatý kationt	mg/L
Mn	mangan	mg/L
Na <sup>+</sup>	sodný kationt	mg/L
NL 105	nerozpuštěné látky při teplotě 105 °C	mg/L
NH <sup>4+</sup> -N	amoniakální dusík	mg/L
NO <sup>2-</sup> -N	dusitanový dusík	mg/L
NO <sup>3-</sup> -N	dusičnanový dusík	mg/L
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	fosforečnanový fosfor	mg/L
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	síranový aniont	mg/L
TDS	celkové rozpuštěné látky	mg/L
Zn	zinek	mg/L
Tur.	turbidita	relativní jednotky
Fluor.	fluorescence	relativní jednotky
χ	vodivost	μS/cm

## Příloha č. 2: Tabulky výsledků analýz z jednotlivých lokalit v blízkém okolí jezera Medard

Tab. 1: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 1.

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	766	733	756	667	697	679
pH		8,157	8,189	8,323	8,178	8,234	7,738
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	3,387	3,4	3,534	3,154	3,637	4,194
CHSKCr	$\text{mg.l}^{-1}$	19,6	50	32	44	46	50
Tur		37,97	15,2	8,04	38,05	9,88	6,71
Fluor.	$\text{mg.l}^{-1}$	22,64	11,8	9,491	30,517	21,398	5,369
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	65,6	26	32,57	44	33,33	9,69
Chla	$\mu\text{m.l}^{-1}$	17,8221	9,79	8,323	27,13	14,933	3,237
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,024	0	0,061	0,01	0,008	0,007
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,003	0,003	0,013	0,003	0,003	0,006
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,001	0,016	0,002	0,092	1,101
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,613	0,557	0,864	1,249	0,367	1,208
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,008	0,004	0,012	0,014	0,011	0,008
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,108	0,095	0,103	0,103	0,076	0,098
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	259,35	231	212,21	204,75	104,58	153,12
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	3,22	1,51	5,49	1,72	2,33	6,89
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	13	7,07	11	9,3	9,69	12,7
K	$\text{mg.l}^{-1}$	5,75	2,75	6,26	5,89	5,88	4,68
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	59,8	107,9	58,5	54,3	64,4	40,1
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	47,5	30,4	53,1	43,9	50	94,6
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,249	0,134	0,11	< 0,08	0,522
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,02	0,068	< 0,02	0,02	0,065	0,38
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,013	0,049	0,024	0,04	0,017	0,52

Tab. 2: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 2.

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	329	323	350	335	330	263
pH		7,578	7,312	7,479	7,444	7,681	6,952
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	1,039	0,973	1,126	1,045	1,042	1,117
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	14,6	53	25	36	52	42
Tur		33,04	7,44	25,42	16,1	13,36	9,35
Fluor.	$\text{mg.l}^{-1}$	16,85	6,176	11,775	6,561	9,437	9,415
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	32,86	10,36	38	19,6	12	8,75
Chla	$\mu\text{m.l}^{-1}$	7,997	5,14	6,512	12,68	5,141	6,365
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,023	0,008	0,023	0,003	0,006	0,005
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,005	0,004	0,003	0,004	0,009	0,007
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,018	0,001	0,01	0,001	0,09	0,252
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,623	0,381	0,802	0,722	0,363	0,678
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,012	0,004	0,003	0,014	0,018	0,007
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,09	0,067	0,134	0,065	0,073	0,055
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	99,34	105,09	99,16	102,61	100,92	65,01
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	2,05	1,24	1,66	1,01	2	1,75
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	6,12	5,68	5,21	4,75	4,4	4,39
K	$\text{mg.l}^{-1}$	3,56	3,38	3,55	3,69	3,44	2,28
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	23,4	18,9	27,3	22,5	23,8	14,7
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	19,1	19,5	19,8	18	18,5	17,4
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	□ 0,08	0,195	< 0,08	0,08	0,118	0,498
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	□ 0,02	0,007	< 0,02	0,02	0,075	0,02
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,014	0,039	0,039	0,042	0,019	0,055

**Tab. 3: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 3.**

Datum		4.5. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	482	578	419	381	1269
pH		7,387	7,452	7,659	7,599	7,668
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	0,764	1,149	0,925	0,941	1,834
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	20	42	48	49	70
Tur		2,95	4,35	2,3	0,94	15,43
Fluor.	$\text{mg.l}^{-1}$	3,15	5,218	2,567	11,16	79,38
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	-2,399	5,98	0	8,5	40,4
Chla	$\mu\text{m.l}^{-1}$	2,399	3,559	5,3	6,854	41,341
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,021	0,025	0,002	0,004	0,004
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,003	0,002	0,003	0,005
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,01	0,001	0,088	0,077
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,631	1,104	1,089	0,534	0,876
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,008	0,001	0,011	0,014	0,007
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,087	0,108	0,067	0,066	0,063
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	117,11	166,12	124,55	102,56	557,20
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	14,67	18,04	13,27	13,81	28,20
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	14,1	14,8	10,2	8,28	24,7
K	$\text{mg.l}^{-1}$	3,78	4,91	3,42	3,03	4,88
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	33	45,5	29,6	28,1	89
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	22,4	29,0	21	19	124,3
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	< 0,08	0,099	< 0,08	0,435
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,02	< 0,02	0,02	0,061	0,038
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,011	0,026	0,035	0,033	0,06

**Tab. 4: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 3A.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	641	534	464	474	445
pH		7,188	6,875	6,813	6,834	6,996
KNK-4,5		0,418	0,716	0,817	0,884	0,906
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	17,2	40	35	40	51
Tur		0,57	8,35	22,27	1,76	2,32
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,29	3,808	8,319	4,111	4,464
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	1,8	7	23,6	1,14	2
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1,371	1,33	5,386	3,71	4,798
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,022	0,016	0,023	0,002	0,002
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,003	0,004	0,003	0,003	0,004
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,001	0,011	0,002	0,087
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,545	0,582	0,811	1,197	0,451
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,004	0,007	0,005	0,003
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,093	0,071	0,088	0,06	0,068
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	234,25	128,46	113,72	123,46	106,07
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	47,71	33,08	18,4	22,64	22,41
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	29,9	20,2	14,40	15,6	10,9
K	$\text{mg.l}^{-1}$	4,39	3,28	1,45	2,13	3,7
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	43,8	31,9	35,9	31,1	31
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	23,2	25,2	22,1	21,7	21,8
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,08	< 0,08
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,02	< 0,02	0,053	0,02	0,064
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,008	0,029	0,049	0,043	0,021

**Tab. 5: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 5 na přítoku.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	3310	3330	2820	3110	3140	3300
pH		7,948	7,699	7,959	7,728	8,031	7,886
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	14,051	11,746	9,776	12,543	12,969	14,465
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	12,2	46	24	38	39	48
Tur		4,17	1,11	0,21	5,83	0,96	1,88
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,88	1,396	1,483	1,496	1,673	3,518
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	x	6,36	3,4	17	14	1,87
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1,112	0,53	1,714	2	1,371	1,714
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,058	0,017	0,05	0,031	0,046	0,139
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,005	0,003	0,006	0,011	0,01	0,013
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,453	0,16	0,146	0,321	0,581	0,884
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,954	0,827	0,864	0,999	0,831	1,715
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,004	0,004	0,001	0,003	0,005
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,059	0,046	0,058	0,057	0,034	0,029
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1611,5	2219,85	1255,7	2018,7	2421,3	1911,00
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	4,27	2,85	6,8	4,25	5,7	4,88
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	267	268,9	217,7	265	199,7	273,1
K	$\text{mg.l}^{-1}$	18,2	18,7	18,7	19,2	17,2	17,2
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	206,7	153,6	122,8	259,8	294,1	216,2
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	166,9	195,3	183,2	191,1	195,7	240,4
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	< 0,08	0,08	0,08	< 0,08	0,447
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,078	0,037	0,069	0,114	0,148	0,52
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,017	0,037	0,031	0,052	0,031	0,063

**Tab. 6: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 5 na odtoku.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	3150	3270	2780	3040	3060	3290
pH		8,019	7,826	7,958	7,807	8,018	7,904
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	12,777	14,317	9,597	12,26	12,823	14,834
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	11,9	48	19	38	43	43
Tur		0,55	-0,01	0,26	3,74	0,54	1,07
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,77	1,591	1,508	0,713	1,442	1,719
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	x	3,64	3	12	3	2,38
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	1,727	0,86	1,142	1,22	1,028	0,659
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,084	0,035	0,059	0,033	0,052	0,134
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,007	0,006	0,009	0,01	0,014
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,359	0,315	0,131	0,251	0,558	0,902
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,938	0,905	0,871	0,827	0,857	1,829
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,008	0,004	0,016	0,003	0,008
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,016	0,059	0,069	0,03	0,034	0,035
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1574,8	1927,8	1193,3	2706,15	1624,7	1274,55
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	6,09	4,12	6,6	4,2	6,48	4,92
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	254,8	276,6	228,9	254,7	184,3	252,5
K	$\text{mg.l}^{-1}$	19,5	19,3	18,3	18,7	18,3	18
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	201	215,1	96,8	264,1	302,3	227,9
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	184	202,8	186,3	182,7	204,9	237,3
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	0,087	< 0,08	< 0,08	0,139	0,08	0,474
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,1	0,057	0,049	0,098	0,144	0,512
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,011	0,038	0,03	0,048	0,03	0,057

**Tab. 7: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 5 nad kaskádou.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	3390	2939	3290	3340	3300	3450
pH		7,83	7,972	7,9	7,883	7,826	7,681
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	14,774	11,25	13,842	15,238	15,227	14,855
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	12,1	41	22	41	42	52
Tur		-0,15	0,33	-0,32	0,89	0,531	1
Fluor.	$\mu\text{ g.l}^{-1}$	2,43	1,501	1,771	0,905	1,93	1,408
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	x	3,5	2,4	2,25	1,74	2,42
Chla	$\mu\text{ g.l}^{-1}$	1,782	1,03	1,142	1,22	1,055	0,857
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,065	0,017	0,038	0,075	0,058	0,123
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,004	0,007	0,019	0,013	0,016
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,396	0,126	0,296	0,453	0,608	0,938
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,95	0,627	0,998	1,048	1,39	1,814
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,005	0,006	0,006	0,017	0,003	0,010
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,065	0,05	0,065	0,039	0,048	0,040
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1663,4	1646,4	1402,8	1807,05	2823,75	1413,15
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	5,23	4,05	5,15	4,31	5,04	4,98
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	269,1	159,5	289,2	301,6	236,6	281,5
K	$\text{mg.l}^{-1}$	20,3	12,8	20,4	19,6	18,4	18,6
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	230,7	147,6	84,4	322,8	356,9	244,1
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	187	136,5	198,1	185,7	198,1	253,6
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,08	0,08	0,496
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,106	0,041	0,055	0,241	0,186	0,677
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,008	0,036	0,02	0,051	0,04	0,067

**Tab. 8: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 6.**

Datum		8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	2283	2270	2278	2396	2408
pH		7,865	7,802	7,823	7,989	7,805
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	7,516	7,187	7,611	7,996	9,215
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	38	21	39	38	44
Tur		0,51	0,15	1,39	1,89	6,52
Fluor.	$\mu\text{ g.l}^{-1}$	4,334	1,942	0,956	1,414	2,648
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	3,6	2	1,4	3,67	14,62
Chla	$\mu\text{ g.l}^{-1}$	3,43	3,256	1,84	1,285	1,714
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,038	0,111	0,094	0,416	0,834
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,006	0,007	0,01	0,008
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,113	0,103	0,16	0,525	0,402
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,503	0,822	1,404	1,079	1,739
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,003	0,001	0,014	0,010
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,063	0,082	0,037	0,048	0,036
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1316,4	1061,4	1170,5	1469,6	978,50
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	9,36	10,73	8,59	11,01	9,46
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	86,3	81,7	83,8	628,7	80,1
K	$\text{mg.l}^{-1}$	17	19,7	17,8	18,9	17,4
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	208,1	229	298,9	349,5	181,3
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	150,4	140,6	126,4	166,4	272,7
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	0,161	< 0,08	0,108	0,08	0,483
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,176	0,165	0,12	0,567	1,52
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,052	0,012	0,052	16,4	0,057

**Tab. 9: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 9.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	656	593	579	611	602	729
pH		7,958	7,943	8,377	8,293	8,277	7,572
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	3,459	3,285	2,822	2,942	3,14	3,246
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	26,6	70	46	56	30	43
Tur		2,53	0,9	0,1	0,92	0,6	2,41
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	12,13	5,148	4,02	2,917	5,056	15,085
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	5,22	2,8	0,4	0,4	0,36	3,2
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	13,195	8	1,469	7	3,672	12,681
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,022	0,014	0,027	0,013	0,006	0,001
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,005	0,015	0,01	0,09	0,027
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,953	0,793	1,406	1,145	0,701	0,516
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,011	0,002	0,008	0,003	0,002	0,008
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,108	0,055	149,06	0,069	0,065	0,061
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	182,54	128,92	149,06	185,49	106,5	231,89
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	1,85	0,85	1,33	2,27	0,84	1,07
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	3,83	3,90	3,63	332	3,75	2,79
K	$\text{mg.l}^{-1}$	6,29	6,52	6,22	7,2	6,7	4,65
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	46	33,1	25,1	39,5	43,3	51
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	38,4	46,7	51,9	50,4	51,9	44,7
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,135	< 0,08	0,08	0,08	0,542
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,016	< 0,02	< 0,02	0,02	0,06	0,17
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,017	0,032	0,022	0,041	2,47	0,049

**Tab. 10: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 10.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1900	1798	1945	1666	1694	1627
pH		8,176	8,147	7,947	8,013	8,29	7,85
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	3,659	3,604	3,261	3,508	3,77	6,814
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	15	55	25	40	44	42
Tur		1,55	2,65	1,21	4,21	0,79	0,86
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	8,01	5,51	3,444	4,458	1,844	1,967
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	5,22	8	13,62	17	1,4	1,2
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	4,227	2,57	3,57	6	1,186	0,005
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,022	0,014	0,023	0,001	0,002	0,005
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001	0,027
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,001	0,009	0,001	0,088	0,524
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,562	0,414	0,803	0,87	0,328	0,009
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,014	0,003	0,003	0,002	0,001	0,044
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,088	0,061	0,089	0,067	0,06	619,53
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1019,2	1195,4	945	934	1529,1	1,55
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	1,2	0,43	2,03	0,17	1,22	—
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	29,5	30,4	30,8	21,7	23	18,6
K	$\text{mg.l}^{-1}$	16,1	15,7	17,7	14,9	13,6	10,6
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	78,4	72,9	91,5	115	132,7	143,1
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	167,7	188,2	197,5	158,2	168,6	137,9
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,08	< 0,08	0,093	0,08	0,441
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,075	< 0,02	0,025	0,02	0,021	0,02
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,03	0,038	0,022	0,044	0,013	0,217



**Tab. 11: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 11.**

Datum		4.5. 2010	8.6. 2010	19.7. 2010	26.8. 2010	4.11. 2010	9.2. 2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1396	1329	1396	1259	1239	688
pH		7,726	7,64	7,567	7,577	7,928	6,65
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	4,886	4,703	5,431	4,726	4,735	3,006
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	24,8	67	40	57	40	65
Tur		2,18	0,18	0,69	1,98	0,89	6,84
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	12,86	9,954	4,895	7,056	5,932	11,979
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	5,4	3,4	5	5	1,54	12
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	9,253	0,86	3,256	6,73	3,164	1,371
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,022	0,012	0,024	0,002	0,001	0,002
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,004	0,001	0,003	0,004	0,008
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,001	0,009	0,001	0,089	0,028
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,644	0,474	0,868	0,725	0,474	0,882
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,011	0,004	0,001	0,013	0,01	0,008
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,091	0,052	0,084	0,064	0,059	0,085
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	515,69	637,65	526,83	520,51	566,19	238,07
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	2,29	1,16	2,45	0,5	1,93	1,75
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	8,92	9,45	7,55	6,88	6,82	3,99
K	$\text{mg.l}^{-1}$	7,67	8,38	8,75	7,9	7,82	3,56
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	99,9	97,6	116,6	10,7,7	119,9	51,4
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	109,7	126,3	122,1	112,5	114,6	39,7
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	< 0,08	0,127	0,08	0,08	0,979
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,07	0,03	< 0,02	0,025	0,02	1,06
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,021	0,044	0,017	0,036	0,011	0,069

**Tab. 12: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 13.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1207	1128	1224	1103	1148	783
pH		7,441	7,429	7,342	7,331	7,372	7,181
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	3,474	3,706	4,105	4,192	3,835	3,415
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	32,1	72	45	60	40	35
Tur		0,99	0,96	0,66	1,28	1,31	2,19
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	13,3	6,839	6,735	6,37	5,415	6,023
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	2,4	3,8	1,4	2	0,97	4,4
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	9,253	4,11	3,77	2,03	1,45	3,599
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,024	0,015	0,026	0,007	0,002	0,001
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,004	0,001	0,003	0,004	0,004
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,003	0,01	0,002	0,081	0,014
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,65	0,509	0,941	0,765	0,396	0,567
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,01	0,005	0,001	0,003	0,014	0,007
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,087	0,052	0,117	0,059	0,058	0,058
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	445	545,87	438,78	491,76	581,94	282,77
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	2,3	1,5	1,63	1,27	1,67	1,40
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	8,12	8,5	7,36	6,65	6,26	4,52
K	$\text{mg.l}^{-1}$	7,67	7,96	8,46	7,86	6,97	4,93
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	92,5	85,3	98,8	104,4	113,9	61,5
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	84,7	96,6	100,4	92,2	90,3	55,4
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,29	0,172	0,186	0,08	0,626
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,07	0,045	0,031	0,041	0,029	0,134
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,142	0,07	0,015	0,032	0,018	0,058

**Tab. 13: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 17.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1199	1052	1178	1166	1156
pH		4,108	6,356	6,605	7,049	6,763
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$		0,312	0,439	0,588	0,463
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	7,8	63	27	38	46
Tur		1,92	1,31	1,73	1,26	0,6
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	4,96	8,083	3,118	0,499	1,453
NL	$\text{mg.l}^{-1}$		6	5,33	1,87	2,31
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	4,181	25,19	3,084	1,29	7,382
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,023	0,013	0,025	0,004	0
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,012	0,002	0,013	0,001	0,087
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,32	0,441	0,639	0,448	0,211
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,009	0,003	0,002	0,004	0,002
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,08	0,084	0,104	0,06	0,061
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	594,4	597,37	552,27	607,3	654,93
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	17,69	12,09	14,4	15,65	11,79
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	18,5	19,2	19	18,7	16,6
K	$\text{mg.l}^{-1}$	5,08	4,73	5,43	5,62	5,31
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	97,8	88,4	135,6	126,3	133,7
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	52,7	68,1	70,3	71,3	76,2
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	0,119	< 0,08	0,138	0,08	0,08
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	2,54	1,1	0,184	0,063	0,028
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,269	0,101	0,044	0,035	0,05

**Tab. 14: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 19 na přítoku.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	2440	2231	2030	2069	2020	1995
pH		7,872	7,889	7,842	7,975	8,107	7,507
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	10,269	7,979	4,518	6,651	7,506	9,369
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	20,8	57	39	44	43	47
Tur		0,49	-0,26	0,24	0,94	2,578	1,122
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3,64	2,161	4,318	1,37	2,905	3,93
NL	$\text{mg.l}^{-1}$		4,8	3,4	5,6	32,09	3,38
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,673	10,11	5,484	3,3	5,189	2,428
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,021	0,011	0,028	0,007	0,021	0,004
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,001	0,001	0,004	0,006	0,004
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,008	0,004	0,012	0,002	0,108	0,024
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,386	0,503	0,983	0,659	0,435	0,551
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,007	0,007	0,003	0,001	0,001	0,008
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,063	0,054	0,083	0,021	0,024	0,037
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1424,5	1327,6	1070,8	1170,5	1463,2	1023,50
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	2,62	2,02	2,69	0,48	1,46	1,94
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	11,1	13,7	11,9	12	10,8	8,97
K	$\text{mg.l}^{-1}$	9,96	12,3	11,6	12,1	10,1	8,11
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	261,8	181,4	132,6	239,4	238,1	190,7
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	172,2	229,8	236,4	205	195,4	248
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,115	0,161	0,083	0,082	0,529
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,234	0,061	< 0,02	0,02	0,085	0,231
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,022	0,046	0,031	0,042	0,017	0,058

**Tab. 15: Koncentrace sledovaných ukazatelů v mokřadu 19 na odtoku.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	2110	1975	2050	1725	1680	1670
pH		7,904	7,929	7,919	7,992	7,633	7,499
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	6,4	6,49	4,727	5,16	5,441	7,684
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	24	70	41	44	50	54
Tur		1,08	0,21	0,4	1,16	0,579	0,942
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3,82	7,916	4,631	3,551	2,474	2,188
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	3,33	5,4	2,8	4,5	0,62	1
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3,57	15,25	4,627	4,46	1,45	0,800
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,029	0,012	0,023	0,003	0,002	0,002
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,004
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,01	0,001	0,009	0,001	0,084	0,017
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,276	0,71	0,994	0,771	0,541	0,524
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,016	0,005	0,003	0,013	0,001	0,001
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,072	0,094	0,082	0,067	0,058	0,027
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	1260,2	1325,2	1225,3	812,9	1452,9	513,40
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	1,74	0,32	1,87	2,02	1,18	1,72
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	10,4	13,6	12	10,6	7,55	7,98
K	$\text{mg.l}^{-1}$	8,28	10,4	11,6	9,88	6,9	6,61
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	177,9	127,9	141,2	158,7	155	159,5
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	145,9	208,2	220,9	177,4	134,9	186,8
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	< 0,08	0,145	0,288	0,104	0,08	0,707
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,08	0,043	< 0,02	0,02	0,021	0,196
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,035	0,05	0,04	0,26	0,008	0,058

**Tab. 16: Koncentrace sledovaných ukazatelů ve Štole Josef.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1199	1170	1151	1216	1191	1272
pH		4,108	3,737	3,711	3,595	3,545	4,088
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	—	—	—	—	—	—
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	0	48	30	48	51	65
Tur		21,06	40,01	25,82	24,75	22,52	5,996
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	3,92	6,09	4,436	3,385	5,101	1,221
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	10,8	16,29	16	18	17,58	4,33
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,056	1,71	8,225	4,28	1,45	1,836
NH4-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,986	0,605	1,056	1,083	1,112	1,058
NO2-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,007	0,001	0,003	0,005	0,030
NO3-N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,006	0,001	0,012	0,002	0,082	0,023
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	1,426	1,008	1,087	1,169	1	1,188
PO4-P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,009	0,004	0,009	0,001	0,001	0,004
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,174	0,283	0,215	0,121	0,05	0,145
SO4	$\text{mg.l}^{-1}$	726,81	719,68	660,77	691,56	748,28	678,22
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	15,1	—	19,85	17,45	19,81	18,24
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	15,8	14,9	13,3	12,9	12,7	15,1
K	$\text{mg.l}^{-1}$	5,14	4,36	4,56	5,03	4,66	4,58
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	53,3	96,2	69,6	76	82,5	23,2
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	20,5	20,8	18,8	22,3	20,9	65,2
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	165,6	110,2	165,2	137	155,3	236,3
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	3,58	3,1	3,7	3,75	3,18	4,87
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,662	0,53	0,603	0,567	0,58	0,762

**Tab. 17: Koncentrace sledovaných ukazatelů v příkopu A.**

Datum		4.5.2010	8.6.2010	19.7.2010	26.8.2010	4.11.2010	9.2.2011
vodivost	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	1224	1084	1167	1031	986	869
pH		7,979	8,248	8,099	8,441	7,326	7,675
KNK-4,5	$\text{mmol.l}^{-1}$	2,961	3,496	1,778	2,388	0,777	3,595
CHSK-Cr	$\text{mg.l}^{-1}$	20,7	66	37	58	30	53
Tur		4,14	1,33	-0,09	1,26	7,713	5,218
Fluor.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	5,85	4,834	4,359	6,123	8,829	4,079
NL	$\text{mg.l}^{-1}$	2,8	5	1,2	1,21	23,87	6
Chla	$\mu\text{g.l}^{-1}$	2,399	4,63	1,599	2,08	14,5	2,056
NH <sub>4</sub> -N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,213	0,073	0,025	0,105	0,55	0,061
NO <sub>2</sub> -N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,005	0,004	0,003	0,005	0,008	0,003
NO <sub>3</sub> -N	$\text{mg.l}^{-1}$	0,124	0,049	0,195	0,15	0,536	0,001
TN	$\text{mg.l}^{-1}$	0,81	0,761	0,894	1,063	1,319	0,650
PO <sub>4</sub> -P	$\text{mg.l}^{-1}$	0,001	0,003	0,008	0,011	0,011	0,006
TP	$\text{mg.l}^{-1}$	0,08	0,079	0,073	0,056	0,058	0,042
SO <sub>4</sub>	$\text{mg.l}^{-1}$	624,4	623	496,25	373,34	587,33	311,55
Cl	$\text{mg.l}^{-1}$	1,88	0,86	1,69	1,32	1,16	1,47
Na	$\text{mg.l}^{-1}$	8,37	5,71	8,32	6,48	6,42	5,34
K	$\text{mg.l}^{-1}$	7,89	5,44	3,18	7,84	7,44	5,18
Ca	$\text{mg.l}^{-1}$	88,1	78,9	15,7	108,6	108,9	70
Mg	$\text{mg.l}^{-1}$	74,8	59,7	-0,02	75,7	67	63,3
Fe	$\text{mg.l}^{-1}$	0,521	0,12	< 0,08	0,116	< 0,08	0,876
Mn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,253	0,111	< 0,02	0,077	0,474	0,213
Zn	$\text{mg.l}^{-1}$	0,012	0,054	0,028	0,03	0,008	0,044

**Příloha č. 3: Fotografie zájmových lokalit**

**Obr. 1: Mokřad 1**



**Foto: Veronika Fafilková**

**Obr. 2: Mokřad 2**



**Foto: RNDr. Ivo Píkrý**



**Obr. 3: Mokřad 3**



**Foto: RNDr. Ivo Přikryl**

**Obr. 4: Mokřad 3A**



**Foto: RNDr. Ivo Přikryl**

**Obr. 5 : Mokřad 5**



**Foto: Veronika Fafilková**

**Obr. 6 : Mokřad 6**



**Foto: Veronika Fafilková**



**Obr. 7 : Mokřad 9**



**Foto: Veronika Fafilková**

**Obr. 8 : Mokřad 10**



**Foto: Veronika Fafilková**



**Obr. 9 : Mokřad 11**



**Foto: Veronika Fafilková 1**

**Obr. 10 : Mokřad 13**



**Foto: RNDr. Ivo Přikryl**

**Obr. 11 : Mokřad 17**



**Foto: Veronika Fafilková**

**Obr. 12: Mokřad 19**



**Foto: Veronika Fafilková**



**Obr. 13 : Štola Josef**



**Foto: RNDr. Ivo Přikryl 1**

**Obr. 14: Příkop A**



**Foto: Veronika Fafilková**

