

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra zoologie a rybářství

**Biotické a abiotické změny vodních nádrží Jizerských hor
s ohledem na snížení emisního zatížení oblasti**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: Lucie Burdová

Vedoucí diplomové práce: Lukáš Kalous

Konzultantka: RNDr. Zuzana Hořická, Ph.D.

2009

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Lukáši Kalousovi Ph.D. za věcné připomínky, rady a doporučení, které mi během odborných konzultací uděloval a za velkou ochotu, kterou v průběhu celé práce projevoval. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Zuzaně Hořické Ph.D. za velkou ochotu při spolupráci, podnětné připomínky a poskytnutí nepublikovaných dat z předešlých let. Ráda bych také poděkovala Bc. Jiřímu Huškovi za pomoc při terénních odběrech a poskytnutí některých dat.

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma „Biotické a abiotické změny vodních nádrží Jizerských hor s ohledem na snížení emisního zatížení oblasti“ vypracovala samostatně, a že jsem v seznamu literatury uvedla všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Nechvalicích dne 23. 3. 2009

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na popis základních fyzikálně chemických parametrů stojatých vod v nádržích Bedřichov, Souš, Josefův Důl a jejich přítoků, nacházejících se v Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Stanovená data byla porovnávána s výsledky získanými v roce 1994. Součástí práce je také rámcové zmapování ichtyofauny výše zmíněných vod.

Práce dále obsahuje procesy vzniku přirozené a antropogenní acidifikace a jejich působení zejména na oživení vod Jizerských hor.

Výsledkem práce jsou prokázány změny v chemizmu vod, typické pro deacidifikaci daného území. Došlo ke zvýšení pH vod, k poklesu koncentrací kyselých aniontů, ale i bazických kationtů. Z ichtyofauny je dominantním druhem vod siven americký (*Salvelinus fontinalis*), schopný přirozené reprodukce. V povodí nádrže Souš se nachází pstruh obecný, forma potoční (*Salmo trutta m. fario*) u něhož byla také prokázána schopnost reprodukce v přírodních podmínkách. Na lokalitách Bedřichov a Josefův Důl se nachází střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*).

Klíčová slova: acidifikace, deacidifikace, fyzikálně chemické parametry vod, Jizerské hory, siven americký

Abstract

This thesis is focused on description of basic physiochemical parameters of standing waters Bedřichov reservoir, Souš, Josefův Důl and their affluents, which are situated in protected landscape area Jizera Mountains. The given data were compared with the outcomes, gained in 1994. The part of my work is also general mapping of ichthyofauna in waters mentioned above.

The thesis thereafter includes processes of natural and anthropogenic acidification origin, and their effect on Jizera Mountains waters recovery, especially.

Proved changes in water chemistry, that are typical of given area deacidification, are consequences of this diploma paper. It has come to water pH increases and descent of concentrations of acid anions, but also basic kations. The dominant water species among ichthyofauna is the american brook trout (*Salvelinus fontinalis*), which is able to natural reproduction. In drainage area of the Souš reservoir, there is the brown trout, the brook variety (*Salmo trutta m. fario*), whose ability of reproduction in natural conditions has been also proved. In the area of Bedřichov reservoir and Josefův důl, brook minnow (*Phoxinus phoxinus*) can be find.

Key words: acidification, deacidification, physiochemical parameters of waters, Jizera Mountains, American brook trout

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíle práce	9
3. Přehled literatury	10
3. 1. Charakteristika oblasti	10
3. 2. Proces acidifikace a jeho působení zejména na oživení stojatých vod Jizerských hor	13
3. 2. 1. Procesy vzniku a působení přirozené a antropogenní acidifikace	13
3. 2. 2. Vliv acidifikace na oživení stojatých vod Jizerských hor	16
3. 2. 3. Zpomalení procesu deacidifikace v nádržích Jizerských hor	17
3. 3. Základní charakteristika studovaných nádrží	18
3. 3. 1. Přehradní nádrž Bedřichov	18
3. 3. 2. Přehradní nádrž Souš	19
3. 3. 3. Přehradní nádrž Josefův Důl	20
3. 3. 4. Souhrnné hydrologické informace o studovaných nádržích	22
4. Materiál a metody	23
4. 1. Odběr vzorků vod a zooplanktonu	23
4. 2. Chemické analýzy vod	24
4. 3. Stanovení koncentrace chlorofylu- <i>a</i>	24
4. 4. Odlov ryb	25
4. 5. Měření fyzikálně chemických parametrů vod v lovených tocích	25
4. 6. Fotografická dokumentace a použitý software	25
5. Výsledky	26
5. 1. Fyzikálně chemické parametry měření sondou v <i>in situ</i>	26
5. 2. Tabulky chemických analýz	37
5. 3. Zmapování ichtyofauny v hlavních přítocích nádrží	47
6. Diskuze	49
6. 1. Zhodnocení fyzikálně chemických analýz	49
6. 1. 1. Zhodnocení vývoje teploty v nádržích	49
6. 1. 2. Zhodnocení naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku	49
6. 1. 3. Zhodnocení naměřených hodnot pH	50
6. 1. 4. Zhodnocení naměřených hodnot elektrolytické konduktivity	52
6. 1. 5. Zhodnocení naměřených hodnot alkalinity	53

6. 1. 6. Zhodnocení naměřených hodnot Ca^{2+}	54
6. 1. 7. Zhodnocení naměřených hodnot Mg^{2+}	55
6. 1. 8. Zhodnocení naměřených hodnot Na^+	56
6. 1. 9. Zhodnocení naměřených hodnot K^+	57
6. 1. 10. Zhodnocení naměřených hodnot NH_4^+	58
6. 1. 11. Zhodnocení naměřených hodnot SO_4^{2-}	59
6. 1. 12. Zhodnocení naměřených hodnot NO_3^-	60
6. 1. 13. Zhodnocení naměřených hodnot Cl^-	61
6. 1. 14. Zhodnocení naměřených hodnot F^-	62
6. 2. Zhodnocení stavu ichtyofauny.....	63
6. 3. Zhodnocení stavu zooplanktonu v nádržích	64
6. 4. Zhodnocení stavu fytoplanktonu v nádržích	65
7. Závěry a doporučení	67
8. Seznam literatury	69
9. Samostatné přílohy	

Seznam příloh

- Obrázek 1.** Vertikální profil teploty v nádrži Bedřichov v roce 2008.
- Obrázek 2.** Vertikální profil teploty v nádrži Souš v roce 2008.
- Obrázek 3.** Vertikální profil teploty v nádrži Josefův Důl v roce 2008.
- Obrázek 4.** Vertikální profil pH v nádrži Bedřichov v roce 2008.
- Obrázek 5.** Vertikální profil pH v nádrži Souš v roce 2008.
- Obrázek 6.** Vertikální profil pH v nádrži Josefův Důl v roce 2008.
- Obrázek 7.** Vertikální profil rozpuštěného O₂ (mg/l) v nádrži Bedřichov v roce 2008.
- Obrázek 8.** Vertikální profil rozpuštěného O₂ (mg/l) v nádrži Souš v roce 2008.
- Obrázek 9.** Vertikální profil rozpuštěného O₂ (mg/l) v nádrži Josefův Důl v roce 2008.
- Obrázek 10.** Mapa části Jizerských hor se studovanými nádržemi a zvýrazněnými přítoky nádrží.
- Obrázek 11.** Přehradní hráz a bezpečnostní přeliv nádrže Bedřichov.
- Obrázek 12.** Hráz nádrže Bedřichov z návodní strany.
- Obrázek 13.** Hráz nádrže Souš s manipulační věží.
- Obrázek 14.** Letecký snímek nádrže Josefův Důl.
- Obrázek 15.** Odlov ryb pomocí elektrického agregátu na řece Černá Desná.
- Obrázek 16.** Siven americký (*Salvelinus fontinalis*, nádrž Bedřichov, září 2008).
- Obrázek 17.** Sřevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), Černá Nisa, červen 2008.
- Tabulka 30.** Fyzikálně chemické parametry nádrží Bedřichov, Souš a Josefův Důl v r. 1994 – pH, vodivost (K₂₀), hlavní kationty.
- Tabulka 31.** Fyzikálně chemické parametry nádrží Bedřichov, Souš a Josefův Důl v r. 1994 alkalita (Alk.), hlavní anionty.
- Tabulka 32.** Násada nádrže Bedřichov v letech 2007 a 2008.
- Tabulka 33.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Bedřichov v letním období let 1992 – 1997.
- Tabulka 34.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Bedřichov v letním období let 1999 – 2005.
- Tabulka 35.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Souš v letním období let 1992 – 1997.
- Tabulka 36.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Souš v letním období let 1999 – 2005.
- Tabulka 37.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Josefův Důl v letním období let 1992 – 1997.
- Tabulka 38.** Zooplankton (Crustacea) v nádrži Josefův Důl v letním období let 1999 – 2005.
- Tabulka 39.** Přehled druhů fytoplanktonu nalezených v přehradních nádržích Bedřichov a Souš v letech 1993 – 1997.
- Tabulka 40.** Přehled nalezených zástupců fytoplanktonu v nádrži Souš v letech 2002 – 2003.

1. Úvod

Oblast Jizerských hor je z přírodního hlediska velmi cennou lokalitou, která v současné době skrývá mnoho kontrastů. Na jedné straně se zde vyskytují mimořádně hodnotná území se zachovalými přirozenými společenstvy unikátních rašelinišť, s rozsáhlým komplexem bučin na severních svazích hor a vzácnou faunou a flórou. Na straně druhé stojí plochy imisních holin a poškozených lesních porostů (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Jizerské hory jsou lokalitou s vyšší přirozenou kyselostí prostředí, neboť se nachází na geologickém podloží tvořeném krystalickými horninami chudými na bazické kationty. Avšak acidifikace, která se v této oblasti začala projevovat již v 50. letech 20. století a vyvrcholila v 80. letech minulého století byla zapříčiněna nikoli přirozenou kyselostí prostředí, ale antropogenní acidifikací vycházející z průmyslových emisí SO_2 a NO_x . V důsledku toho došlo k okyselení půd a vodního prostředí, které mělo zásadní vliv na jejich oživení (Kopáček, 1997; Hořická, 2005a).

Změny chemizmu vod studovaných nádrží vedly v důsledku acidifikace k drastickým změnám ve struktuře společenstev vodních organismů. Došlo k vymizení měkkýšů, ryb a k silné redukci jak živočišných, tak i rostlinných druhů v planktonu i bentosu. Bylo prokázáno, že tyto změny jsou důsledkem složité interakce mezi pH vody, koncentrací forem hliníku a množstvím organických látek a fosforu ve vodách. Tyto změny se samozřejmě nevyhnuly ani nádržím jako je Bedřichov, Souš, nebo Josefův Důl, na které je tato práce zaměřena (Stuchlíková a kol., 1988; Hořická, 2005a).

Již z tohoto krátkého úvodního textu vyplývá, že acidifikace oblasti, ale zejména zotavení území z acidifikace je velmi zajímavou a při bližším pohledu také značně komplikovanou otázkou. Snížení produkce emisí v 80. a 90. letech 20. století se záhy pozitivně projevilo na chemizmu horských vod u nichž došlo k poklesu síranů a dusičnanů. Přesto snížení jejich koncentrace neodpovídá snížení emisí, protože dochází k desorpci síranů akumulovaných v půdě během acidifikace (Kopáček a kol., 2002). Naproti tomu zotavení živé složky postupuje pomalu a je za změnami chemizmu výrazně opožděno, neboť na úrovni společenstva představuje komplex složitých abiotických a biotických vztahů (Kopáček a kol., 2002; Hořická, 2005a).

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je popis a testování hypotézy změn základních fyzikálně chemických parametrů povrchových vod nádrží Bedřichov, Souš, Josefův Důl a jejich hlavních přítoků ležících v Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Součástí práce je rámcové zmapování a testování hypotézy změn oživení vod s hlavním zaměřením na ichtyofaunu Jizerskohorských nádrží a jejich přítoků. Výsledky získané pro rok 2008 jsou porovnávány se staršími daty, v případě chemických parametrů vod s hodnotami získanými v roce 1994. Z pohledu mapování ichtyofauny navazují současné výsledky na postupnou reintrodukcí ryb v letech 1991 – 2000.

Práce navazuje na dlouhodobou vědeckou činnost prováděnou v Jizerských horách soustavně od roku 1991 Dr. Hořickou a jejími kolegy, kteří sledují postupný proces deacidifikace probíhající v dané oblasti.

3. Přehled literatury

3. 1. Charakteristika oblasti

Jizerské hory jsou nejseverněji ležícím českým pohořím. Nadmořská výška Jizerských hor se pohybuje v rozpětí od 325 m n. m. (u Raspenavy) až po nejvyšší bod Smrk (1124 m).

Na přelomu let 1967 – 1968 zde byla vyhlášena chráněná krajinná oblast (CHKO), zahrnující území Jizerských hor a jejich podhůří přibližně mezi městy Liberec, Frýdlant, Nové Město pod Smrkem, Kořenov, Tanvald a Jablonec nad Nisou. Na východě sahá CHKO ke státní hranici s Polskem a dále hraničí s Krkonošským národním parkem. CHKO se rozkládá na ploše 368 m², lesnatost území je 73 % (269 km²) (CHKO JH, 2009).

Na území CHKO Jizerské hory nalezneme mnoho kontrastů. Na jedné straně stojí rozsáhlé plochy imisních holin a poškozených lesních porostů, na straně druhé mimořádně hodnotná území se zachovalými přirozenými společenstvy, zejména unikátní společenstva rašelinišť se vzácnou flórou a faunou, nebo rozsáhlý komplex bučin na severních svazích hor (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Jizerské hory jsou pohořím prvohorního stáří. Pro zdejší reliéf jsou charakteristické ploché kupy, plošiny, zaoblené hřbety a široká údolí, na okrajích jsou příkré svahy s mladými údolními vzniklými erozí (CHKO JH, 2009).

Základem geologické stavby Jizerských hor je krkonoško-jizerské krystalinikum s půdorysem ve tvaru ležaté osmičky, která sahá od Machnína po Sněžku, v Polsku pak až po Rudawy Janowickie (asi 70 km). V nejužším místě u Harrachova dosahuje šířka masivu 8 km, k západu i východu roste až na 20 km. Ve stavbě krystalinika výrazně převažují žuly, jedná se o výrazně porfyrickou středně zrnitou, biotitickou žulu až granodiorit, porfyrickou, hrubozrnou, biotitickou žulu (tzv. libereckou) a o biotit-amfibolický granodiorit, tzv. fojtské žuly. Na několika místech prostupují žulový pluton třetihorní výlevné vyvřeliny (zejména na Bukovci, 1005 m n. m.). Na okrajích plutonu jsou zastoupeny přeměněné horniny. Masiv Smrku je tvořen krystalickými břidlicemi a staršími žulami. Na Vápenném vrchu u Raspenavy se nacházejí krystalické vápence. Úbočí a údolní polohy jsou místy překryty čtvrtohorními sedimenty, ve vyšších polohách vrstvami rašeliny (Chaloupský, 1989; Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009)

Horotvorné procesy probíhaly v Jizerských horách v několika fázích, od asyntského vrásnění v předprvohorním období přes kaledonského vrásnění až po vrásnění hercynské (CHKO JH, 2009).

Krkonoško-jizerský masiv je vystaven intenzivnímu zvětrávání a odnosu již 250 mil. let. K výraznému vyzdvižení Jizerských hor došlo ve třetihorách při saxonských tektonických pohybech, kdy také vznikly strmé severní svahy. Na náhorní plošině a severních svazích jsou patrné vlivy mrazového zvětrávání, které dalo vzniknout skaliskům a balvanovým mořím (CHKO JH, 2009).

Mineralogicky nejznámější lokalitou Jizerských hor jsou náplavy Safírového potoka a Jizerky u stejnojmenné osady, kde byly v minulosti rýžovány safíry, rubíny, spinely, iseriny, zirkony a další minerály. Zajímavé a poměrně časté jsou také pegmatitové žíly (Mackovčín a kol., 2002).

V Jizerských horách převažují podzoly kambizemní a často také organozemní (zrašeliněné). V polohách nad 1000 m n. m. se vyskytují typické podzoly. Na náhorní rovině jsou časté vrchovištní organozemě, na které místy navazují organozemní gleje. Severní svahy pokrývají dystrické kambizemě. Na vrchovištních rašeliništích se vyskytují organozemě a organozemní gleje. Z hlediska zrnitosti převažují v nižších polohách půdy zrnitójílové a jílovitohlinité. V horských polohách se nacházejí lehčí půdy, které obsahují větší podíl šterku (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009). Pelíšek (1968) popisuje, že půdy v této horské oblasti jsou mělké, hlinitopísčité, chudé na živiny a patří k půdám silně až extrémně kyselým. CHKO JH (2009) uvádí, že pH půd se pohybuje mezi 3,5 – 5,5 a z hlediska obsahu humusu se jedná o půdy středně až silně humózní.

Jizerské hory (společně s Krkonošemi) jsou prvním vyšším celistvým útvarem na čele Krkonoško-jesenické soustavy, a proto velmi významně ovlivňují počasí a podnebí v širokém okolí, zejména vzdušná proudění, srážkové a teplotní poměry. Proměnlivost lokálních klimatických podmínek je způsobena zejména velkou členitostí reliéfu. Časté proměny meteorologických charakteristik podmiňuje i expozice a sklon svahů, horninové podloží, vegetační kryt, skalní útvary, atd.. Prakticky celé území Jizerských hor leží v chladné klimatické oblasti. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 4 – 7 °C (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009). Průměrné roční srážkové úhrny dosahují většinou hodnot od 850 mm po 1200 mm, ale na některých místech se blíží až 1500 mm ročně (Pelc, 1999; Mackovčín a kol., 2002). Vysoké hodnoty srážkových úhrnů jsou důsledkem návětrných efektů, které se projevují zejména na západní straně Jizerských hor a v jejich vrcholových partiích. Ve vegetačním období (180 – 120 dní podle nadmořské výšky) spadne přibližně 60% ročního úhrnu srážek. Sněhová pokrývka leží v průměru 140 – 160 dnů a nezdřídka dosahuje ve vyšších polohách na konci zimy v průměru výšky kolem 150 cm (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Jizerské hory mají velmi hustou říční síť a mimořádně velké přírodní zdroje povrchové vody o čemž svědčí specifický odtok $20 - 35 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Území má značný význam pro zásobování liberecko-jablonecké aglomerace pitnou vodou. V roce 1978 byla proto CHKO Jizerské hory vyhlášena Chráněnou oblastí přirozené akumulace vod (CHOPAV) (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Pohořím probíhá hlavní evropské rozvodí mezi Severním a Baltským mořem. Ze západní a jihozápadní části odvádí Lužická Nisa vodu do Baltského moře. Sever jizerských hor odvodňuje do téhož úmoří řeka Snědá. Východ a jihovýchod území je odvodňován Jizerou a jejími přítoky ústícími do Labe a Severního moře. Jizera je nejvodnatějším tokem Jizerských hor (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Pro vodní režim oblasti mají zásadní význam rozlehlé lesní komplexy, které byly donedávna pro Jizerské hory typické, a spolu s nimi také rašeliniště (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

V letech 1903 – 1928 byly pro ochranu před povodněmi na tocích v CHKO Jizerské hory vybudovány čtyři vodní nádrže (Bedřichov, Fojtka, Mšeno a Rudolfovo), v roce 1915 byla dokončena stavba dvou zemních hrází na Bílé a Černé Desné (nádrž Souš). První z nich se s tragickými následky o rok později protrhla. V současné době slouží nádrže především jako zdroje pitné vody. Pro tento účel byla nejprve upravena vodní nádrž Souš a později také vybudována největší jizerskohorská vodní nádrž Josefův Důl na řece Kamenici, která byla dokončena v roce 1982 (Mackovčín a kol., 2002; CHKO JH, 2009).

Na styku žuly a krystalických břidlic v severním podhůří se v úzkém pruhu svorů vyskytují i minerální prameny, jejich mineralizace je ale slabá. Jde o kalcium-bikarbonátové kyselky s různým obsahem železnatých iontů v Lázních Libverda a u Nového Města pod Smrkem (Mackovčín a kol., 2002).

Téměř výhradním vegetačním typem CHKO je les. Přirozené bezlesé enklávy jsou jen na extrémních místech jako jsou sutě nejvyšších vrcholů, živá rašeliniště, některé mokřady a přirozené vodní plochy (Mackovčín a kol., 2002).

Lesy zaujímají v Jizerských horách plochu téměř 270 km^2 , což z celkové plochy CHKO představuje 73%. Před příchodem člověka byly hory pokryty z větší části jedlobukovými pralesy s příměsí jilmu horského (*Ulmus glabra*), javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) a dalších dřevin. Stav lesa, jeho rozlohu ale především druhovou strukturu začal ovlivňovat člověk výrazněji od 14. století, kdy začalo být území cílevědomě osidlováno. Nejvýznamnější změny jsou však spojeny s obdobím rozvoje sklářství a hutnictví a dalšího průmyslu, tedy přibližně s 16. - 19. stoletím. Počátkem 19. století začínají holosečné

těžby, původní jedlobukový les je významnou měrou nahrazován smrkovými monokulturami. Potřeba osiva pro zalesňování byla často řešena dovozy z oblastí s odlišnými ekologickými podmínkami. Již počátkem 20. století se ve velkém rozsahu objevují větrné a hmyzí kalamity. Kalamitní plochy jsou ve většině případů opět zalesněny smrkem (CHKO JH, 2009).

Ve druhé polovině 20. století byly porosty zatíženy silnou imisní zátěží. Oslabené porosty byly citlivé na škody větrem, ale především byly napadány hmyzími škůdci. V sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století byla při likvidaci těchto kalamit prakticky úplně odtěžena celá náhorní plošina Jizerských hor. Na osázení těchto ploch byly velkoplošně používány nepůvodní dřeviny, hlavně severoamerický smrk pichlavý (*Picea pungens*) (Křeček a Hořická, 2001; CHKO JH, 2009).

V současné době je opět kladen důraz na zvyšování zastoupení listnatých dřevin. Opět se pracuje s dřevinami jako je jedle, jilm, lípa a další (HCKO JH, 2009).

V příloze je uvedena mapa části Jizerských hor (Obrázek 10), se studovanými nádržemi a zvýrazněnými přítoky nádrží.

3. 2. Proces acidifikace a jeho působení zejména na oživení stojatých vod Jizerských hor

3. 2. 1. Procesy vzniku a působení přirozené a antropogenní acidifikace

Nízké pH povrchových vod může být způsobeno procesy přírodními, antropogenními, nebo spolupůsobením obou těchto procesů. Přirozené procesy, které mají za následek okyselení vod mohou být některé mikrobiální procesy, nebo třeba sopečná činnost (Lellák a Kubíček, 1992). Kopáček (1997) uvádí, že hlavní přírodní zdroje S jsou emise H_2S z oceánů, půd a geotermální činnosti. V případě N jsou to především mikrobiální denitrifikace (N_2O), lesní a stepní požáry, výboje v atmosféře (NO , N_2O) a rozkladné procesy v půdních sedimentech. Přirozená kyselost vod je také často způsobena vysokým obsahem organických kyselin, nebo geologickým podložím, které obsahuje malé množství uhličitánů a hydrogenuhličitánů, jež jsou mírou neutralizační kapacity daného ekosystému. Neutralizační kapacita vody souvisí zejména s horninovým podložím a rychlostí jeho zvětrávání (uvolňováním zásaditých kationtů potřebných k neutralizaci okyselujících látek), dále souvisí s velikostí a typem povodí, včetně jeho půdního a vegetačního pokryvu. Podstatné je také, zda jde o vody tekoucí či stojaté, jaký je jejich objem či průtočnost a případné hospodaření v povodí (Hořická, 2005a).

Přirozeně kyselé lokality najdeme na pomalu zvětrávajícím geologickém podloží tvořeném krystalickými horninami chudými na bazické kationty, jako jsou např. žuly, ruly, svory a jiné nerozpustné horniny, v oblastech s chladným a vlhkým klimatem (Hořická, 2005a).

Antropogenní acidifikace se výrazně projevila až ve 20. století. První projevy acidifikace byly zaznamenány již v 50. letech 20. století kdy byl pozorován úbytek ryb, ale i planktonních a bentických organismů v řadě jezer a tekoucích vod. Teprve v 60. letech však byla známa příčina tohoto jevu (Kopáček, 1997). S nárůstem průmyslu, těžby a spalování sirnatého uhlí po 2. světové válce se do ovzduší dostávaly emise oxidu siřičitého (SO_2) a oxidy dusíku (NO_x), které jsou v procesu okyselování nejdůležitější a na našem území dosáhly maxima v polovině 80. let minulého století. Oblast Krkonoš, Jizerských a Krušných hor patří spolu s pomezím Polska a bývalé NDR do tzv. Černého trojúhelníku, tedy do území v rámci Evropy nejvíce poškozeného v důsledku velkého množství lokálních zdrojů znečištění ovzduší (Lellák a Kubíček, 1992; Křeček a Hořická, 2001; Hořická, 2005a).

Geologicky citlivá území světa, která byla těžce a mezi prvními postižena kyselou atmosférickou depozicí jsou například, severovýchod USA a Kanady, Skandinávie, oblast Galloway ve Skotsku a již zmiňovaná horstva střední Evropy (Hořická, 2005a).

Hlavní acidifikační komponenty – oxid siřičitý a oxidy dusíku (především NO a NO_2) mají dobu zdržení v atmosféře několik dnů, během nichž mohou být dálkovými transporty dopraveny tisíce kilometrů od emisních center (Kopáček, 1997).

Oxid siřičitý z průmyslových emisí je v ovzduší z části oxidován atmosférickým O_2 a s vodou v ovzduší se slučuje na H_2SO_4 v kapénkách mraků a deště. S deštěm padá k zemi a do vod (mokrý spad) (Lellák a Kubíček, 1992; Hruška a kol., 1997).

Sloučeniny dusíku vznikají především vysokoteplotním spalováním v automobilových motorech (NO a NO_2). Dalším zdrojem sloučenin dusíku jsou emise z průmyslu. Reakcí oxidů dusíku s atmosférickou vodou vzniká HNO_3 , která se dostává na zemský povrch se srážkami (Lellák a Kubíček, 1992; Hruška a kol., 1997).

Hruška a kol. (1997) uvádí, že se na našem území na okyselování půd a vod podílí zejména kyselina sírová. Ta se z atmosféry na zemský povrch dostává pomocí výše popsané mokré depozice, nebo tzv. suchou depozicí.

Mechanismus suché depozice je zhruba následující: SO_2 a atmosférický aerosol obsahující kyselinu sírovou se zachycují na povrchu vegetace, kde řetězcem chemických reakcí vzniká další H_2SO_4 . Kyselina je pak deštěm smývána do půdy. Smrkové porosty se vyznačují mimořádnou schopností zachycovat suchou depozici síry. Jehlice smrku jsou drsné

a mají celkově velký povrch, což přispívá k „vyčesávání“ SO_2 z atmosféry. Další nevýhodou je celoroční přítomnost jehlic na stromech. Opadavé dřeviny zachycují suchou depozici síry méně, zejména proto, že v horských polohách jsou polovinu roku bez listů. Smrkové monokultury, které v průběhu minulého století nahradily na většině území Jizerských hor původní smíšené lesy, tak významně přispěly k zatížení území kyselým spadem (Hruška a kol., 1997).

Kyselá atmosférická depozice představuje pro půdy externí zdroj aniontů silných kyselin (síranů a dusičnanů) a kationtů H^+ a NH_4^+ . Ionty NH_4^+ jsou z půdního roztoku rychle odstraňovány biologickými pochody a nahrazovány H^+ ionty. Půda disponuje třemi hlavními mechanismy, kterými může vzdorovat zvýšenému přísunu H^+ iontů. Jsou to dostatečně vysoká neutralizační kapacita zajišťující neutralizaci H^+ iontů (především uhličitany), iontová výměna, při které se H^+ ionty váží na adsorpční centra v půdách, přičemž nahrazují a vytěsňují ostatní kationty a zvětrávací procesy, kdy jsou H^+ ionty neutralizovány chemickými reakcemi s hlinitokřemičitany (Kopáček, 1997).

Dokud jsou v půdním roztoku přítomny HCO_3^- ionty, je přísun H^+ rychle neutralizován a pH vody se příliš nemění. Zůstává vyšší než 5,5, tj. v oblasti malé rozpustnosti $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Kopáček, 1997).

Jakmile přesáhne přísun H^+ úroveň zvětrávacích procesů, počne klesat neutralizační kapacita půd, až posléze dojde k vyčerpání uhličitánového pufráčního systému. Volné H^+ ionty se v půdě účastní iontové výměny, čímž vytlačují Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Dále urychlují rozpouštění hlinitokřemičitanů a uvolňování hlíníku. Ionty Al^{3+} nesou vyšší náboj než většina ostatních kationtů a jsou proto přednostně poutány adsorpčními silami v půdách. To vede k dalšímu vyplavování bazických kationtů. Půdy se tím postupně ochuzují nejen o kationty uvolňované zvětrávacími pochody, ale i o ty, které byly až doposud naadsorbovány na půdních částicích. V tomto acidifikačním stádiu vzrůstá vymývání iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ z půdního profilu, dokud se neustaví rovnováha mezi koncentrací jednotlivých kationtů v roztoku a jejich množstvím na pevné fázi. Po dosažení rovnovážného stavu klesá koncentrace Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ v půdním roztoku a naopak vzrůstají koncentrace H^+ a intových forem Al, které se již na půdních částicích nesorbují. Výsledkem je prudký pokles pH vody (Kopáček, 1997).

Kopáček (1997) uvádí, že po vyčerpání uhličitánového pufráčního systému vody klesá rychle její pH až na hodnoty kolem 4,5. Při tomto pH je již většinou voda proti další acidifikaci dostatečně stabilizována pufráčními systémy hlíníku a humínových látek.

V důsledku poklesu pH vody a růstu koncentrace H^+ iontů dochází ve vodách k růstu koncentrace aniontů silných kyselin (síranů a dusičnanů), kovů (Zn, Cu, Fe, Pb, Al, Ni, atd.) a zejména pro organismy silně toxické formy hliníku Al^{3+} . Zvýšená mobilita hliníku rovněž způsobuje vyšší schopnost hliníku srážet se při pH 5 – 6 s fosforem a organickými látkami a přispívat tak k oligotrofizaci, která se projevuje zvláště ve stojatých vodách (Kopáček a kol., 2001; Hořická, 2005a; Vrba a kol., 2006).

Kopáček (1997) uvádí, že pH atmosférických srážek zatížených přírodními emisemi síry se pohybuje mezi 5,6 – 4,5, naproti tomu pH srážek ve středoevropském regionu zatíženém antropogenními emisemi síry a dusíku se pohybuje v rozmezí 4,1 – 4,7. Hruška a kol. (1997) popisuje, že se hodnoty pH srážek v oblasti nádrže Bedřichov v Jizerských horách, v 70. letech 20. století pohybovaly mezi 4,2 – 4,3. Takzvané podkorunové srážky jsou výrazně kyselější a jejich pH bylo 3,8 – 3,9.

3. 2. 2. Vliv acidifikace na oživení stojatých vod Jizerských hor

Změny chemizmu vod studovaných nádrží (Bedřichov, Souš, Josefův Důl) vedly v důsledku acidifikace k drastickým změnám ve struktuře společenstev vodních organismů. Došlo k vymizení měkkýšů, ryb a k silné redukci jak živočišných, tak rostlinných druhů v planktonu i bentosu. Biomasa fytoplanktonu s postupující acidifikací klesá, při poklesu pH pod 5 pak opět roste. Jak bylo prokázáno, tyto změny jsou důsledkem složité interakce mezi pH vody, koncentrací forem hliníku a množstvím organických látek a fosforu ve vodách. Nápadným znakem „mrtvých“, silně okyselených jezer je vysoká průhlednost vody (Stuchlíková a kol., 1988; Hořická, 2005a).

Hořická a Stuchlík (1992) uvádí, že z fytoplanktonu dominují v acidifikovaných nádržích Jizerských hor *Dinophyceae* s většinou běžných druhů jako je *Peridinium*, nebo *Gymnodinium*, které tvoří 63 – 99% celkové biomasy řas. Jejich dominance, zejména *Peridinium sp.* může být považována za indikátor pokročilého stupně acidifikace.

Ze zooplanktonu převažují v nádržích *Brachionus seritus*, *Keratella valga*, *Microcodon clavus* (Rotatoria). Méně běžná byla (Crustacea: Cladocera), *Ceriodaphnia quadrangula* a z (Crustacea: Copepoda) *Cyclopidae sp.* Zooplankton se vyskytoval v extrémně nízkých počtech ač byla koncentrace potravy (řas) dostatečná. To poukazuje na toxicitu vody v důsledku acidifikace (Hořická a Stuchlík, 1992; Stuchlík a kol, 1997).

Z ryb byla ve vodách regionu Jizerských hor původní populace pstruha obecného (*Salmo trutta*). V důsledku extrémně kyselého životního prostředí a s tím související vysokou

toxicitou kovů byly vody náhorní plošiny Jizerských hor od let 1950 zcela bez ryb, neboť veškeré zarybňovací pokusy v 60. – 80. letech 20. století končily neúspěšně. První vydařenou reintrodukcí ryb do nádrží Jizerských hor, bylo v roce 1991 nasazení pstruha obecného (*Salmo trutta*) a nepůvodního druhu sivena amerického (*Salvenius fontinalis*) do nádrže Bedřichov. V roce 1996 byly ryby z téhož důvodu vysazeny do nádrže Souš a roku 1998 do nádrže Josefův Důl. Z nasazených rybích druhů však přežil a byl schopen reprodukce, ke kyselosti nejvíce tolerantní druh, siven americký (*Salvenisu fontinalis*), jehož přežití umožnil systém přítoků do nádrží (Hořická a Stuchlík, 1992; Křeček a Hořická, 2001; Hořická a kol., 2005).

3. 2. 3. Zpomalení procesu deacidifikace v nádržích Jizerských hor

V Evropě se snížila produkce emisí již v průběhu 80. let minulého století. V České republice je snížení emisí oxidů síry a dusíku spojeno s počátkem 90. let a s politickými a ekonomickými změnami po roce 1989. V roce 1999 bylo v České republice dokončeno odsiřování velkých zdrojů SO₂ a celkové emise síry se snížily na úroveň 10% z poloviny z 80. let. Emise oxidů dusíku klesly v průběhu 90. let na polovinu (Kopáček, 1997; Hořická, 2005a).

Tento příznivý trend se pozitivně projevuje na chemizmu horských vod od začátku 90. let 20. století. V jezerech poklesly koncentrace síranů a dusičnanů, tento pokles byl kompenzován poklesem koncentrace bazických kationů, dále došlo ke snížení množství vodíkového kationtu a hliníku. Přesto pokles koncentrace síranů a dusičnanů ve vodách neodpovídá snížení emisí. Za zpomalení poklesu koncentrace síranů v jezerech k hodnotám blízkým rovnovážnému stavu s depozicí síry zodpovídá uvolňování (desorpce) síranů z půdy, kde se sírany intenzivně akumulovaly v průběhu acidifikace. Reakce anorganického dusíku, zejména nejvýznamnější složky dusičnanů, na pokles emisí dusíku není na rozdíl od síranů zřetelná ve všech nádržích (Kopáček a kol., 2002).

Zotavení živé složky postupuje pomalu a je za změnami chemizmu výrazně opožděno. Na úrovni společenstva představuje zotavení komplex složitých abiotických a biotických vztahů. Z biotických se jedná například o množství živin či potravy, nebo úspěšné znovuvysazení ryb, což signalizuje, že proces zotavení společenstva jezer z acidifikace započal (Kopáček a kol., 2002; Hořická, 2005a).

3. 3. Základní charakteristika studovaných nádrží

Intenzivní srážky doprovázené povodněmi, byly příčinou vzniku soustavy retenčních vodních nádrží postavených v Jizerských horách na počátku 20. století. Konečným impulsem pro stavbu retenčních nádrží se stala poslední katastrofální záplava 29. 7. 1897. V roce 1899 bylo založeno „Vodní družstvo k regulování říčních toků a ke stavbě přehrad v povodí Zhořelecké Nisy“, které rozhodlo postavit šest přehrad na části povodí Nisy. V letech 1903 – 1928 byly postaveny nádrže Bedřichov, Fojtka, Mšeno a Rudolfov, stavba šesté přehrady na Jeřici nebyla nakonec realizována (Mackovčín a kol., 2002; Vinklát, 2005; CHKO JH, 2009).

Praktická část této diplomové práce byla prováděna na nádržích Bedřichov, Souš a Josefův Důl, které budou podrobněji popsány v následujícím textu.

3. 3. 1. Přehradní nádrž Bedřichov

Vodní dílo Bedřichov je nejvýše položenou přehradou v Jizerských horách, nádrž byla vybudována na řece Černá Nisa v letech 1902 – 1905 a má převážně retenční význam (Hořická a kol., 2005; Povodí Labe, 2009).

Účel vodního díla je především k ochraně území pod hrází před povodněmi, k akumulaci vody pro energetické využití, k individuální rekreaci a ke sportovnímu rybaření (Povodí Labe, 2009).

Přehradní hráz je tížná, oblouková, zděná z lomového kamene. Pro vypouštění vody slouží dvě základové výpusti, na pravé výpusti je nainstalována malá vodní elektrárna s Francisovou turbínou, vhodná pro průtok 270 l.s^{-1} , o výkonu 20 kW. Pro převedení velkých vod slouží nehrazený korunový přeliv o maximální kapacitě $27,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Voda tekoucí přes přepad a ze spodních výpustí je následně vedena krytým betonovým přivaděčem o délce 3251 m do vyrovnávací komory a z ní do vodní elektrárny v Rudolfově (POVODÍ LABE, 2009).

Vybraná technické údaje o nádrži: (Stuchlík a kol., 1997; Povodí Labe, 2009)

- kóta koruny hráze	775,26 m n. m.
- délka hráze v koruně	340 m
- šířka hráze v koruně	4,5 m
- výška hráze nad základem	23,5 m
- celkový objem nádrže	2,103 mil. m^3
- maximální zatopený prostor	41,5 ha

<u>Hydrologické údaje o nádrži:</u>	- plocha povodí	4,31 km ²
	- Ø dlouhodobá výška srážek/rok	1370 mm
	- Ø dlouhodobý průtok/rok	0,146 m ³ .s ⁻¹
	- průtok Q ₁₀₀	19,7 m ³ .s ⁻¹
	- doba zdržení	41 dní
	- plocha nádrže	0,37 km ²
	- max. hloubka	13,5 m
	- rok napuštění	1905

Nádrž Bedřichov má tři hlavní přítoky z nichž byly pro tuto práci odebírány vzorky vod určené na chemická stanovení. Jedná se o přítoky s označením B-2 (levostranný přítok Černé Nisy), B-3 Černá Nisa a přítok bez názvu, B-4. Všechny přítoky jsou zvýrazněny na Obrázku 10 uvedeném v příloze.

3. 3. 2. Přehradní nádrž Souš

Vodní nádrž Souš byla vybudována na toku řeky Černá Desná v letech 1911 – 1915. Účelem vodního díla je ochrana území před povodněmi, dále účelové rybářství a po rekonstrukci vodního díla v r. 1973 je nádrž využívána jako vodárenská a je zdrojem pitné vody pro Jablonecko, konkrétně oblast Tanvaldu, Jablonce nad Nisou a Železného Brodu (Povodí Labe, 2009).

Hráz přehrady Souš je sypaná, zemní a přímá. Jako stabilizační materiál byly použity hlinité písky s drobným štěrkem z místních zdrojů. Návodní svah přehrady je opevněn žulovou dlažbou vsazenou do betonu. Vzdušná strana hráze je opevněna kamennou rovnaninou. K převedení vod slouží dvě spodní výpusti, maximální kapacita obou výpustí je 22,4 m³.s⁻¹. Boční, nehrazený přeliv na levé straně hráze je 6,5 m dlouhý a slouží k převádění povodňových průtoků (Povodí Labe, 2009).

Odběr vody pro vodárenské využití se provádí z věžového objektu vysokého 19,1 m, umístěného v přehradní nádrži. Podle kvality vody je možné odběr uskutečnit ze dvou výškových úrovní. Odtud je voda vedena potrubím o délce 195 m k patě hráze a dále k úpravě vody potrubím uloženým v zemi. Základním technologickým prvkem úpravy vody je zvyšování uhličitánové tvrdosti a odstraňování její agresivity. Dále se upravuje barevnost a oxidovatelnost. Upravená voda je pak vedena do vodojemu v Tanvaldu a odtud do vodojemu v Jablonci nad Nisou (Povodí Labe, 2005).

V 80. letech bylo téměř celé povodí vodní nádrže Souš odlesněno což zvýšilo transport organických látek do vody a současně se s klesajícím pH zvyšovala koncentrace hliníku. Zejména v období jarního tání bylo obtížné při úpravě chladných, kyselých vod z tání sněhu dosáhnout požadované jakosti pitné vody. Proto je nádrž Souš od r. 1996 každoročně po tání sněhu vápněna. Rozptyl velmi jemně mletého vápence (částice menší než 0,2 mm, v množství 10 – 12 g na m³) je aplikován letecky. Akumulované sněhové vody se tímto způsobem rychle zalkalizují. Vápnění nicméně podporuje kolísání pH vody v nádrži a má za následek prudké změny v chemizmu vody, které mohou představovat nepředvídatelné změny v produktivitě fytoplanktonu a zooplanktonu (Křeček a Hořická, 2001; Povodí Labe, 2009).

Vybraná technické údaje o nádrži: (Stuchlík a kol., 1997; Povodí Labe, 2009)

- kóta koruny hráze	771,29 m n. m.
- délka hráze v koruně	364 m
- šířka hráze v koruně	7,1 m
- výška hráze nad základem	25 m
- celkový objem nádrže	7,561 mil. m ³
- maximální zatopený prostor	85,89 ha
<u>Hydrologické údaje o nádrži:</u>	
- plocha povodí	13,96 km ²
- Ø dlouhodobá výška srážek/rok	1457 mm
- Ø dlouhodobý průtok/rok	0,508 m ³ .s ⁻¹
- průtok Q ₁₀₀	89,8 m ³ .s ⁻¹
- doba zdržení	179 dní
- plocha nádrže	0,86 km ²
- max. hloubka	19,3 m
- rok napuštění	1915

Nádrž Souš má dva významné přítoky, S-2 je pravostranný přítok řeky Černá Desná a S-3, který představuje řeku Černá Desná. Přítoky do nádrže jsou zvýrazněny na Obrázku 10 v příloze.

3. 3. 3. Přehradní nádrž Josefův Důl

Stavba největšího vodního díla Jizerských hor, Josefova Dolu na řece Kamenici, byla dokončena v r. 1982. Účelem výstavby nádrže byla retence vody, účelové rybářství, energetické využití průtoku a akumulace vody pro vodárenské účely v množství 502 l.s⁻¹ pro oblast Liberecka (Hořická a kol., 2005; Povodí Labe, 2009).

Uzávěr přehradního profilu je tvořen dvěma hrázi, hlavní a boční. Obě hráze jsou zemní, sypané, přímé. Jako stabilizační prvek bylo použito žulové eluvium z místních zdrojů. Po koruně obou hrází vede komunikace a vzdušná strana hrází je zpevněna travním porostem. Technologické zařízení pro převádění vody a vodárenský odběr je umístěno ve sdruženém objektu (železobetonové věži) v nejnižším místě nádrže. Pro vypouštění nádrže slouží dvě spodní výpusti o celkové kapacitě $42,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, na odbočce z levé výpusti je nainstalována vodní elektrárna se dvěma turbínami typu BANKI o výkonu $2 \times 55 \text{ kWh}$. Odběr vody pro vodárenské využití je zabezpečen pěti vtokovými otvory v různých výškových úrovních v max. množství $860 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Odtud je surová voda vedena potrubím délky 2569 m do úpravní vody v Bedřichově. Pro zajištění ochrany vody v nádrži před znečištěním zde bylo vymezeno 1. a 2. pásmo hygienické ochrany (Povodí Labe, 2009).

Vybraná technické údaje o nádrži: (Stuchlík a kol., 1997; Povodí Labe, 2009)

	- kóta koruny hráze	735 m n. m.
	- délka hráze v koruně	360 m
	- šířka hráze v koruně	4,5 m
	- výška hráze nad základem	44 m
	- celkový objem nádrže	22,114 mil. m^3
	- maximální zatopený prostor	138,1 ha
<u>Hydrologické údaje o nádrži:</u>	- plocha povodí	20,02 km^2
	- Ø dlouhodobá výška srážek/rok	1524mm
	- Ø dlouhodobý průtok/rok	$0,762 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
	- průtok Q_{100}	$107,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
	- doba zdržení	464 dní
	- plocha nádrže	1,45 km^2
	- max. hloubka	38,2 m
	- rok napuštění	1982

Nádrž Josefův Důl má pět významných přítoků, které jsou označovány JD-1 – JD-5. Pod označením JD-1 je uváděn Holubí potok, JD-2 je Malá Kamenice, JD-3 je označení pro Velkou Kamenici, JD-4 pak značí Blatný potok a JD-5 je Červený potok. Poslední dva toky jsou podle osobního sdělení Hořické (2009) silně dystrofní. Na Obrázku 10 v příloze jsou opět zvýrazněny přítoky této nádrže.

3. 3. 4. Souhrnné hydrologické informace o studovaných nádržích

Všechny tři nádrže jsou příkladem chladnějších vod, jejichž maximální letní teplota na hladině výjimečně mírně přesahuje 20 °C. Jedná se o dimiktická jezera s typickou letní stratifikací teploty. V nádržích Souš a Josefův Důl je stabilní, homogenní epilimnion během letního období ostře oddělen od hypolimnia, v důsledku hloubky nádrží a silnému větru. Termoklina bývá normálně umístěna v hloubce 6 – 8 m. Pro srovnání mělčí Bedřichovská nádrž ukazuje jen slabou stratifikaci během letního období. Vertikální distribuce kyslíku je klinográdního typu, tzn., že dosahuje deficitu kyslíku v hypolimniu (Stuchlík a kol., 1997; Hořická a kol., 2005).

Všechny tři nádrže jsou dystrofního typu, přirozená kyselost je zapříčiněna organickými látkami (zejména humínovými kyselinami) a projevila se záhy po napuštění nádrží. Zejména povodí nádrže Bedřichov a částečně také povodí Souše jsou tvořena písčítými půdami střídajícími se s porosty rašeliníku (*Sphagnum*). Dna přehradních nádrží Bedřichov a Souš jsou rašelinná s množstvím tlejícího dřeva a pařezů, což se projevuje typickou nahnědlou barvou vody (Stuchlík a kol., 1997; Hořická a kol., 2005).

4. Materiál a metody

4. 1. Odběr vzorků vod a zooplanktonu

Terénní část práce byla provedena na dotčených lokalitách v průběhu roku 2008, kdy byly uskutečněny odběry a sledování na nádržích Bedřichov, Josefův Důl a Souš a jejich hlavních přítocích. Odběrová období byla volena tak aby co nejlépe charakterizovala dynamiku změn jednotlivých parametrů prostředí. První odběr proběhl v únoru, tedy v období kdy jsou nádrže pod sněhovou a ledovou příkrývkou. Další odběr byl uskutečněn v květnu v tzv. pozdním jaru. Následující odběry již proběhly zhruba v měsíčních intervalech až do měsíce října.

Odběr vzorků byl prováděn vždy nad co možná nejhlubším místem nádrže. V zimním období z ledu, kde jsme pomocí vrtáku, nebo sekery vysekali dostatečně velkou díru pro spuštění sondy a dalších odběrových zařízení. V obdobích bez ledu byly odběry uskutečňovány z lodi ukotvené v místě maximální hloubky každé z nádrží.

Během odběrů byly měřeny v *in situ* hodnoty teploty, pH, vodivosti a koncentrace rozpuštěného kyslíku pomocí multifunkční sondy YSI 650 MDS.

Dále byly odebírány vzorky vody ve vertikálním profilu každé nádrže pomocí Van Dornova sběrače, speciálně upraveného na objem cca 0,5 l. Vzorek z hladiny (tj. v limnologii vždy 10 cm pod hladinou) byl odebírán plastovou nádobou o objemu cca 0,6 l, tzv. cejprákem. Vzorky z přítoků nádrží byly také odebírány pomocí cejpránu. Voda určená pro laboratorní analýzy, stanovení kationtů, aniontů, pH, vodivosti a kovy byla filtrována přes síto z tkaniny uhelon o velikosti ok 40 μm . Takto získané vody byly převedeny do PET lahví o objemu 0,5 l, které byly předem v laboratoři důkladně vymyty MiliQ vodou. Tyto lahve byly na místě odběru vzorku vždy 3x vypláchnuty filtrovanou hladinovou vodou z lokality. Jednotlivé odběrové hloubky byly vybrány podle vertikálního profilu teploty. Po odběru byly vzorky až do laboratorního zpracování umístěny nejdříve v přenosné chladicí tašce se zmrzlými vložkami a následně v lednici. Průhlednost byla měřena Secchiho deskou ve stínu lodi.

Dále byly odebírány 2 vzorky vody na analýzu řas. Jeden vzorek, určený na stanovení kvalitativního a kvantitativního složení řas, o objemu cca 0,5 l, byl fixován kyselým Lugolovým roztokem do barvy silného černého čaje. Druhý o objemu asi 300 ml byl co nejdříve použit ke stanovení chlorofylu-*a*. Odběr vody byl opět uskutečněn pomocí Van Dornova sběrače o objemu 0,5 l. Tyto vzorky nebyly filtrovány přes uhelonové síto. PET

láhve do nichž byla odebraná voda přelita byly pouze 3x vypláchnuty nefiltrovanou vodou z hladiny dané nádrže.

Odběr vzorků zooplanktonu z lodi byl uskutečňován pomocí planktonních sítí o velikosti ok 200 μ m (pro kvantitativní stanovení) a 40 μ m (pro kvalitativní stanovení), připevněných k dostatečně dlouhé šňůře. Tah planktonní sítí ve směru ode dna nádrže k hladině byl pozvolný, o rychlosti cca 1 m za sekundu. Tyto vzorky byly fixovány 40% formaldehydem v poměru 1 : 10, tak aby se výsledná koncentrace ve vzorku pohybovala mezi 2 – 4% (HRBÁČEK a kol., 1974).

Odběr vzorků a jejich následné rozborů byly uskutečněny v rámci projektu Grantové agentury Univerzity Karlovy (2008 – 2009) „Kritické faktory prostředí ovlivňující distribuci lososovitých ryb v acidifikovaných vodách Jizerských hor“.

4. 2. Chemické analýzy vod

Chemická stanovení v odebraných vzorcích vod byla provedena v laboratoři Hydrobiologické stanice Univerzity Karlovy ve Velkém Pálenci u Blatné. Laborantka, paní E. Šípková, stanovila ve vodách vodivost, pH, alkalitu (kyselinovou neutralizační kapacitu), koncentrace kationtů Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺ a aniontů SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, F⁻.

pH a alkalita dle Grana byly stanoveny na automatickém titrátoru TIM 900 od firmy Radiometer. Specifická vodivost na konduktometru CDM210 také od firmy Radiometer s vodivostní celou a s automatickou teplotní kompenzací při referenční teplotě 25 °C. Analýzy hlavních iontů byly provedeny na iontovém chromatografu s elektrochemickou supresí a vodivostní detekcí na kolonovém systému firmy Dionex.

4. 3. Stanovení koncentrace chlorofylu-*a*

Koncentrace chlorofylu-*a* byla stanovena fluorimetricky, bez korekce na feopigmenty. Metodu stanovení podrobně popisuje (FOTT a kol., 1999).

Z odebraného vzorku, uloženého v lednici, nefixovaného Lugolovým roztokem bylo co nejdříve po odběru odebráno injekční stříkačkou 50 ml vody. Vzorek o objemu 50 ml byl zahuštěn filtrací přes filtr Whatman GF/D 25 mm. Filtry se zahuštěným vzorkem vody byly vloženy do centrifugačních zkumavek s 5 ml 90% acetonu, které byly až do fluorimetrického stanovení uchovávány v mrazáku, zakryté alobalem. Extrakce pigmentů byla prováděna ve směsi aceton : metanol (5 : 1) při teplotě 65 °C po dobu dvou minut. Poté byl vzorek

ochlazen a centrifugován při rychlosti otáček 2500/min. Množství chlorofylu-*a* bylo změřeno pomocí fluorometru Turner TD – 700.

4. 4. Odlov ryb

Odlov probíhal na hlavním přítoku nádrže Bedřichov, Černé Nise (B-3) a na jejím levostranném přítoku označovaném B-2, dále na obou přítocích nádrže Souš, Černé Desné (S-3) a toku označovaném jako S-2, a také na Blatném potoce (JD-4) a Červeném potoce (JD-5) ústících do nádrže Josefův Důl. Odlovy byly uskutečněny v září a říjnu roku 2008 za použití benzínového elektrického agregátu Honda. Ryby byly dočasně omráčeny slabými výboji elektrického proudu a chyceny pomocí podběráků. Prolovení každé lokality bylo provedeno v podobě dvou po sobě jdoucích lovů. Odlov ryb byl uskutečněn z důvodu orientačního zmapování ichtyofauny.

4. 5. Měření fyzikálně chemických parametrů vod v lovených tocích

Měření fyzikálně chemických parametrů vod na přítocích do nádrží bylo prováděno pomocí terénního pH-metru WTW a Hanna. Takto byly získány hodnoty o pH, teplotě a vodivosti vody v toku.

4. 6. Fotografická dokumentace a použitý software

Přiložená fotodokumentace nádrží a terénních prací je tvořena fotografiemi pořízenými v průběhu roku 2008. Tyto snímky byly foceny digitálním fotoaparátem Panasonic DMC - FZ8 a následně upravovány v programu Zoner Media Explorer 5.

Pro tvorbu grafů a tabulek jsem použila program Microsoft Excel, k sepsání práce pak Microsoft Word.

5. Výsledky

Naměřené hodnoty z jednotlivých vodních nádrží a jejich hlavních přítoků v různých měsících sledování jsou v této části práce pro přehlednost uspořádány do tabulek. Odběr vzorků na nádržích byl uskutečněn 7x v rámci roku 2008 (jednalo se o odběr v únoru, květnu, červnu, červenci, srpnu, září a říjnu). Odběry na přítocích do nádrží byly provedeny v tomtéž čase.

V měsících září a říjen chybí stanovení kationtů a aniontů ve vodách. Je to proto, že laboratoř Hydrobiologické stanice UK ve velkém Pálenci u Blatné neměla v době zhotovení práce tato stanovení dokončena.

5. 1. Fyzikálně chemické parametry měřené sondou v *in situ*

Hodnoty fyzikálně chemických vlastností vody uvedené v Tabulkách 1 - 14 byly naměřeny multifunkční sondou YSI 650 MDS. Zkratka DO (mg/l) v těchto tabulkách vyjadřuje množství kyslíku (mg/l), Z_s je hodnota průhlednosti udávaná v metrech. U těchto odběrů chybí data z nádrže Josefův Důl z května 2008, který nemohl být z technických důvodů proveden. Dále chybí pro všechny tři nádrže data z měsíců červen a červenec, kdy bohužel nebyla k dispozici sonda YSI 650 MDS. Grafy vycházející z těchto měření a znázorňující vertikální profil teploty, pH nebo rozpuštěného O_2 v jednotlivých nádržích jsou uvedeny v příloze (Obrázky 1 – 9).

Tabulka 1. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Bedřichov – únor 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	0,3	5,76	682	103	14,9
1	1,96	5,60	677	103	14,2
2	1,98	5,64	700	99	13,7
3	2,0	5,67	708	92	12,7
4	2,1	5,63	710	91	12,5
5	2,2	5,62	710	91	12,5
6	2,2	5,66	717	89	12,2
7	2,3	5,68	722	87	11,9
8	2,4	5,72	725	86	11,8
8,5	2,6	5,77	735	81	11,0
9	2,6	5,79	739	79	10,8

$Z_s = 1$ m

Tabulka 2. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Bedřichov – květen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	12,44	6,73	645	103,7	11,05
1	12,24	6,59	647	103,1	11,05
2	12,12	6,53	648	102,8	11,01
3	12,09	6,42	649	102,5	11,01
4	11,96	6,36	649	102,4	11,01
5	11,71	6,31	650	101,3	10,96
6	10,8	6,19	661	97,2	10,75
7	10,41	6,13	665	95	10,6
8	10,15	6,1	668	93,6	10,5
9	9,76	6,06	673	90,8	10,29
9,5	9,39	6,03	676	87,9	10,05

$Z_s = 2,45$ m

Tabulka 3. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Bedřichov – srpen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	18,99	6,91	666	82,4	7,63
0,5	18,99	6,86	665	82,3	7,62
1	18,87	6,81	666	80,4	7,47
1,5	18,73	6,76	667	79	7,36
2	18,63	6,71	669	79,1	7,38
2,5	18,49	6,67	669	75,9	7,11
3	18,4	6,63	670	74,6	6,99
3,5	18,37	6,6	671	73,7	6,92
4	17,81	6,47	675	72,9	6,92
4,5	17,16	6,33	680	57,2	5,5
5	16,08	6,14	682	47,8	4,7
6	15,31	6	690	36,1	3,61
7	15,09	5,9	693	35,9	3,6
8	15,01	5,88	694	26,1	2,62
9	14,86	5,89	697	20	2,01

$Z_s = 0,75$ m

Tabulka 4. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Bedřichov – září 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (mg/l)
0	11,4	6,31	574	10,4
0,5	11,4	6,29	576	10,2
1	11,39	6,28	577	10,2
1,5	11,4	6,28	578	10,1
2	11,3	6,26	580	10,1
2,5	11,3	6,25	581	10
3	11,3	6,24	583	10
3,5	11,3	6,23	583	10
4	11,4	6,2	585	10
4,5	11,3	6,17	588	9,9
5	11,3	6,13	590	9,9
5,5	11,3	6,12	591	9,9
6	11,3	6,11	592	9,8
6,5	11,3	6,09	594	9,8
7	11,30	6,07	596	9,8
7,5	11,3	6,06	597	9,9
8	11,3	6,05	598	9,8
8,5	11,3	6,03	599	9,8
9	11,3	6,01	602	9,8
9,5	11,3	6,04	601	9,8
10	11,3	6,05	601	9,8
10,5	11,3	6,04	602	9,8
11	11,2	6,02	603	9,7

Z_s = 1,2 m**Tabulka 5.** Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Bedřichov – říjen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	8,49	7,14	730	84,2	9,8
0,5	8,51	7,12	732	83,9	9,8
1	8,47	7,07	733	83,7	9,8
2	8,4	7,06	733	83,7	9,8
3	8,38	7,03	733	83,4	9,8
4	8,37	7	735	83,5	9,8
5	8,37	7,01	731	83,6	9,8
6	8,37	6,98	734	83,3	9,8
7	8,38	6,95	737	83,2	9,7
8	8,37	6,94	736	83,2	9,7
8,5	8,34	6,87	737	80	9,4

Z_s = 1,7 m

Tabulka 6. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Souš – únor 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	0,1	5,71	542	134	19,5
1	1,4	5,94	513	110	15,4
2	1,4	5,98	514	105	14,7
3	1,45	5,96	513	105	14,7
4	1,45	5,99	514	105	14,7
5	1,4	5,98	583	103	14,4
6	1,5	6,06	603	101	14,1
6,5	1,5	6,22	622	97	13,6

Z_s = 1,65 m

Tabulka 7. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Souš – květen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	10,4	7,84	598	111	12,4
1	10,2	7,78	598	111	12,4
2	10,1	7,74	598	109	12,3
3	9,7	7,72	602	106	12,3
4	8,7	7,59	612	104	12,2
5	8,2	7,54	620	103	12,4
6	7	7,44	614	102	12,3
7	6,8	7,4	618	101	12,3
8	6,7	7,39	622	100	12,3
9	6,6	7,37	621	100	12,3
10	6,5	7,35	625	99,7	12,2
11	6,45	7,35	630	98	12,1
12	6,33	7,32	644	98	12,1
13	6,27	7,31	652	97	12,0
14	6,26	7,32	652	97	12,0

Z_s = 2,2 m

Tabulka 8. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Souš – srpen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	19,2	7,25	630	92,4	8,52
0,5	19,12	7,24	630	92,4	8,54
1	18,64	7,19	632	91,9	8,56
2	18,22	7,03	635	90,2	8,49
3	18,09	7,01	636	88,7	8,36
4	17,78	6,96	639	85,5	8,12
5	17,42	6,88	642	82,7	7,91
6	16,19	6,72	650	72,8	7,16
7	13,23	6,47	675	52,1	5,44
8	11,2	6,38	710	42,2	4,61
9	9,61	6,26	750	37,2	4,23
10	8,92	6,24	773	35,9	4,14
11	8,66	6,24	793	33	3,84
12	8,5	6,23	801	32,2	3,76
13	8,39	6,24	808	32,2	3,53

$Z_s = 1,9$ m

Tabulka 9. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Souš – září 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (mg/l)
0	12	7,12	527	9,8
0,5	12	7,12	527	9,75
1	12	7,12	528	9,7
1,5	12	7,1	529	9,6
2	12	7,1	530	9,6
2,5	12	7,09	531	9,6
3	12	7,08	532	9,6
3,5	12	7,07	533	9,6
4	12	7,04	535	9,6
4,5	12	7,02	537	9,5
5	12	6,99	539	9,5
5,5	12	6,97	541	9,4
6	12	6,94	543	9,4
6,5	12	6,91	545	9,4
7	12	6,89	546	9,4
7,5	12	6,87	548	9,4
8	12	6,72	558	9,3
8,5	12	6,69	560	9,4
9	12	6,68	562	9,4
9,5	11,9	6,65	564	9,3
10	11,8	6,64	566	9,2
10,5	11,8	6,6	569	9,1
11	11,8	6,58	570	9,2
11,5	11,7	6,58	571	9,2
12	11,7	6,56	573	9,1

$Z_s = 2,05$ m

Tabulka 10. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Souš – říjen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	8,43	7,53	686	86,6	10,1
1	8,43	7,59	686	86,1	10,1
2	8,38	7,56	686	85,7	10
3	8,38	7,55	686	85,5	10
4	8,37	7,53	686	85,4	10
5	8,36	7,51	686	85	10
6	8,35	7,47	686	84,9	10
7	8,34	7,46	686	84,8	9,9
8	8,33	7,44	686	84,6	9,9
9	8,32	7,43	686	84,5	9,9
10	8,31	7,4	686	84,3	9,9
11	8,3	7,41	686	84,3	9,9
12	8,29	7,4	687	84,4	9,9
13	8,29	7,38	687	84,2	9,9

$Z_s = 1,9$ m

Tabulka 11. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Josefův Důl – únor 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0,0	0,9	6,36	689	97	13,8
1,0	1,8	6,32	685	98	13,7
2,0	1,8	6,32	685	99	13,7
3,0	1,8	6,28	685	98	13,7
4,0	1,8	6,27	686	98	13,6
5,0	1,8	6,28	686	98	13,6
6,0	1,8	6,21	685	98	13,6
7,0	1,8	6,22	685	98	13,6
8,0	1,8	6,22	685	98	13,5
9,0	1,8	6,21	685	97	13,5
10,0	1,8	6,20	685	97	13,47
11,0	1,8	6,17	686	97	13,46
12,0	1,8	6,17	686	97	13,46
13,0	1,8	6,18	686	97	13,46
13,5	1,8	6,17	687	97	13,4
14,0	1,8	6,17	687	97	13,4
14,5	1,8	6,17	688	97	13,4
15,0	1,8	6,17	688	96	13,3
15,5	1,85	6,15	689	96	13,3
16,0	1,9	6,17	689	96	13,3
16,5	1,9	6,17	690	96	13,3
17,0	1,9	6,16	690	96	13,3
17,5	1,9	6,16	691	96	13,2
18,0	1,9	6,14	692	95	13,2
18,5	1,9	6,13	694	95,5	13,2
19,0	1,9	6,16	696	96	13,2
19,5	1,9	6,15	698	95	13,2
20,0	1,9	6,15	699	95	13,1
20,5	1,9	6,14	700	95	13,1
21,0	1,95	6,12	701	95	13,1
21,5	1,95	6,15	702	95	13,1
22,0	2,0	6,14	702	94	13,0

 $Z_s = 3,5 \text{ m}$

Tabulka 12. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Josefův Důl – srpen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (mg/l)	DO (mg/l)
0	19,36	7,24	640	8,94	8,94
0,5	19,21	7,27	641	8,95	8,95
1	18,76	7,17	643	8,97	8,97
2	18,73	7,14	643	8,95	8,95
3	18,69	7,11	644	8,94	8,94
4	18,45	7,08	645	8,81	8,81
5	17,96	6,76	650	8,94	8,94
6	16,98	6,52	658	8,56	8,56
7	14,99	6,27	667	8,16	8,16
8	11,6	5,96	681	8,16	8,16
9	9,45	5,76	690	8,46	8,46
10	8,01	5,58	698	8,62	8,62
11	6,8	5,53	703	9,03	9,03
12	6,38	5,45	705	9,22	9,22
13	6,02	5,44	708	9,34	9,34
14	5,82	5,41	708	9,34	9,34
15	5,67	5,38	709	9,44	9,44
16	5,56	5,35	710	9,46	9,46
17	5,45	5,36	710	9,4	9,4
18	5,36	5,35	711	9,47	9,47
19	5,31	5,35	711	9,49	9,49
20	5,25	5,33	713	9,3	9,3
21	5,18	5,35	712	9,26	9,26
22	5,15	5,36	712	9,28	9,28
23	5,1	5,37	713	9,21	9,21
24	5,08	5,36	713	9,21	9,21
25	5,05	5,38	713	9,17	9,17
26	5,01	5,39	713	9,12	9,12
27	5	5,39	714	9,01	9,01
28	4,98	5,38	714	9,01	9,01
29	4,96	5,39	714	8,92	8,92
30	4,95	5,39	715	8,73	8,73
31	4,95	5,4	716	8,52	8,52
32	4,92	5,38	716	8,43	8,43
33	4,9	5,39	715	8,51	8,51
34	4,92	5,4	717	8,3	8,3
35	4,9	5,4	716	8,4	8,4

Z_s = 1,4 m

Tabulka 13. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Josefův Důl – září 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (mg/l)
0	13,1	6,96	654	9
0,5	13,1	6,91	654	9
1	13,1	6,91	655	9
2	13,1	6,87	655	9
3	13,1	6,84	655	9
4	13,1	6,82	655	9
5	13,1	6,8	655	8,9
6	13,1	6,77	655	8,9
7	13,1	6,76	655	8,9
8	13,1	6,74	655	8,9
9	13,1	6,73	655	8,9
10	13,1	6,7	655	8,9
11	8,7	5,63	674	7,7
12	7,2	5,6	682	8,0
13	6,7	5,58	688	8,2
14	6,3	5,56	690	8,54
15	6	5,54	691	8,7
16	5,8	5,51	693	8,6
17	5,6	5,46	694	8,65
18	5,5	5,44	695	8,7
19	5,4	5,43	695	8,6
20	5,4	5,41	697	8,47
21	5,3	5,4	697	8,47
22	5,3	5,39	696	8,47
23	5,2	5,37	697	8,4
24	5,2	5,36	698	8,4
25	5,2	5,35	698	8,4
26	5,1	5,35	698	8,3
27	5,1	5,33	698	8,3
28	5,1	5,32	698	8,3
29	5,1	5,32	700	8,3
30	5,1	5,33	700	8,2
31	5,1	5,33	701	8,0
32	5	5,34	704	7,3

 $Z_s = 1,0 \text{ m}$

Tabulka 14. Fyzikálně chemické vlastnosti vody v nádrži Josefův Důl – říjen 2008.

Hloubka (m)	T (°C)	pH	K (uS/cm)	DO (%)	DO (mg/l)
0	9,6	7,32	683	84,6	9,7
1	9,6	7,19	682	84,7	9,7
2	9,15	7,15	682	84,2	9,7
3	9,15	7,12	682	84	9,7
4	9,15	7,07	682	84	9,7
5	9,15	7,05	682	83,7	9,6
6	9,15	7	682	83,7	9,6
7	9,15	6,97	682	83,6	9,6
8	9,15	6,94	682	83,5	9,6
9	9,15	6,91	682	83,4	9,6
10	9,14	6,88	682	83,1	9,6
11	9,11	6,84	682	82,9	9,5
12	9,08	6,83	683	82,9	9,5
13	8,15	6,76	685	72,4	8,5
14	6,75	6,59	689	60,3	7,3
15	6,5	6,3	690	60,3	7,4
16	6,22	6,15	691	58,4	7,2
17	5,94	6,03	693	58,2	7,2
18	5,8	6	692	58,2	7,2
19	5,67	5,98	694	61,1	7,7
20	5,54	5,98	694	61,3	7,7
21	5,44	5,97	695	60,3	7,6
22	5,4	5,95	696	58,7	7,4
23	5,34	5,92	697	57,4	7,3
24	5,34	5,89	697	57,4	7,3
25	5,28	5,89	698	55,7	7,05
26	5,26	5,86	699	54,3	6,87
27	5,24	5,84	700	53,1	6,73
28	5,23	5,82	699	53,1	6,73
29	5,21	5,81	700	53,1	6,73
30	5,2	5,81	700	52,8	6,69
31	5,2	5,82	700	52,1	6,6
32	5,2	5,85	702	51,9	6,58
33	5,2	5,84	702	51,7	5,56
34	5,2	5,84	702	51,7	6,56

 $Z_s = 2,1 \text{ m}$

5. 2. Tabulky chemických analýz

Výsledné hodnoty chemických analýz vody provedené v laboratoři Hydrobiologické stanice Univerzity Karlovi ve Velkém Pálenci u Blatné.

Tabulka 15. Výsledky chemických analýz pro nádrž Bedřichov – pH, vodivost (K_{25}), kationy

Datum	Hloubka (m)	pH	K_{25} ($\mu\text{S/cm}$)	NH_4^+ (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)
20.2.2008	0	5,02	39,8	0	1,9	0,52	2,4	0,33
	1	5,39	40,4	0	2,5	0,74	2,3	0,46
	3	5,14	41,1	0	2,8	0,75	3,0	0,38
	5	5,18	41,7	0	2,7	0,73	3,0	0,29
	9	5,38	43,2	0	2,9	0,72	3,1	0,39
7.5.2008	0	5,49	39,2	0	2,4	0,6	3,1	0,3
	1	5,55	39,3	0	2,5	0,60	2,9	0,31
	3	5,39	38,8	0	2,3	0,6	3,8	0,3
	6	5,40	39,3	0	2,5	0,59	2,9	0,33
	9,5	5,41	39,6	0	2,4	0,6	3,0	0,3
5.6.2008	0	5,79	40,5	0	2,60	0,57	2,63	0,31
	1	5,82	40,8	0	2,57	0,58	2,67	0,39
	3	5,81	40,6	0	2,59	0,55	2,63	0,31
	6	5,75	40,9	0	2,66	0,58	2,71	0,32
	9	5,79	41	0	2,54	0,58	2,52	0,36
1.7.2008	0	6,21	43,3	0,5	2,75	0,71	2,42	0,33
	1	6,24	43,5	0	3,06	0,66	3,23	0,35
	3	6,23	43,4	0	3,09	0,67	3,25	0,34
	6	5,75	43	0,59	2,59	0,70	2,55	0,25
	9	5,71	43	0	2,92	0,64	3,09	0,34
12.8.2008	0	6,13	45,7	0	2,9	0,64	2,7	0,39
	1	6,06	45,6	0	2,8	0,63	2,7	0,39
	3	6,07	45,2	0	2,7	0,64	2,7	0,38
	6	6,04	45,7	0	2,8	0,62	2,6	0,37
	9	5,93	45,7	0,64	2,8	0,66	2,2	0,41
18.9.2008	0	5,90	45,4					
	1	5,86	45,2					
	3	5,92	44,9					
	6	5,92	44,9					
	9	5,82	44,9					
21.10.2008	0	6,03	46,5					
	1	6,11	46,3					
	3	6,05	46,4					
	6	6,07	46,3					
	9	6,03	46,6					

Tabulka 16. Výsledky chemických analýz pro nádrž Bedřichov – alkalita, anionty

Datum	Hloubka (m)	alkalita (µekv/l)	SO₄²⁻ (mg/l)	NO₃⁻ (mg/l)	Cl⁻ (mg/l)	F⁻ (µg/l)
20.2.2008	0	-7,8	9,79	1,36	1,15	95,5
	1	9,3	10,1	1,23	1,19	91,5
	3	-0,20	10,8	1,22	1,15	91
	5	1,2	11,1	1,22	1,18	90,5
	9	7,7	11,8	1,25	1,18	90,5
7.5.2008	0	4,3	10,5	0,00	0,96	67
	1	5,8	10,5	1,06	0,94	64
	3	2,0	10,5	1,08	0,96	62
	6	3,2	10,5	1,11	0,95	60
	9,5	3,2	10,8	1,12	0,93	58,5
5.6.2008	0	15,8	11,1	0,87	1,0	68
	1	16,9	11,1	0,86	1,00	73
	3	15,9	11,0	0,87	0,99	61
	6	16,0	10,9	1,04	1,00	67
	9	17,0	10,9	1,05	0,99	66
1.7.2008	0	28,9	12,0	0,39	0,99	67
	1	30,9	11,8	0,41	1,0	66
	3	31,1	11,9	0,49	1,0	92
	6	25,8	11,5	0,73	0,96	58
	9	25,6	11,3	0,73	1,0	71
12.8.2008	0	43,8	12,2	0,00	1,0	83
	1	39,7	12,2	0,00	0,97	83
	3	37,0	12,1	0,00	1,0	80
	6	46,7	11,8	0,11	0,97	81
	9	46,9	11,7	0,14	1,0	82
18.9.2008	0	27,8				
	1	29,8				
	3	29,3				
	6	29,3				
	9	28,8				
21.10.2008	0	34,3				
	1	34,8				
	3	34,2				
	6	34,0				
	9	35,5				

Tabulka 17. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Bedřichov – pH, vodivost, kationy

Potok	Datum	pH	K ₂₅ (μS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
B-2	20.2.2008	6,31	67,2	0	5,3	1,09	4,4	0,61
B-3		6,2	56,7	0	3,8	0,77	3,7	0,68
B-4		5,79	52	0	3,1	0,75	3,1	0,73
B-2	7.5.2008	6,65	72,1	0,80	6,4	1,1	4,1	0,5
B-3		6,51	59,6	0	4,5	0,83	5,8	0,38
B-4		6,08	51,5	0	3,2	0,77	4,6	0,39
B-2	3.6.2008	6,56	81,4	0	8,56	1,13	5,76	0,58
B-3		6,71	68,3	0	8,56	1,13	5,76	0,58
B-4		6,35	62,6	0	5,63	0,91	6,08	0,55
B-2	1.7.2008	6,38	81,1	0	7,62	1,74	10,45	0,67
B-3		6,73	69,7	0	5,0	0,85	3,1	0,46
B-2	13.8.2008	6,40	84,2	0	6,3	0,98	5,0	0,56
B-3		6,59	71	0	4,8	0,93	5,1	0,57
B-4		6,44	62,6	0	4,1	0,85	4,6	0,58
B-2	18.9.2008	6,46	83,8					
B-3		6,39	70,3					
B-4		6,30	61,3					
B-2	22.10.2008	6,43	78,8					
B-3		6,49	66					
B-4		5,95	58,8					

Vysvětlivky: B-2 = levostranný přítok Černé Nisy, B-3 = Černá Nisa, B-4 = bezejmenný přítok

Tabulka 18. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Bedřichov – alkalita, anionty

Potok	Datum	alkalita (μekv/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	F ⁻ (μg/l)
B-2	20.2.2008	95,5	18,1	2,39	1,26	86
B-3		49,6	15,9	1,16	1,22	79
B-4		17,1	15,3	1,88	1,14	101,4
B-2	7.5.2008	123,5	20,8	1,95	1,0	62
B-3		74,2	16,3	2,08	1,00	62,5
B-4		28,1	16,4	0,76	0,85	62,5
B-2	3.6.2008	177,7	20,6	2,43	1,1	66
B-3		177,7	20,6	2,43	1,1	66
B-4		136,7	16,4	2,49	1,1	87
B-2	1.7.2008	186,6	22,0	1,21	1,1	69
B-3		141,7	16,9	2,74	1,1	67
B-2	13.8.2008	200,8	21,2	2,08	0,97	73
B-3		159,1	16,5	2,46	1,1	82
B-4		95,1	15,8	1,53	1,1	77
B-2	18.9.2008	182,4				
B-3		142,0				
B-4		79,3				

B-2	22.10.2008	160,1				
B-3		123,9				
B-4		88,3				

Vysvětlivky: B-2 = levostranný přítok Černé Nisy, B-3 = Černá Nisa, B-4 = bezejmenný přítok

Tabulka 19. Výsledky chemických analýz pro nádrž Souš – pH, vodivost, kationy

Datum	Hloubka (m)	pH	K ₂₅ (μS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
21.2.2008	0	5,21	28,68	0	1,4	0,40	2,7	0,30
	1	5,28	27,94	0	1,6	0,48	2,0	0,14
	3	5,41	27,6	0	1,5	0,48	1,8	0,13
	6	6,16	34,01	0	2,4	0,52	2,4	0,17
9.5.2008	0	6,60	34,2	0,28	3,3	0,5	1,4	0,2
	1	6,63	34,6	0,26	3,4	0,48	1,5	0,20
	4	6,68	34,6	0,28	3,4	0,5	1,5	0,2
	10	6,71	34,7	0	3,6	0,5	2,1	0,2
	14	6,77	36,1	0	4,3	0,5	2,0	0,1
6.6.2008	0	6,64	37,3	0	3,71	0,47	1,81	0,24
	1	6,60	37,8	0,23	3,73	0,47	1,50	0,24
	3	6,57	37,9	0,23	3,74	0,47	1,50	0,23
	6	6,62	37,2	0	3,5	0,49	2,2	0,22
	9	6,67	39,2	0	4,4	0,48	2,0	0,20
	13	6,83	42,5	0	5,74	0,45	1,69	0,20
30.6.2008	0	6,80	38,4	0	4,18	0,55	2,23	0,21
	1	6,81	38,7	0,30	3,77	0,66	1,88	0,21
	3	6,84	38,7	0,35	3,84	0,70	1,96	0,20
	6	6,78	39,3	0	4,37	0,54	2,24	0,22
	9	6,93	46,9	0,25	5,79	0,61	1,70	0,18
	14	7,00	47,3	0,28	5,47	0,55	1,48	0,18
14.8.2008	0	6,71	40,7	0	3,6	0,58	2,4	0,28
	1	6,55	40,9	0	3,2	0,5	2,1	0,24
	3	6,65	41	0	3,5	0,56	2,3	0,24
	6	6,49	41	0	3,4	0,58	2,4	0,27
	9	6,71	43,7	0	3,9	0,4	1,7	0,23
	12	6,69	48,8	0	4,7	0,4	1,7	0,18
19.9.2008	0	6,58	42,4					
	1	6,57	42,3					
	3	6,59	41,8					
	6	6,62	42,4					
	9	6,67	42,4					
	12	6,65	42,4					
23.10.2008	0	6,67	42,6					
	1	6,67	42,6					
	3	6,62	41,9					
	6	6,64	42,3					
	9	6,65	42,7					
	12	6,62	42,6					

Tabulka 20. Výsledky chemických analýz pro nádrž Souš – alkalita, anionty

Datum	Hloubka (m)	alkalita (µekv/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	F ⁻ (µg/l)
21.2.2008	0	-0,9	6,24	1,69	0,97	76,5
	1	-1,1	6,23	1,19	0,93	61
	3	3,8	6,43	0,89	0,88	63,5
	6	48,1	7,82	0,77	1,00	111,2
9.5.2008	0	86,8	7,0	0,57	0,77	63
	1	89,9	6,9	0,58	0,77	49
	4	89,6	6,6	0,61	0,72	31
	10	96,6	6,6	0,56	0,74	37
	14	118,1	6,7	0,64	0,72	46
6.6.2008	0	110,0	7,0	0,41	0,77	50
	1	113,7	7,0	0,41	0,8	42
	3	114,1	7,0	0,63	0,64	39
	6	109,5	6,9	0,51	0,72	41
	9	139,1	6,4	0,66	0,72	31
	13	175,3	6,3	0,68	0,75	45
30.6.2008	0	119,7	7,3	0,32	0,78	41
	1	120,8	7,3	0,29	0,75	38
	3	122,0	7,4	0,29	0,75	32
	6	126,8	7,2	0,42	0,76	38
	9	225,0	6,4	0,83	0,72	36
	14	228,6	6,3	0,65	0,73	33
14.8.2008	0	124,8	7,8	0,00	0,80	38
	1	120,1	8,4	0,00	0,80	35
	3	136,1	7,9	0,20	0,83	27,5
	6	125,3	8,0	0,00	0,83	33,5
	9	171,6	7,0	0,80	0,79	30
	12	232,7	6,6	0,21	0,78	36
19.9.2008	0	137,8				
	1	137,9				
	3	136,9				
	6	137,7				
	9	138,2				
	12	136,9				
23.10.2008	0	133,0				
	1	132,2				
	3	126,0				
	6	127,3				
	9	130,7				
	12	132,8				

Tabulka 21. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Souš – pH, vodivost, kationy

Potok	Datum	pH	K ₂₅ (μS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
S-2	21.2.2008	6,45	54,7	0	3,7	1,17	3,4	0,49
S-3		6,3	32,51	0	2	0,48	3,1	0,36
S-2	9.5.2008	6,30	55,3	0	3,7	1,16	4,0	0,32
S-3		6,25	30,7	0	2,0	0,5	3,6	0,2
S-2	9.6.2008	6,70	60	0	4,89	1,87	6,17	0,43
S-3		6,71	34,9	0	2,1	0,45	3,9	0,32
S-2	30.6.2008	6,71	58,9	0	4,0	1,19	1,8	0,34
S-3		6,73	33,83	0	2,1	0,41	2,7	0,27
S-2	14.8.2008	6,56	60,6	0	3,9	1,20	3,6	0,45
S-3		6,63	35,7	0,47	2,2	0,50	3,6	0,33
S-2	17.9.2008	6,60	62,3	0,44				
S-3		6,60	36,1	0,41				
S-2	23.10.2008	6,29	57,4	0				
S-3		5,93	29,32	0				

Vysvětlivky: S-2 = pravostranný přítok Černé Desné – bezejmenný, S-3 = Černá Desná

Tabulka 22. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Souš – alkalita, anionty

Potok	Datum	alkalita (μekv/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	F ⁻ (μg/l)
S-2	21.2.2008	77,7	15,6	1,53	0,75	52,5
S-3		57,4	7,07	1,44	0,88	38
S-2	9.5.2008	78,1	16,9	0,92	0,67	48
S-3		44,4	7,2	0,42	0,77	67
S-2	9.6.2008	117,1	16,3	0,00	0,62	26
S-3		104,9	6,3	0,81	0,87	43
S-2	30.6.2008	119,9	16,2	1,20	0,62	28
S-3		102,7	5,9	1,30	0,91	31
S-2	14.8.2008	135,2	16,4	1,00	0,72	25,5
S-3		121,1	5,8	0,93	0,96	34,5
S-2	17.9.2008	125,4		1,03		
S-3		114,0		0,83		
S-2	23.10.2008	82,6		0,00		
S-3		32,2		0,00		

Vysvětlivky: S-2 = pravostranný přítok Černé Desné – bezejmenný, S-3 = Černá Desná

Tabulka 23. Výsledky chemických analýz pro nádrž Josefův Důl – pH, vodivost, kationy

Datum	Hloubka (m)	pH	K ₂₅ (μS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
21.2.2008	0	5,54	39,7	0	2,5	0,58	2,7	0,47
	1	5,60	40,1	0	2,5	0,61	2,4	0,44
	5	5,59	40,1	0	2,7	0,64	2,8	0,39
	10	5,55	40	0	2,5	0,59	2,7	0,39
	15	5,52	40,1	0	2,7	0,69	2,8	0,40
	21	5,48	41	0	2,6	0,61	3,2	0,31
8.5.2008	0	5,57	40,4	0,41	2,4	0,6	1,9	0,4
	1	5,60	40,3	0	2,4	0,57	2,9	0,40
	5	5,56	40,1	0	2,4	0,56	3,1	0,38
	10	5,54	39,7	0	2,4	0,56	2,8	0,39
5.6.2008	0	5,87	41,6	0	2,5	0,56	3,0	0,38
	1	5,91	40,9	0	2,51	0,56	2,45	0,40
	5	5,78	41,3	0,41	2,42	0,68	2,15	0,36
	10	5,50	39,9	0	2,3	0,53	2,8	0,41
	15	5,57	39,7	0,42	2,32	0,65	2,02	0,37
	20	5,56	39,8	0,43	2,38	0,65	2,02	0,39
	25	5,53	39,6	0	2,3	0,55	2,8	0,40
	25	5,53	39,6	0	2,3	0,55	2,8	0,40
2.7.2008	0	6,10	41,4	0,41	2,4	0,52	2,2	0,24
	1	6,07	41,2	0	3,25	0,97	4,47	0,45
	5	6,07	41,5	0	3,09	0,85	4,25	0,44
	10	5,57	39	0	2,77	0,86	4,55	0,32
	15	5,59	39,7	0,34	2,3	0,49	1,8	0,36
	20	5,62	39,4	0,34	2,99	0,95	3,09	0,46
	25	5,58	39	0	2,78	0,83	4,00	0,45
	33	5,60	39,3	0,35	2,3	0,51	1,8	0,37
12.8.2008	0	6,25	43,2	0	2,5	0,62	2,6	0,36
	1	6,23	43,3	0	2,5	0,59	2,6	0,39
	5	5,93	43,3	0	2,5	0,60	2,4	0,39
	10	5,64	41,6	0	2,4	0,55	2,5	0,38
	15	5,54	40,8	0	2,4	0,55	2,4	0,37
	20	5,60	40,7	0	2,3	0,57	2,9	0,24
	25	5,71	41	0	2,4	0,53	2,5	0,37
	30	5,68	40,8	0	2,2	0,55	2,4	0,39
	35	5,68	40,9	0	2,5	0,57	2,2	0,39
19.9.2008	0	5,95	42,2					
	1	5,89	42,5					
	5	5,88	42,2					
	10	5,81	42					
	15	5,38	40,8					
	30	5,42	40,9					
21.10.2008	1	5,92	42,4					
	5	5,97	42,2					
	10	5,96	42,3					
	15	5,63	41,9					
	20	5,57	40,9					

	25	5,66	41,9				
	30	5,5	41				
	32	5,59	41,8				
	35	5,91	42,8				

Tabulka 24. Výsledky chemických analýz pro nádrž Josefův Důl – alkalita, anionty

Datum	Hloubka (m)	alkalita (µekv/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	F ⁻ (µg/l)
21.2.2008	0	5,1	10,8	1,52	1,12	75
	1	7,0	10,9	1,52	1,08	71,5
	5	6,2	11,0	1,44	1,12	72
	10	4,5	10,9	1,44	1,11	83
	15	6,4	10,8	1,50	1,11	69,5
	21	4,3	11,0	1,53	1,12	80,5
8.5.2008	0	5,5	10,9	1,51	1,1	65
	1	5,3	10,7	1,56	1,02	59,5
	5	4,6	10,8	1,50	1,1	65
	10	4,9	10,7	1,59	1,1	61,5
5.6.2008	0	12,8	11,0	1,50	1,0	54
	1	14,0	10,8	1,57	1,1	62
	5	9,8	10,8	1,52	1,0	53
	10	8,4	10,5	1,53	1,1	68
	15	6,6	10,3	1,57	1,0	56
	20	7,0	10,3	1,58	1,0	54
	25	8,0	10,4	1,53	1,1	66
2.7.2008	0	17,0	11,2	1,37	1,0	48
	1	17,6	11,2	1,37	1,04	54
	5	18,5	11,3	1,38	1,1	52
	10	7,5	10,4	1,56	1,0	54
	15	9,2	10,6	1,55	1,1	65
	20	8,7	10,2	1,57	1,0	50
	25	8,3	10,3	1,56	1,0	52
	33	11,5	10,3	1,54	1,0	63
12.8.2008	0	28,4	11,2	0,93	1,0	68
	1	29,0	11,2	0,92	1,1	66
	5	21,1	11,3	0,93	1,0	66
	10	14,2	10,4	1,48	1,1	69
	15	8,7	10,3	1,59	1,1	73
	20	9,9	10,2	1,56	1,1	71
	25	14,2	10,2	1,55	1,0	66
	30	12,0	10,2	1,55	1,0	72
	35	13,9	10,2	1,52	1,0	69
19.9.2008	0	20,2				
	1	20,7				
	5	17,8				
	10	18,9				
	15	4,7				
	30	8,1				

21.10.2008	1	21,2				
	5	20,7				
	10	20,5				
	15	15,3				
	20	9,6				
	25	14,2				
	30	15,7				
	32	14,9				
	35	21,5				

Tabulka 25. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Josefův Důl – pH, vodivost, kationy

Potok	Datum	pH	K ₂₅ (μS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)
JD-1	21.2.2008	6,45	64,4	0	3,1	0,68	3,1	0,56
JD-2		5,58	40,4	0	2,4	0,66	2,8	0,46
JD-3		5,82	43,4	0	2,9	0,67	3,5	0,46
JD-4		6,49	64,7	0	4,8	0,97	4,8	0,58
JD-1	8.5.2008	5,23	54,5	0	3,2	0,76	4,8	0,34
JD-2		5,40	38,4	0	2,1	0,55	3,0	0,36
JD-3		5,85	41,1	0	2,4	0,49	3,6	0,36
JD-4		6,63	63,2	0	5,0	0,9	7,0	0,5
JD-5		6,24	68,7	0	5,7	0,98	5,0	0,49
JD-1	5.6.2008	5,86	58,2	0,49	3,4	0,68	2,7	0,46
JD-2		6,05	37	0,36	2,0	0,45	2,1	0,38
JD-3		6,11	40,7	0	2,20	0,44	2,39	0,38
JD-4		6,79	63,5	0	5,0	0,91	2,6	0,50
JD-5		6,57	72,9	0	6,0	0,98	5,2	0,62
JD-2	2.7.2008	6,15	42,5	0	2,82	0,84	5,20	0,52
JD-3		6,47	46,4	0	3,78	1,03	6,37	0,48
JD-4		6,74	63,3	0	5,32	1,30	7,91	0,70
JD-1	14.8.2008	5,96	60	0	3,1	0,6	3,9	0,59
JD-2		5,90	43,5	0	2,3	0,5	3,0	0,42
JD-3		6,35	47,6	0	2,9	0,62	3,5	0,46
JD-4		6,75	72					
JD-5		6,47	73,5	0	5,3	0,99	4,3	0,63
JD-1	18.9.2008	5,84	61,5					
JD-2		5,88	44,5					
JD-3		6,20	47,7					
JD-4		6,58	69,1					
JD-5		6,48	73,8					
JD-1	24.10.2008	5,54	46					
JD-2		5,17	31,53					
JD-3		5,39	33,81					
JD-4		6,37	60,3					
JD-5		5,94	61,2					

Vysvětlivky: JD-1 = Hluboký potok, JD-2 = Malá Kamenice, JD-3 = Velká Kamenice, JD-4 = Blatný potok, JD-5 = Červený potok

Tabulka 26. Výsledky chemických analýz přítoků nádrže Josefů Důl – alkalita, anionty

Potok	Datum	alkalita ($\mu\text{ekv/l}$)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	F^- ($\mu\text{g/l}$)
JD-1	21.2.2008	75,5	11,6	2,46	1,06	73
JD-2		3,5	11,1	1,91	1,10	75
JD-3		11,1	11,7	2,40	1,08	66
JD-4		71,8	17,3	3,16	1,20	66
JD-1	8.5.2008	-7,0	16,7	2,24	0,96	60
JD-2		-1,6	10,9	0,96	1,05	41
JD-3		9,0	11,7	1,42	0,97	47,5
JD-4		85,1	17,6	1,83	1,06	50,5
JD-5		46,0	21,5	1,96	1,27	90
JD-1	5.6.2008	8,9	17,8	2,27	0,97	51
JD-2		15,9	10,0	0,80	1,0	54
JD-3		24,6	10,5	1,36	0,93	41
JD-4		119,1	16,4	1,88	1,1	52
JD-5		92,6	20,9	2,36	1,2	71
JD-2	2.7.2008	22,5	11,8	1,42	1,1	54
JD-3		47,1	12,0	2,02	1,0	35
JD-4		112,5	16,5	2,09	1,2	54
JD-1	14.8.2008	17,9	18,3	2,48	1,0	46
JD-2		15,9	11,9	1,03	1,1	57
JD-3		53,0	12,0	1,68	1,1	53
JD-4		156,6				
JD-5		119,4	20,5	1,48	1,3	74,5
JD-1	18.9.2008	16,8				
JD-2		16,9				
JD-3		43,0				
JD-4		121,3				
JD-5		98,9				
JD-1	24.10.2008	1,9				
JD-2		-6,9				
JD-3		0,0				
JD-4		96,0				
JD-5		49,4				

Vysvětlivky: JD-1 = Holubí potok, JD-2 = Malá Kamenice, JD-3 = Velká Kamenice, JD-4 = Blatný potok, JD-5 = Červený potok

5. 3. Zmapování ichtyofauny v hlavních přítocích nádrží

Tabulka 27. Přehled druhů v prolovených tocích, počty ulovených jedinců a poměr pohlaví (Hušek, 2009, osobní sdělení, nepublikovaná data).

Název toku, datum	Druh odlovené ryby (počet jedinců)		
	siven	pstruh	střevle
B-3, 7. 5. 2008	10	0	0
B-3, 4. 6. 2008	16	0	117 (113 ♂/4 ♀)
B-3, 13. 8. 2008	10	0	0
B-3, 16. 9. 2008	20 (7♂/7♀)	0	0
B-3, 17. 9. 2008	18 (9♂/2♀)	0	0
B-3, 22. 10. 2008	136 (46♂/21♀)	0	18
B-2, 22.10. 2008	29 (10♂/3♀)	0	4
S-3, 23. 10. 2008	337 (28♂/30♀)	41 (4♂)	0
S-2, 23. 10. 2008	36 (4♂)	38 (1♂)	0
JD-4, 24. 10. 2008	26 (6♂/2♀)	0	0
JD-5, 24.10.2008	27 (2♂/5♀)	0	0

Vysvětlivky: B-3 = Černá Nisa, B-2 = levostranný přítok Černé Nisy, S-2 = pravostranný přítok Černé Desné, S-3 = Černá Desná, JD-4 = Blatný potok, JD-5 = Červený potok

Tabulka 28. Věkové složení populací sivenů a pstruhů chycených na tocích v době tření (Hušek, 2009, osobní sdělení, nepublikovaná data).

Tok a datum odběru	Druh	Počet ryb a pohlaví	Věkové složení
B-2, 23. 10. 2008	siven	29 (10♂/3♀)	0+ (10)
			1+ (9)
			2+ (6)
			3+ (4)
B-3, 23. 10. 2008	siven	136 (46♂/21♀)	0+ (45)
			1+ (46)
			2+ (14)
			3+ (31)
S-2, 23. 10. 2008	siven	36 (4♂)	0+ (30)
			1+ (5)
			2+ (1)
			3+ (-)
	pstruh	38 (1♂)	0+ (27)
			1+ (10)
			2+ (-)
			3+ (1)
S-3, 23. 10. 2008	siven	337 (28♂/30♀)	0+ (209)
			1+ (90)
			2+ (8)
			3+ (30)
	pstruh	41 (4♂)	0+ (8)
			1+ (30)

			2+ (1)
			3+ (2)
JD-4, 24. 10. 2008	siven	26 (6♂/2♀)	0+ (8)
			1+ (11)
			2+ (1)
			3+ (6)
JD-5, 24. 10. 2008	siven	27 (2♂/5♀)	0+ (16)
			1+ (4)
			2+ (2)
			3+ (5)

Vysvětlivky: B-3 = Černá Nisa, B-2 = levostranný přítok Černé Nisy, S-2 = pravostranný přítok Černé Desné, S-3 = Černá Desná, JD-4 = Blatný potok, JD-5 = Červený potok

Tabulka 29. Fyzikálně-chemické vlastnosti lovených toků v průběhu roku (Hušek, 2009, osobní sdělení, nepublikovaná data).

Tok, datum	Teplota (°C)	pH	Vodivost (µS/cm)	Vodočet (cm)
B-3, 4. 6. 08	11,6	6,05	64,7	30
B-3, 8. 7. 08	11,2	6,33	79,3	32
B-3, 16. 9. 08	6,5	6,51	89	
B-3, 18. 9. 08	7,8	6,54	68,5	32
S-2, 9. 5. 08	9,8	8,17	47	
S-3, 9. 5. 08	12,9	8,66	42,1	29
S-2, 9. 7. 08	9,6	6,66	56,4	
S-3, 9. 7. 08	11,8	6,83	31,8	27
S-2, 17. 9. 08	6,6	6,84	60	
S-3, 17. 9. 08	6,5	7,24	34,3	23,5
S-2, 23. 10. 08	6,8	5,12	68,9	
S-3, 23. 10. 08	7,1	6,18	34,3	
JD-4, 8. 5. 08	11	7,91	64,9	
JD-5, 8. 5. 08	8,6	7,28	66	
JD-4, 9. 7. 08	12,3	6,88	64,3	
JD-5, 9. 7. 08	9	5,98	61,3	
JD-4, 18. 9. 08	7,9	7,23	66,7	
JD-5, 18. 9. 08	7,2	6,96	72,1	
JD-4, 24. 10. 08	4,1	6,7	60	
JD-5, 24. 10. 08	5,5	5,7	63,1	

Vysvětlivky: B-3 = Černá Nisa, B-2 = levostranný přítok Černé Nisy, S-2 = pravostranný přítok Černé Desné, S-3 = Černá Desná, JD-4 = Blatný potok, JD-5 = Červený potok

6. Diskuze

6. 1. Zhodnocení fyzikálně chemických analýz

V této části práce je uvedeno hodnocení vývoje jednotlivých fyzikálně chemických parametrů vod. Výsledky chemických analýz vzorků odebraných během roku 2008 jsem zkusila porovnat s výsledky naměřenými v roce 1994 Dr. Zuzanou Hořickou (viz. Tabulky 30 a 31 uvedené v příloze).

6. 1. 1. Zhodnocení vývoje teploty v nádržích

Teplota vody má u povrchových vod velký význam, protože ovlivňuje rozpustnost kyslíku, rychlost biochemických pochodů a tím i samočištění. V hlubších jezerech dochází v létě a v zimě k teplotní stratifikaci. Typickým příkladem je nádrž Josefův Důl, kde v létě teplota hladiny může dosahovat až 20°C a postupně s hloubkou klesá. V určité hloubce dochází ke skoku teploty o několik °C. Termoklina tak brání cirkulaci vody v celém objemu nádrže, a proto má voda u dna nádrže po celý rok teplotu okolo 4 °C. Na podzim dochází k postupnému ochlazování hladiny, tato voda klesá až k vrstvě se stejnou hustotou a dochází tak ke stlačování skočné vrstvy ke dnu. Při teplotě 4 °C, nebo i o několik stupňů vyšší, se celá nádrž promíchá. V zimě se pak teplota ve směru ode dna ke hladině snižuje až k 0 °C a pokračuje ledem, naopak u dna se hromadí voda s nejvyšší hustotou o teplotě 4°C. Na jaře pak dochází opět k cirkulaci a k vyrovnání teploty v profilu nádrže (Lellák a Kubíček, 1992; Hartman a kol., 1998; Pitter, 2009).

Nádrže Bedřichov a Souš jsou méně hluboké, proto u nich v létě i v zimě nalezneme teplotní stratifikaci, ale teplota vody u dna nikdy nedosáhne 4 °C. Během jarní a letní cirkulace se tyto nádrže zamíchají dříve a v kratším čase, proto byly obě nádrže, na rozdíl od nádrže Josefův Důl, již v měsíci zaří zamíchané (Graf 1 – 3 v příloze).

Čítek a kol. (1997) uvádí, že optimální teplota vody pro vývoj a růst lososovitých ryb je v rozmezí 8 – 16 °C, tento teplotní rozsah nádrže většinou splňují. Ryby využívají migrace za optimálními podmínkami, a to nejen za optimálními teplotními podmínkami, která jim umožňuje přežít méně příznivých podmínek.

6. 1. 2. Zhodnocení naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku

Kyslík se dostává do vody jednak difúzí z atmosféry, jednak při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin, řas a sinic. Rozpustnost kyslíku ve vodě je závislá na teplotě

(s jejím růstem rozpustnost klesá), tlaku (s vyšší nadmořskou výškou rozpustnost klesá) a množství rozpuštěných látek (s růstem rozpustnost klesá, avšak tento rozdíl není podstatný do celkové mineralizace 1000 mg.l⁻¹). Koncentrace rozpuštěného kyslíku je důležitým indikátorem čistoty povrchových vod (Svobodová a kol., 2000; PITTER, 2009).

Kyslíkové poměry se vyjadřují jako koncentrace rozpuštěného kyslíku (mg.l⁻¹), nebo také jako procenta nasycení (viz. Tabulky 1 – 14 v kapitole 4. Výsledky). Voda v epilimniu nádrží byla nasycená, někdy i mírně přesycená kyslíkem. V době letní stagnace je patrné, že docházelo pod skočnou vrstvou k rychlému poklesu koncentrace kyslíku. U nádrže Bedřichov a Souš je to možné pozorovat pouze v měsíci srpnu, a také v období zimní stagnace (únor), kdežto u nádrže Josefův Důl byl tento jev zaznamenán v srpnu, září i říjnu. V hypolimniu se pak koncentrace kyslíku směrem ke dnu postupně snižovala, u dna nádrže Bedřichov dosáhla v srpnu pouhé 2,01 mg.l⁻¹ a u dna nádrže Souš pouze 3,53 mg.l⁻¹. Obecně u obou nádrží byla koncentrace kyslíku v měsíci srpnu v celém profilu nižší než v ostatních sledovaných měsících, snížení bych připsala vyšší teplotě vzduchu typické pro toto roční období kdy, v důsledku vyšší teploty klesla rozpustnost kyslíku ve vodě. Nízké hodnoty u dna mohly být dány také vyšším rozkladem organických látek, právě v důsledku vyšší teploty vody, většímu oživení dna a vody (respirace zooplanktonu, ryb), atd.. Grafické znázornění kyslíkových poměrů ve všech nádržích je možné vidět v Grafech 7 – 9 v příloze.

Optimální koncentrace kyslíku pro lososovité ryby je v rozmezí 8 – 10 mg.l⁻¹., příznaky dušení lze u těchto ryb pozorovat při poklesu kyslíku pod 3 mg.l⁻¹ (Čítek a kol., 1997). Podle NV 229/2007 by množství kyslíku v povrchových vodách mělo být větší než 6 mg.l⁻¹.

Hodnoty koncentrace kyslíku podle nařízení vlády a stejně tak i optimální koncentrace kyslíku pro ryby byly téměř po celý rok splněny. Výjimku tvoří již zmiňované srpnové hodnoty na nádržích Bedřichov (rozsah hodnot od hladiny ke dnu 7,63 – 2,01 mg.l⁻¹) a Souš (rozsah hodnot 8,56 – 3,53 mg.l⁻¹) a koncentrace naměřená v říjnu v metalimniu a hypolimniu nádrže Josefův Důl kde se hodnoty pohybovaly v rozsahu 7,7 - 6,56 mg.l⁻¹ kyslíku.

6. 1. 3. Zhodnocení naměřených hodnot pH

Z hodnot pH naměřených pomocí sondy v *in situ* vyplývá, že se pH snižuje směrem od hladiny ke dnu (Graf 4 – 6 v příloze). Výjimku tvořily pouze hodnoty získané z únorového měření na nádrži Bedřichov, tento rozdíl byl ovšem nepatrný. Pitter (2009) uvádí, že v důsledku vertikální stratifikace vod je mimo jiné pH v epilimniu vyšší a naopak v

hypolimniu je hodnota pH nižší. Tento trend byl při zanedbání drobných odlišností na nádrži Bedřichov potvrzen u všech studovaných nádrží.

Pitter (2009) dále uvádí, že hodnota pH u čistých, přírodních, povrchových vod je v rozmezí od 4,5 do 9,5. Povrchové vody, s výjimkou rašelinišť a acidifikovaných nádrží, mívají hodnoty pH v rozmezí 6,0 – 8,5. Podle Čítka a kol., (1997) je optimální hodnota pH vody pro ryby v rozmezí 6,5 až 8,5. K poškození a k úhynu dochází u lososovitých ryb (zejména pstruha obecného) při pH nad 9,2 a pod 4,8. Lososovité ryby jsou odolnější k nízkým hodnotám pH než ryby kaprovité. Z hlediska toxikologie vodních živočichů je hodnota pH významná také proto, že ovlivňuje toxicitu celé řady látek, např. toxických kovů.

Hodnoty pH získané Dr. Hořickou pro nádrž Bedřichov v roce 1994 se pohybují v rozmezí 4,67 – 5,78. Průměrná hodnota pH je pak 5,25. Roku 2008 byl rozsah hodnot pH v této nádrži 5,6 – 7,14, průměrná hodnota byla 6,32. Z tohoto porovnání je zřejmé, že se za posledních 15 let zvedla hodnota pH v minimální i průměrné hodnotě zhruba o jednotku pH. V průměrné hodnotě pH došlo k navýšení o 20,4%.

Na nádrži Souš se hodnoty pH z roku 1994 pohybovaly v rozmezí od 4,32 do 6,09, průměrná hodnota pH pak byla 5,4. Výsledky měření z roku 2008 ukazují, že se hodnota pH nacházela v rozmezí od 5,71 do 7,59, průměrná hodnota pH byla 6,91. Nádrž Souš je od roku 1996 pravidelně po tání sněhu vápněna, hodnota pH 5,71 byla naměřena v únoru roku 2008, tedy ještě před vápněním. V květnu tohoto roku byla naměřena hodnota pH 7,31 (po vápnění). Opět je zde patrný nárůst zhruba o 1,5 jednotky pH, to je nárůst o 28%, velký význam má ovšem prováděné vápnění.

Hodnoty pH z roku 1994 na nádrži Josefův Důl se pohybovaly v rozsahu 4,03 – 5,51, průměrná hodnota pH byla 5,01. Roku 2008 byly naměřeny hodnoty pH v rozmezí 5,32 – 7,32, průměrná hodnota pak byla 6,07. Je tedy možné konstatovat, že hodnota pH se v průměrné hodnotě zvýšila oproti roku 1994 o více než jednotku pH, procentuálně vyjádřeno o 21,2%.

Z hlediska vhodnosti vod k nasazování lososovitých ryb z pohledu pH, nebyla v žádné nádrži překročena kritická hodnota 4,8 a tudíž by nemělo docházet k poškození ryb. Nařízení vlády 229/2007 o ukazatelích přípustného znečištění povrchových vod uvádí jako limitní hodnotu pH v rozmezí 6 – 8. Z výše uvedeného vyplývá, že dolní hranice pH 6, nebyla často u nádrže Bedřichov a Josefův Důl v průběhu roku dosažena. U nádrže Souš byla hodnota pH 6 ve většině případů překročena, pravděpodobně však pouze jako důsledek jarního vápnění, protože hodnoty pH z měsíce února nedosahují stejné úrovně.

6. 1. 4. Zhodnocení naměřených hodnot elektrolytické konduktivity

Konduktivita závisí na množství rozpuštěných anorganických a organických látek disociovaných v ionty. To znamená, že vodivost vody odpovídá koncentraci látek v roztoku, ovšem bez možnosti určení původu a druhu látek. Kromě koncentrace iontů, jejich nábojového čísla a pohyblivosti závisí konduktivita významně na teplotě (vzrůst nebo pokles teploty o 1 °C způsobuje změnu vodivosti nejméně o 2%) (Lellák a Kubíček, 1992; Pitter, 2009).

Konduktivita byla měřena jak v *in situ* pomocí sondy, tak i v laboratoři při teplotě 25 °C. Naměřené hodnoty v *in situ* i v laboratoři mají u všech nádrží ve směru od hladiny ke dnu vzestupnou tendenci, ta je zapříčiněna zvyšující se koncentrací iontů v tomto směru. Je samozřejmé, že dnové sedimenty obsahují velké množství organických a anorganických látek, které se ve vodě rozpouštějí a uvolňují se do vody v podobě iontů.

Z výsledků je zřejmé, že nádrže Bedřichov a Souš byly v měsíci září téměř dokonale zamíchané, v měsíci říjnu byly již úplně zamíchané, protože byla naměřená konduktivita v celém profilu stejná. U nádrže Josefův Důl je pak konduktivita po celý rok zhruba stejná. Rozdílnost hodnot naměřených v *in situ* a v laboratoři je dána rozdílností teplot, při kterých byla konduktivita měřena.

Pitter (2009) uvádí, že povrchové vody mají většinou konduktivitu v rozmezí 50 – 500 $\mu\text{S cm}^{-1}$. V povrchových vodách využívaných jako zdroj pitné vody se požaduje cílová hodnota konduktivity 1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Limitní hodnoty jsou stanoveny pro teplotu 25 °C. Z laboratorních výsledků je tedy zřejmé, že vody mají velmi nízkou mineralizaci a v žádném měření nedosahují ani spodní hranice 50 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Průměrná mineralizace všech nádrží je 41,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Hodnoty získané při stanovení konduktivity v roce 1994 byly měřeny při teplotě 20°C. Aby mohly být porovnány s novými výsledky musely být přepočítány na konduktivitu při teplotě 25 °C, to znamená, že byly vynásobeny koeficientem 1,116. Po přepočtu je zřejmé, že nádrže Bedřichov a Josefův Důl dříve dosahovaly průměrných hodnot vodivosti 56,3 a 60,7 $\mu\text{S cm}^{-1}$. U nádrže Souš byla průměrná vodivost nižší, 42 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Výrazný pokles vodivosti u prvních dvou jmenovaných nádrží (o 24% a o 32,5%) přikládám snížení atmosferické depozice. U nádrže Souš byl zaznamenán pokles o 6,2%, domnívám se, že je to z důvodu prováděného vápnění.

Všechny přítoky nádrže Bedřichov mají konduktivitu v rozmezí 50 – 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Přítok nádrže Souš (S-2) má konduktivitu mezi 50 – 60 $\mu\text{S cm}^{-1}$, u přítoku S-3 byly naměřeny o něco nižší hodnoty, a to kolem 30 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Z přítoků Josefova Dolu má největší

konduktivitu tok JD-5, kolem $70 \mu\text{S cm}^{-1}$, přítoky JD-1 a JD-2 mají téměř shodnou průměrnou konduktivitu, a to $56 - 57 \mu\text{S cm}^{-1}$. Toky JD-2 a JD-3 mají průměrnou konduktivitu také velmi blízko, $39 - 43 \mu\text{S cm}^{-1}$. Stejně jako u nádrží je i konduktivita v tocích ovlivněna množstvím rozpuštěných organických a anorganických látek. U většiny toků byla konduktivita naměřena o něco vyšší než u nádrží, toto by mohlo být způsobeno větším přísunem organických látek v podélném profilu toku, a také větší schopností tekoucí vody unášet, obrušovat a rozrušovat anorganický materiál.

6. 1. 5. Zhodnocení naměřených hodnot alkalinity

Kyselinová neutralizační kapacita (KNK) vyjadřuje látkové množství silné jednosytné kyseliny, které je spotřebováno na 1 litr vody, aby bylo dosaženo určitého pH. Představuje schopnost vody vázat vodíkové ionty. Hodnota pH, do které se titrace provádí, může být volena z analytického hlediska (pH bodu ekvivalence). U přírodních vod je z analytického hlediska nejvýznamnější uhličitánový systém s nejčastěji uváděnými hodnotami pH bodů ekvivalence 4,5 (pro celkovou alkalitu) a 8,3 (pro zjevnou alkalitu) (Svobodová a kol., 2000; Pitter, 2009).

U uhličitánového systému jsou referenční hladinou postupně složky H_2CO_3 , HCO_3^- a CO_3^{2-} . Největší význam mají první dvě složky, které v systému převládají při hodnotě pH asi 4,5 a 8,3. KNK do pH 4,5 se dá stanovit analyticky na indikátor methylooranž, nebo se dá v hydrochemii přírodních vod vypočítat tak, že se od součtu součinů hlavních zásaditých kationů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , eventuelně také NH_4^+) odečte součet součinů hlavních anionů silných kyselin (Cl^- , BO_3^- , SO_4^{2-}). Má-li rozdíl pozitivní hodnotu, převládají zásadité kationy a voda zřejmě obsahuje hydrogenuhličitany či uhličitany. Má-li rozdíl negativní hodnotu, převládají kyselé aniony, voda vykazuje pozitivní ZNK (Pitter, 2009). Tyto hodnoty jsou v tabulkách udávány jako negativní výsledky KNK.

Pitter (2009) dále uvádí, že pro acidifikované, málo mineralizované vody s nízkou koncentrací celkového CO_2 je využíváno ke stanovení KNK spíše metody navržené Granem. Pro toto stanovení je nezbytné použití automatického titrátoru, který byl v tomto konkrétním případě v laboratoři použit.

Výsledky celkové alkality v nádrži Bedřichov byly v roce 1994 v rozmezí $-13,3 - 31,3 \mu\text{eq/l}$, průměrná hodnota pak byla $9,2 \mu\text{eq/l}$. Naproti tomu v roce 2008 byl rozsah hodnot alkality $-7,8 - 46,9 \mu\text{eq/l}$ a průměrná hodnota byla $22,4 \mu\text{eq/l}$. Z těchto dat je zřejmé, že se

alkalita naměřená v roce 2008 oproti roku 1994 zvýšila a tudíž, že se zvýšilo množství bazických kationů ve vodě.

KNK_{4,5} v nádrži Souš byla naměřena v roce 1994 v rozmezí -42,8 – 63,3 μeq/l, průměrná hodnota pak 14,3 μeq/l. Roku 2008 byly získány hodnoty KNK_{4,5} v poměrně širokém rozsahu -1,1 – 228,6 μeq/l, průměrná hodnota je 121,9 μeq/l. Opět je zde patrný nárůst hodnot KNK_{4,5} oproti roku 1994.

Kyselinová neutralizační kapacita získaná Dr. Hořickou v roce 1994 pro nádrž Josefův Důl se nacházela v rozpětí hodnot -54,1 – 10,9 μeq/l, průměrná hodnota byla -4 μeq/l. Opět mohu konstatovat, že výsledky KNK_{4,5} naměřené roku 2008 vzrostly oproti roku 1994, a to na hodnoty v rozmezí 4,3 – 29,0 μeq/l a průměrnou hodnotu 12,5 μeq/l.

Z důvodu nárůstu hodnot pH v roce 2008 narozdíl od roku 1994 se dalo předpokládat, že dojde i ke zvýšení hodnot kyselinové neutralizační kapacity. Na základě získaných výsledků byl tento předpoklad splněn. Domnívám se, že došlo také ke snížení množství kyselých anionů, zejména síranů, na základě toho se pravděpodobně zvýšil poměr bazických kationů vůči kyselým anionům. Tyto hypotézy však budou diskutovány v dalších částech kapitoly 6. Diskuze. Stanovené hodnoty nelze porovnat s limitními ukazateli KNK_{4,5}, protože tyto hodnoty nejsou uvedeny v požadavcích na jakost povrchové vody (NV 229/2007).

Průměrné hodnoty alkality u přítoků nádrže Bedřichov nabývají hodnot pro B-2 160,9 μeq/l, pro B-3 124 μeq/l a pro B-4 74,1 μeq/l. Přítoky nádrže Souš mají průměrné hodnoty KNK_{4,5} S-2 105,1 μeq/l a S-3 82,4 μeq/l. Do nádrže Josefův Důl přitékají vody s průměrnou alkalitou v toku JD-1 19 μeq/l, v JD-2 9,5 μeq/l, v JD-3 26,8 μeq/l, v JD-4 109 μeq/l a v JD-5 81,3 μeq/l. Chemické parametry tekoucích vod jsou zásadně ovlivněny prostředím, kterým vody protékají. Nižší hodnoty alkality byly podle mého názoru naměřeny v důsledku pomalu zvětrávajícího geologického podloží, které je tvořeno horninami chudými na zásadité kationy (Hořická, 2005a).

6. 1. 6. Zhodnocení naměřených hodnot Ca²⁺

Vápník se dostává do vody rozkladem vápenatých hlinitokřemičitanů a ve větších koncentracích rozpouštěním vápence, dolomitu a sádrovce. V málo mineralizovaných vodách Jizerských hor se vápník vyskytuje převážně jako jednoduchý iont Ca²⁺. Pitter (2009) dále uvádí, že vápník může být ve vodách komplexován huminovými látkami. V povrchových vodách se pohybuje koncentrace vápníku řádově od desítek až po několik set mg.l⁻¹. Podle

NV 229/2007 je limitní hodnota vápníku v povrchových vodách 250 mg.l^{-1} . Minimální koncentrace vápníku v pitných vodách je 30 mg.l^{-1} .

Laboratorní výsledky Ca^{2+} v nádrži Bedřichov se po celý rok pohybovaly v rozsahu $1,9 - 3,09 \text{ mg.l}^{-1}$, průměrná hodnota byla $2,6 \text{ mg.l}^{-1}$. U nádrže Josefův Důl bylo v průběhu roku 2008 rozpětí hodnot mezi $2,3 - 3,25 \text{ mg.l}^{-1}$, průměrná hodnota pak byla $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$. U nádrže Souš je samozřejmě patrný vliv aplikace mletého vápence. Na hodnotách naměřených v únoru je průměrná hodnota pH ve vodním sloupci rovna $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$, kdežto u dna nádrže $2,4 \text{ mg.l}^{-1}$. V květnu, po aplikaci vápence, došlo ke zvýšení koncentrace vápníku ve vodním sloupci až na $3,4 \text{ mg.l}^{-1}$, nade dnem pak na $4,3 \text{ mg.l}^{-1}$. Koncentrace vápníku měla vzrůstající trend v celém vodním sloupci, ale hlavně ve vrstvách nade dnem, a to až do konce června. Srpnové hodnoty Ca^{2+} již zaznamenaly pokles. Vrstvy nade dnem mají vyšší koncentrace vápníku právě v důsledku aplikovaného vápence, který se usadil na dně nádrže a postupně se rozpouštěním dostával do vodního sloupce. Průměrná hodnota vápníku v nádrži Souš byla $3,7 \text{ mg.l}^{-1}$.

Pokud hodnoty naměřené v roce 2008 porovnáme s hodnotami získanými v roce 1994 dojdeme ke zjištění, že koncentrace Ca^{2+} v nádržích Bedřichov a Josefův Důl byla vyšší než je v současné době. Procentuálně došlo ke snížení koncentrace vápníku u těchto nádrží o 30,5%. Pitter (2009) uvádí, že v Černém jezeře na Šumavě došlo také během deacidifikace k poklesu koncentrace kationů. Ze všech sledovaných nádrží měla tedy pouze nádrž Souš v roce 1994 nižší koncentrace vápníku než nyní, došlo k nárůstu o 25%.

Z přítoků nádrže Bedřichov má nejvyšší průměrnou koncentraci Ca^{2+} B-2, $6,8 \text{ mg.l}^{-1}$. B-3 má koncentraci $5,1 \text{ mg.l}^{-1}$ a B-4 $4,0 \text{ mg.l}^{-1}$. V měsíci červnu jsou u odběrů z přítoku B-2 i B-3 zaznamenány hodnoty Ca^{2+} $8,56 \text{ mg.l}^{-1}$, které jsou výrazně vyšší než ostatní hodnoty naměřené v průběhu roku. Přítok S-2 má průměrnou koncentraci vápníku $3,9 \text{ mg.l}^{-1}$, S-3 pak jen $1,88 \text{ mg.l}^{-1}$. Josefodolské přítoky JD-1, JD-2, JD-3 mají blízké koncentrace vápníku pohybující se kolem $2,7 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$. JD-4 a JD-5 mají koncentraci kolem $5,3 \text{ mg.l}^{-1}$ vápníku.

6. 1. 7. Zhodnocení naměřených hodnot Mg^{2+}

Hořčík se dostává do vody rozkladem hořčnatých hlinitokřemičitanů a ve větších koncentracích rozpouštěním magnezitu, dolomitu a jiných minerálů. V málo mineralizovaných vodách se hořčík vyskytuje převážně jako jednoduchý iont Mg^{2+} . V povrchových vodách se pohybuje koncentrace hořčíku řádově od jednotek až do několika desítek mg.l^{-1} . Hořčík je ve vodách obvykle méně zastoupen než vápník, jednak je to tím, že

je méně zastoupen v zemské kůře, jednak zřejmě podléhá sorpci a výměně iontů při styku vody s některými horninami a jílovými minerály. V povrchových vodách je koncentrace vápníku obvykle několikanásobně vyšší než koncentrace hořčíku, běžně je tento poměr kolem 4 (Pitter, 2009). Podle NV 229/2007 je limitní koncentrace hořčíku v povrchových vodách 150 mg.l⁻¹. V požadavcích na jakost pitné vody je minimální hodnota Mg²⁺ 10 mg.l⁻¹.

Koncentrace hořčíku naměřené v jednotlivých nádržích jsou velmi nízké a vzájemně si jsou blízké. Průměrné hodnoty koncentrace hořčíku v nádrži Bedřichov a Josefův Důl jsou shodné, 0,63 mg.l⁻¹. V nádrži Souš nabývají vody průměrné koncentrace 0,51 mg.l⁻¹ Mg²⁺.

Pokud tyto koncentrace porovnáme s hodnotami naměřenými v roce 1994 dojdeme k závěru, že jsou koncentrace hořčíku získané pro rok 2008 nižší než v roce 1994. Klesající trend je tedy stejný jako u vápníku a procentuálně došlo ke snížení průměrné koncentrace hořčíku na nádržích o 32,2 %.

Přítoky nádrží mají také nízké hodnoty Mg²⁺. Průměrné koncentrace na tocích B-3 a B-4 jsou téměř shodné (0,8 – 0,9 mg.l⁻¹), na přítoku s označením B-2 je průměrná koncentrace hořčíku 1,2 mg.l⁻¹. Hodnoty na přítocích do nádrže Souš se opět liší, S-2 1,3 mg.l⁻¹ a S-3 0,4 mg.l⁻¹ Mg²⁺. Toky s označením JD-1, JD-2 a JD-3 mají shodné koncentrace nabývající hodnot 0,6 mg.l⁻¹ Mg²⁺. Stejně tak u JD-4 a JD-5 je průměrná koncentrace shodná, 1 mg.l⁻¹ hořčíku.

6. 1. 8. Zhodnocení naměřených hodnot Na⁺

Sodík se do vody uvolňuje zvětráváním některých hlinitokřemičitanů a slíd. Ve větším množství se vyluhuje ze solných ložisek a z minerálu sylvanitu. Dalším přírodním zdrojem sodíku ve vodách může být výměna iontů Ca²⁺ za Na⁺ při styku vody s některými jílovými minerály. Jde o přeměnu, kdy se HCO₃-Ca mění na HCO₃-Na-Ca a eventuelně na HCO₃-Na. Sodík se ve vodách vyskytuje převážně jako kationt Na⁺. Patří díky značnému rozšíření hlinitokřemičitanů alkalických kovů v zemské kůře mezi čtyři základní kationy přírodních vod, z kvantitativního hlediska se obvykle řadí za vápník a hořčík. V povrchových vodách se téměř vždy vyskytuje více sodíku než draslíku. Stojaté vody v horských oblastech mají obvykle koncentrace sodíku pod 1 mg.l⁻¹. Sodík v povrchových vodách není příliš významný a jeho koncentrace není limitována. Pro pitné vody platí v ČR mezní hodnota 200 mg.l⁻¹. Na⁺ má významnou úlohu při klasifikaci chemického složení vod (Pitter, 2009).

Průměrné hodnoty koncentrace Na⁺ ve vodách nádrží Bedřichov a Josefův Důl jsou si velmi blízké (2,8 a 2,7 mg.l⁻¹). U nádrže Souš je průměrná hodnota sodíku 1,9 mg.l⁻¹.

Budeme-li srovnávat tyto hodnoty s hodnotami naměřenými v roce 1994 je zřejmé, že průměrná koncentrace sodíku oproti roku 1994 vzrostla. U nádrže Bedřichov byl pak zaznamenán největší nárůst, z původní průměrné koncentrace $1,93 \text{ mg.l}^{-1}$ na $2,8 \text{ mg.l}^{-1}$, došlo tedy k nárůstu o 45%. U nádrže Souš došlo k růstu o 18,8% a u nádrže Josefův Důl o 28%.

Přítoky nádrží mají nízké koncentrace sodíku. Průměrné koncentrace na tocích B-3 a B-4 jsou si velmi blízké ($4,7$ a $4,6 \text{ mg.l}^{-1}$), na přítoku B-2 je průměrná koncentrace Na^+ $5,9 \text{ mg.l}^{-1}$. Na přítocích nádrže Souš se hodnoty liší, avšak tento rozdíl v koncentraci není tak významný jako byl například u Ca^{2+} a Mg^{2+} . Přítok s označením S-2 má opět vyšší koncentraci daného kaiontu, $3,7 \text{ mg.l}^{-1}$, tok S-3 má průměrnou koncentraci sodíku $3,0 \text{ mg.l}^{-1}$. Přítoky JD-1, JD-2 a JD-3 mají poměrně blízké průměrné koncentrace sodíku, jedná se o hodnoty $3,6 \text{ mg.l}^{-1}$, $3,2 \text{ mg.l}^{-1}$ a $3,9 \text{ mg.l}^{-1}$. Na přítoku JD-4 byla naměřena koncentrace sodíku $5,6 \text{ mg.l}^{-1}$, na toku JD-5 pak koncentrace $4,8 \text{ mg.l}^{-1}$. Ve všech případech byla koncentrace sodíku do 1 mg.l^{-1} , uváděná PITTEREM (2009) jako obvyklá koncentrace sodíku v horských oblastech, překročena.

6. 1. 9. Zhodnocení naměřených hodnot K^+

Draslík se do vody uvolňuje při zvětrávání některých hlinitokřemičitanů a slíd, ve větším množství se vyluhuje ze solných ložisek a z minerálů sylvinu a sylvanitu. Ve vodě se vyskytuje ve formě K^+ , protože má malou komplexační schopnost. Značné rozšíření hlinitokřemičitanů alkalických kovů v zemské kůře vysvětluje přítomnost K^+ ve všech přírodních vodách. Draslík patří mezi čtyři základní kationy přírodních vod. Ve stojatých vodách v horských oblastech bývají koncentrace draslíku do 1 mg.l^{-1} . Koncentrace draslíku není limitována v žádném druhu vod (Pitter, 2009).

Z naměřených výsledků je zřejmé, že průměrné koncentrace draslíku v nádrži Bedřichov a Josefův Důl jsou shodné ($0,36 \text{ mg.l}^{-1}$). U nádrže Souš byla zjištěna průměrná koncentrace $0,21 \text{ mg.l}^{-1} \text{ K}^+$. Při porovnání získaných hodnot s rokem 1994 byl opět zjištěn klesající trend tohoto kationu. Průměrný procentuální pokles koncentrací K^+ na nádržích je o 51%. Je to tedy zatím největší zjištěný procentuální úbytek koncentrace ze všech sledovaných kationů. Dá se tedy říci, že hmotnostní koncentrace kationů klesá v pořadí $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$, zatímco hmotnostní koncentrace Na^+ doznává opačného trendu.

Průměrné koncentrace K^+ v přítocích nádrže Bedřichov jsou ve všech třech tocích $0,55 \text{ mg.l}^{-1}$. Přítoky nádrže Souš mají také téměř shodné koncentrace draslíku a to $0,3$ a $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$. U Josefodolských přítoků JD-1 až JD-3 jsou stejně jako u předchozích kationtů výsledné

průměrné koncentrace téměř shodné (JD-1 0,5 mg.l⁻¹, JD-2 a JD-3 0,4 mg.l⁻¹). Zbývající přítoky JD-4 a JD-5 mají shodnou hodnotu 0,6 mg.l⁻¹ draslíku.

Všechny naměřené koncentrace draslíku, ať už v tocích nebo v nádržích, nepřekročily koncentraci 1 mg.l⁻¹, kterou uvádí Pitter (2009) jako obvyklou koncentraci draslíku v horských oblastech.

6. 1. 10. Zhodnocení naměřených hodnot NH₄⁺

Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu většiny organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu. Do atmosférických vod se dostává z průmyslových exhalací. Amoniakální dusík se ve vodách vyskytuje jako kation NH₄⁺ a v neiontové formě jako NH₃ (koncentrace této formy vzrůstá s vyšším pH vody a teplotou). Amoniakální dusík je významnou komponentou atmosférických vod, kde často z kationtů dominuje, zvláště v oblastech se znečištěným ovzduším. V povrchových vodách nepřevyšují koncentrace amoniakálního dusíku obvykle 1 mg.l⁻¹. Relativně vyšší koncentrace amoniakálního dusíku lze nalézt ve vodách z rašelinišť. Amoniakální dusík je za oxických podmínek nestálý a velmi snadno podléhá nitrifikaci. Může působit velmi toxicky na ryby, toxicita však závisí do značné míry na hodnotě pH vody, protože toxický účinek nemá iont NH₄⁺, ale nedisociovaná molekula NH₃, která snáze proniká buněčnými membránami. Hodnota střední letální koncentrace NH₄⁺ pro lososovité ryby se pohybuje řádově v desítkách mg.l⁻¹. Podle NV 229/2007 je v povrchových vodách požadována koncentrace N-NH₄⁺ 0,5 mg.l⁻¹ (po vynásobení koeficientem 1,288 získáme koncentraci NH₄⁺ pro povrchové vody, která je 0,644 mg.l⁻¹). Je zde také uvedena koncentrace N-NH₄⁺ pro lososovité ryby, ta je 0,03 mg.l⁻¹ (koncentrace NH₄⁺ je po vynásobení koeficientem 1,288 rovna 0,039 mg.l⁻¹). V pitné vodě je mezní hodnota pro kationt NH₄⁺ 0,5 mg.l⁻¹ (Pitter, 2009).

Koncentrace NH₄⁺ stanovené v nádržích jsou nízké a vzájemně si jsou velmi blízké. Souš a Josefův Důl mají průměrnou koncentraci 0,09 mg.l⁻¹, Bedřichov pak 0,07 mg.l⁻¹. Pokud tyto hodnoty porovnáme s koncentracemi stanovenými v roce 1994, došlo za posledních 15 let k mírnému nárůstu koncentrace NH₄⁺ ve všech nádržích. U nádrže Bedřichov byl zaznamenán nárůst o 17%, u nádrže Souš o 12,5% a u Josefova Dolu o 29%.

Na pěti ze sledovaných přítoků byla v průběhu roku naměřena nulová koncentrace amoniakálního dusíku, jedná se o B-3, B-4, JD-3, JD-4, JD-5. Toky S-2 a JD-2 mají velmi blízkou koncentraci, 0,06 a 0,07 mg.l⁻¹. Na přítocích JD-1 a S-3 byla zjištěna o málo vyšší avšak téměř shodná koncentrace, 0,12 a 0,13 mg.l⁻¹. Nejvyšší průměrná koncentrace

amoniakálního dusíku byla stanovena pro tok B-2, 0,16 mg.l⁻¹. Potoky JD-4 a JD-5 jsou podle osobního sdělení Hořické (2009) silně dystrofní toky, přesto v nich byla koncentrace amoniakálního dusíku nulová. Nebyla tedy dosažena hranice 1 mg.l⁻¹ NH₄⁺, která jak uvádí Pitter (2009) obvykle ve vodách z rašelinišť bývá překročena. Limitní koncentrace uváděná pro povrchové vody nebyla také v žádném měření dosažena. Hodnota amoniakálního dusíku vhodná podle NV 229/2007 pro lososovité ryby, byla překročena jak v nádržích, tak i v některých tocích. Domnívám se však, že vzhledem k nízkému pH vod, nízké teplotě, dobrému prokysličení a relativně malému oživení vod není přesažení limitu nijak závažné.

6. 1. 11. Zhodnocení naměřených hodnot SO₄²⁻

Sírany patří mezi hlavní aniony přírodních vod. Jejich hlavním zdrojem ve vodách jsou minerály sádrovec a anhydrit. Sírany dále vznikají oxidací sulfidických rud, především pyritu. Významným antropogenním zdrojem síranů jsou městské a průmyslové exhalace obsahující značné množství SO₂ a SO₃, vznikající spalováním fosilních paliv a pronikající do atmosferických vod. Sírany jsou v oxických a anoxických podmínkách ve vodě stabilní. Na sulfidy se biochemicky redukuje teprve v anaerobním prostředí při značně záporných hodnotách oxidačně redukčního potenciálu. Hlavní formou výskytu ve vodách je SO₄²⁻. Imisní standard pro přípustné znečištění povrchových vod je 300 mg.l⁻¹. Pokud je však voda používána pro vodárenské účely je hodnota nižší, 120 mg.l⁻¹. Pro jakost pitné vody platí v ČR mezní hodnota síranů 250 mg.l⁻¹ (Pitter, 2009).

Z hodnot získaných na nádržích je zřejmé, že průměrné hodnoty na nádrži Bedřichov mají nejvyšší naměřené koncentrace, 11,2 mg.l⁻¹ síranů. Josefův Důl má koncentraci jen o něco málo menší, 10,7 mg.l⁻¹, a pro nádrž Souš byla stanovena hodnota 7 mg.l⁻¹ SO₄²⁻. Průměrné koncentrace získané v roce 1994 jsou jednoznačně vyšší než ty současné. Největší pokles byl zaznamenán u nádrže Josefův Důl, kde se koncentrace snížila na současnou hodnotu ze 16,2 mg.l⁻¹ (pokles téměř o 34%). U nádrže Souš se snížila koncentrace síranů za posledních 15 let o 20,5% a u nádrže Bedřichov pouze o 14,3%. Pokles koncentrace síranů byl předpokládán vzhledem ke snížení imisní zátěže v ČR (odsiřování velkých zdrojů SO₂ bylo v ČR dokončeno až v roce 1999). Pitter (2009) dále uvádí, že během deacidifikace jezer dochází k poklesu koncentrací hliníku, což je významná změna koncentrace kationtů, kompenzující pokles koncentrací síranů a dusičnanů (výsledky koncentrací kovů ve vodách budou stanoveny až později v průběhu roku 2009, důvodem je značné množství vzorků ke zpracování). V současné době je však již možné konstatovat, že zde dochází k poklesu

koncentrace kationtů i anionů, přičemž stejný jev byl zaznamenán při procesu postupné deacidifikace např. v Černém jezeře na Šumavě.

Přítoky nádrží vykazují vyšší koncentrace síranů, v rozmezí 11,1 – 21,0 mg.l⁻¹, narozdíl od koncentrací získaných z nádrží. Průměrná koncentrace B-2 je 20,5 mg.l⁻¹, toky B-4 a B-3 mají koncentrace nižší, 16 mg.l⁻¹ a 17,2 mg.l⁻¹. S-2 má jako u všech dosud hodnocených iontů vyšší také koncentraci síranů (15,8 mg.l⁻¹), naproti tomu S-3 má pouhé 6,1 mg.l⁻¹ SO₄²⁻. U přítoků Josefova dolu se průměrné koncentrace pohybují v rozmezí 11,1 mg.l⁻¹ (JD-2) až 20,96 mg.l⁻¹ (JD-5). Přítok JD-3 má koncentraci 11,6 mg.l⁻¹, JD-1 pak 16,1 mg.l⁻¹ a JD-4 17 mg.l⁻¹.

Všechny naměřené hodnoty však v žádném případě nedosahují ani limitu přípustného znečištění povrchových vod sírany, ani dalších zmíněných mezních hodnot.

6. 1. 12. Zhodnocení naměřených hodnot NO₃⁻

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku a jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Anorganického původu jsou dusičnany v atmosférických srážkách, NO₂ je součástí emisí, které jsou příčinou zvyšujících se koncentrací dusičnanů v povrchových vodách. Vyskytují se ve vodách jako NO₃⁻. Nacházejí se téměř ve všech vodách a patří mezi čtyři hlavní aniony. V přírodních vodách se koncentrace dusičnanů mění v závislosti na vegetačním období, v letním, vegetačním období jsou z vody odčerpávány vegetací. Přípustné znečištění povrchových vod uvedené v NV 229/2007 je 7 mg.l⁻¹ N-NO₃⁻, to je po přepočtu na NO₃⁻ 31 mg.l⁻¹. V pitných vodách je nejvyšší mezní hodnota stanovena na 50 mg.l⁻¹. Dusičnany jsou pro ryby velmi slabě jedovaté. Toxické a letální účinky se projevují až v koncentracích nad 1000 mg.l⁻¹, nejvyšší přípustná koncentrace pro pstruha duhového je 20 mg.l⁻¹ (Čítek a kol., 1997; Svobodová a kol., 2000; Pitter, 2009).

Z naměřených dat vyplývá, že nejvyšší průměrná koncentrace dusičnanů je na nádrži Josefův Důl, 1,47 mg.l⁻¹. V nádrži Bedřichov pak byla zjištěna průměrná koncentrace NO₃⁻ 0,73 mg.l⁻¹ a ve vodách nádrže Souš, 1,47 mg.l⁻¹. Průměrné hodnoty z roku 1994 jsou mnohem vyšší (Bedřichov 3,33 mg.l⁻¹, Souš 1,65 mg.l⁻¹ a Josefův Důl 3,31 mg.l⁻¹). Z toho vyplývá, že se koncentrace dusičnanů na nádrži Bedřichov snížila až o 78%. Na nádrži Souš pak došlo k poklesu o 66,7% a na nádrži Josefův Důl poklesla průměrná koncentrace dusičnanu o 55,6%. Pokles koncentrace dusičnanů v porovnávaných obdobích je výrazně vyšší než je pokles koncentrace síranů. Pitter (2009) uvádí, že deacidifikace se projevuje

nižšími koncentracemi síranů, dusičnanů a hliníku. Z těchto i předchozích hodnocení výsledků je jasné, že za posledních 15 let došlo ke značnému snížení koncentrací kyselých anionů, to poukazuje na výraznou deacidifikaci sledovaných vod. Stejně tak dochází i k určitému snížení koncentrací bazických kationtů, které spolu s pravděpodobným poklesem hliníku kompenzují pokles koncentrací síranů a dusičnanů.

Průměrné koncentrace dusičnanů na přítocích do nádrží se pohybují v rozmezí 0,8 – 2,2 mg.l⁻¹, u většiny toků jsou koncentrace poměrně vyrovnané. Shodné koncentrace mají přítoky S-2 a S-3, 0,8 mg.l⁻¹. U přítoků do nádrže Bedřichov byly stanoveny hodnoty pro B-2 2 mg.l⁻¹, B-3 2,2 mg.l⁻¹ a B-4 1,7 mg.l⁻¹. Josefodolský přítok s označením JD2 má nejnižší hodnotu dusičnanů, 1,2 mg.l⁻¹, pro další přítoky JD-1, JD-3 a JD-5 byla stanovena téměř shodná koncentrace 1,9 mg.l⁻¹. Koncentrace dusičnanů na toku JD-4 je 2,2 mg.l⁻¹. Žádné výše uvedené limity nebyly v hodnotách tohoto aniontu překročeny.

6. 1. 13. Zhodnocení naměřených hodnot Cl⁻

Chloridy se dostávají do vody zvětráváním a vyluhováním základních druhů hornin a púd. Cl⁻ jsou nejrozšířenější formou výskytu sloučenin chloru ve vodách a patří mezi základní anionty vyskytující se v přírodních vodách. Jejich koncentrace ve vodách obvykle vzrůstá s růstem celkové mineralizace. V povrchových vodách dosahuje koncentrace chloridů obvykle jednotek až desítek mg.l⁻¹. Ve vodách jsou chloridy chemicky i biochemicky stabilní. Oxidují se teprve při vysokých hodnotách oxidačně redukčního potenciálu, které v přírodních vodách nepřicházejí v úvahu. Přípustné znečištění povrchových vod je podle NV 229/2007 250 mg.l⁻¹. Pro pitnou vodu platí mezní hodnota 100 mg.l⁻¹, pro vody používané pro vodárenské účely jen 50 mg.l⁻¹ (Pitter, 2009).

Výsledné průměrné koncentrace ve všech nádržích jsou si velmi blízké. Na nádrži Bedřichov se jedná o hodnotu 1 mg.l⁻¹, na nádrži Souš o hodnotu 0,8 mg.l⁻¹ a na nádrži Bedřichov o koncentraci 1,1 mg.l⁻¹. Data stanovená v současné době se jen málo liší s hodnotami získanými v roce 1994, kdy byla koncentrace v nádrži Bedřichov 0,7 mg.l⁻¹, v nádrži Souš 0,6 mg.l⁻¹ a v nádrži Josefův Důl 1 mg.l⁻¹. Při přibližném procentuálním vyjádření došlo k nárůstu o 43% u nádrže Bedřichov, o 33% u nádrže Souš a o 10% u Josefova Dolu.

Průměrná koncentrace Cl⁻ u všech tří přítoků nádrže Bedřichov je 1,1 mg.l⁻¹. U nádrže Souš má přítok S-2 koncentraci 0,7 mg.l⁻¹, přítok S-3 0,9 mg.l⁻¹. U přítoků JD-1, JD-3 a JD-4

byla stanovena průměrná koncentrace na 1mg.l^{-1} , JD-2 má hodnotu Cl^- jen o málo vyšší, $1,1\text{mg.l}^{-1}$ a JD-5 $1,3\text{mg.l}^{-1}$.

Žádné výše uvedené limity nebyly v hodnotách tohoto aniontu překročeny.

6. 1. 14. Zhodnocení naměřených hodnot F^-

Přírodním zdrojem fluoru ve vodách mohou být některé minerály. V menším množství je fluor obsažen v žulách a slídách jejichž zvětráváním a vyluhováním přechází do vod. Dalším zdrojem fluoru mohou být exhalace z tepelných elektráren a lokálních topenišť. V přírodních vodách zcela převažuje fluor ve formě F^- . Pitter (2009) uvádí, že ve slabě kyselém prostředí je větší koncentrace fluorokomplexů, tedy komplexů fluoru s Al^{3+} a Fe^{3+} . Koncentrace fluoridů v povrchových vodách bývá obvykle nízká a činí jen setiny až destiny mg.l^{-1} .

Fluoridy mohou působit toxicky na různé vodní organizmy. Jejich negativní vliv je větší ve vodách méně mineralizovaných. Ryby a zooplankton jsou citlivější na fluoridy než fytoplankton a makrocyty. Obecně lze říci, že koncentrace fluoridů do $0,5\text{mg.l}^{-1}$ ve vodách málo mineralizovaných nebudou působit škodlivě na vodní organizmy, avšak ve vodách více mineralizovaných lze tuto přijatelnou koncentraci zvýšit 2x až 3x (Pitter, 2009).

Imisní standard přípustného znečištění povrchových vod je podle NV 229/2007 1mg.l^{-1} . V požadavcích na jakost pitné vody jsou fluoridy limitovány nejvyšší mezní hodnotou $1,5\text{mg.l}^{-1}$ (Pitter, 2009).

Průměrné koncentrace fluoridů na nádržích stanovené roku 2008 jsou velmi nízké, v nádrži Bedřichov bylo naměřeno $0,07\text{mg.l}^{-1}$, ve vodách nádrže Souš $0,04\text{mg.l}^{-1}$ a v nádrži Josefův Důl byla jako koncentrace fluoridů stanovena hodnota $0,06\text{mg.l}^{-1}$. K těmto hodnotám nejsou srovnávací data, neboť tento aniont nebyl v roce 1994 stanovován.

Přítoky B-2 a B-3 mají koncentraci fluoridů stejnou, $0,07\text{mg.l}^{-1}$, průměrná koncentrace u B-4 se liší velmi málo ($0,08\text{mg.l}^{-1}$). Vody přítoku S-2 i S-3 mají obsah fluoridů $0,4\text{mg.l}^{-1}$. Také přítoky Josefova dolu mají koncentrace fluoridů velmi podobné, stejné hodnoty ($0,06\text{mg.l}^{-1}$) nabývají vody v tocích 1, 2 a 4. Tok JD-3 má koncentraci $0,05\text{mg.l}^{-1}$ a přítok JD-5 má hodnotu koncentrace $0,08\text{mg.l}^{-1}$.

Z uvedeného vyplývá, že koncentrace fluoridů ať už ve stojatých, nebo v tekoucích vodách je velmi nízká. Přestože se jedná o vody málo mineralizované není zde žádné riziko toxického působení fluoridů na vodní organizmy.

6. 2. Zhodnocení stavu ichtyofauny

Na území Jizerských hor je původním druhem ryby pstruh obecný (*Salmo trutta*). Ve 30. letech 20. století byl do vodních nádrží na náhorní plošině hor vysazen nepůvodní druh siven americký (*Salvelinus fontinalis*). Ryby však v důsledku rostoucí acidifikace z horských potoků i nádrží na počátku 50. let 20. století zcela vymizely. V 60. – 80. letech minulého století byly prováděny četné zarybňovací pokusy, ovšem bez úspěchu. Teprve v roce 1991 došlo k úspěšnému nasazení sivena amerického a pstruha obecného do nádrže Bedřichov. Siven zde vytvořil životaschopnou populaci schopnou reprodukce. Jedinci pstruha obecného zjevně hladověli a nerozmnožovali se. V roce 1996 bylo úspěšně vysazeno 30 000 kusů plůdku sivena amerického do nádrže Souš. V letech 1999 – 2000 pokračovala úspěšná reintrodukce ryb také v nádrži Josefův Důl (Křeček a Hořická, 2001).

Dominantním druhem, který se v nádržích a jejich přítocích vyskytuje je siven americký (*Salvelinus fontinalis*). Na základě odlovů v době tření (21. 10 – 24. 10. 2008) bylo zjištěno, že se siven ve všech nádržích pravidelně rozmnožuje. V posledních dvou letech je však možné v době tření sledovat jistou tendenci k poklesu třecího hejna na všech sledovaných lokalitách. Nejpravděpodobnějším vysvětlením tohoto jevu jsou vysoké teploty vody v posledních dvou letech. Tření pak probíhá v delším časovém intervalu a na trdlišťích se shromažďuje jen omezené množství ryb, které se třou postupně (Švátora, 2008, osobní sdělení).

Kromě sivena amerického se v nádržích Josefův Důl a Bedřichov vyskytuje jeden z původních druhů, střevele potoční (*Phoxinus phoxinus*). Střevele zde byla vysazena koncem 90. let minulého století v rámci reintrodukce ryb do jizerskohorských vod. Na hlavním přítoku nádrže Bedřichov, Černé Nise, byla letos pozorována tři tření tohoto druhu, a to v červnu, červenci a srpnu. Naproti tomu na přítocích nádrže Josefův Důl byla letos střevele nalezena jen sporadicky. Střevele potoční se s výjimkou tření zdržuje v průběhu celého roku v nádržích.

Dalším původním druhem vod Jizerských hor je pstruh obecný, forma potoční (*Salmo trutta* m. *fario*). Ten se však v současné době vyskytuje pouze v povodí nádrže Souš. Pstruh obecný byl do nádrže vysazen Povodím Labe s. p. v roce 2006. Již následujícího roku bylo zaznamenáno velké procento (až 40%) plůdku pstruha v přítocích odloveném potěru. V letošním roce tento trend pokračoval, podíl plůdku pstruha dosáhl 26,7% v úlovcích plůdku. Z celkového odlovu tvořil pstruh 31,9%, z čehož jasně vyplývá, že pstruh v nádrži

Souš našel optimální podmínky pro život (Švátora, 2008, osobní sdělení, Hušek, 2009, osobní sdělení, nepublikovaná data).

Druhá skladba ryb a složení třetího hejna na prolovených úsecích toků jsou uvedeny v Tabulkách 27 a 28 v kapitole Výsledky.

Na základě ichtyologického průzkumu provedeného v roce 2008 bylo zjištěno, že nádrže Josefův Důl a především nádrž Bedřichov jsou velmi vhodné pro střevli potoční (*Phoxinus phoxinus*). Tyto lokality by mohly být využity jako zdrojové oblasti pro získání vhodných násad do ostatních vodních ploch v Jizerských horách. Vysazení pstruha obecného do nádrže Souš bylo úspěšné a je zde reálná možnost, že se bude i v dalších letech pravidelně rozmnožovat. Jsou zde plánována další posílení populace pstruha obecného rybami odchovanými z výtěru generačních jedinců odlovených z NPR Rašeliniště Jizery. Také je plánována postupná repatriace pstruha obecného do dalších lokalit na území CHKO Jizerské hory. Je však nutné jednat se zástupci Českého rybářského svazu, aby nedocházelo k dalšímu vysazování pstruha obecného, formy kolovrat, která je šlechtěna pro chov v uzavřených systémech, dobře přijímá granulovanou potravu a není doporučována Správou CHKO Jizerské hory k vysazení do volné přírody. Na území CHKO Jizerské hory byla tato forma pstruha již vysazena do nádrže Bedřichov, viz. Tabulka 32 v příloze, která udává počty nasazených sivenů a pstruhů obecných, formy kolovrat do nádrže Bedřichov v letech 2007 a 2008. V povodí nádrže Bedřichov však nasazení této formy pstruha tolik nevádí, neboť se jedná o uzavřené povodí, a také o intenzivně lovený rybářský revír. S pokusy o znovunavrácení jizerskohorského pstruha obecného, formy potoční (*Salmo trutta* m. *fario*) do toků a nádrží Jizerských hor souvisí také snaha o postupnou redukci stavů sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) (Hušek, 2009, osobní sdělení, nepublikovaná data).

6. 3. Zhodnocení stavu zooplanktonu v nádržích

K doplnění údajů o biotických změnách v nádržích se zmíním také o vývoji druhového zastoupení a počtu zooplanktonu. Tyto údaje mi laskavě poskytla Dr. Zuzana Hořická, která v Jizerských horách pracuje již od roku 1991 a jejíž výsledky jsou uvedeny v Tabulkách 33 – 38 v příloze.

Redukce druhového složení v důsledku acidifikace se nevyhla ani zooplanktonu. Hořická (2005b) uvádí, že v letech 1924 - 1950 vyhynula například *Bosmina longirostris* v nádrži Souš, zatímco ke kyselosti tolerantní druhy jako *Ceriodaphnia quadrangula* a *Chydorus sphaericus* zde byly přítomné již při prvních průzkumech v roce 1924.

Historie Cladocer v nádržích odráží jejich přirozenou kyselost a stav acidifikace. Dominantní druhy ve všech nádržích byly vždy *Ceriodaphnia quadrangula* s variabilní hustotou populace v jednotlivých letech. *Chydorus sphaericus* přítomný v nádržích od let 1920 se stal vzácný a chybí v nádrži Souš od roku 1998. Roku 1995 byla prvně nalezena v nádrži Souš *Daphnia longispina*, která byla během léta 1996 nejpočetnějším druhem. Přítomnost tohoto druhu byla zásadní změnou v oživení nádrže, avšak vprostřed léta došlo k jeho vymizení, pravděpodobně v důsledku kyselé epizody. V dalších letech již nebyl výskyt tohoto druhu pozorován, pravděpodobně došlo roku 1996 k vyčerpání vaječné banky v sedimentu. *Bosmina longirostris* vyhynula v nádržích v roce 1959. Do nádrží, zejména nádrže Souš, se však vrátila v malých, ale rostoucích počtech na konci 20. století. V litorálu nádrže Souš se do roku 1990 vyskytovala *Sida crystallina*. Od roku 2000 se v litorálu nádrží nepravidelně vyskytují Chydoridae jako jsou druhy (*Eurycercus lamellatus*, *Acroperus harpie*, *Alona gutata*, *Alona affinis*, *Alonella nana*) a sporadicky byl také nalezen *Scapholeberis mucronata*, *Ilyocryptus sp.*, *Polyphemus pediculus* a také *Holopedium gibberum*. Poslední dva druhy však nebyly nalezeny na nádrži Souš (Hořická, 2005b).

6. 4. Zhodnocení stavu fytoplanktonu v nádržích

Pro porovnání změny druhového zastoupení fytoplanktonu v nádrži Souš jsem vycházela z dat uvedených v diplomových pracích Karolíny Smetanové a Pavly Loučkové z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy. Pro nádrž Josefův Důl nebyla zatím data o druhovém složení fytoplanktonu takto podrobně zpracována. Karolína Smetanová ve své práci určovala kromě druhového složení fytoplanktonu u nádrže Souš také druhové složení pro nádrž Bedřichov. U obou nádrží pak i početnost druhu v 1 ml vzorku.

Tabulky druhového zastoupení pro nádrž Souš v letech 1993 – 1997 a letech 2002 – 2003 jsou uvedeny v příloze v Tabulkách 39 a 40. Druhové složení fytoplanktonu v nádrži Bedřichov v letech 1993 – 1997 se nachází v Tabulce 39.

Smetanová (2001) uvádí, že vysokou celkovou biomasu fytoplanktonu v letech 1993 – 1995 na nádrži Bedřichov tvořily druhy třídy Dinophyceae (94 – 98% v roce 1993, 71 – 96% v letní sezóně 1994 a 92% v červenci 1995). Jejich dominantním druhem byl *Gymnodinium uberrimum*, pouze v květnu 1994 hrály významnější roli v celkové biomase i drobné druhy třídy Dinophyceae (13%) a druh *Peridinium umbonatum* (25%).

Všechny vzorky odebrané z hladiny nádrže Bedřichov od srpna 1995 do října 1997 byly charakteristické výrazným snížením celkové biomasy, současně došlo ke změně

dominujících taxonomických skupin. Většinu biomasy (92%) v tomto období tvořily druhy tříd Cryptophyceae a Chrysophyceae. Rod *Ochromonas sp.* se objevil nově. Zvyšovaly se především počty druhu *Cryptomonas marssonii* a výrazně se snížily počty druhu *Gymnodinium uberrimum* (Smetanová, 2001).

Největší podíl z biomasy fytoplanktonu na nádrži Souš v letech 1993 – 1997 tvořily druhy třídy Dinophyceae. V letech 1993 – 1995 představovaly 80 – 96% biomasy a také ve vzorcích od října 1996 je jejich podíl významný (43 – 92%). V roce 1993 byla rozhodující přítomnost zejména druhu *Gymnodinium uberrimum*. V ostatních sledovaných obdobích hrál z třídy Dinophyceae nejdůležitější roli druh *Peridinium umbonatum*. Do roku 1996 se na celkové biomase podílely z 10% druhy třídy Chrysophyceae (Smetanová, 2001).

Loučková (2004) uvádí, že v letech 2002 – 2003 byly na nádrži Souš dominantními druhy *Peridinium umbonatum* a *Gymnodinium uberrimum*.

Hořická a Stuchlík (1992) uvádí, že dominantní zastoupení biomasy řas třídou Dinophyceae (jmenovitě *Peridinium*) je typické pro fytoplankton okyselených jezer a může být považováno za ukazatel pokročilého stupně acidifikace. Na základě tohoto tvrzení a podle změny druhového složení fytoplanktonu, je možné usuzovat na zlepšení stavu acidifikace v nádrži Bedřichov v letech 1995 – 1997.

Přestože je nádrž Souš pravidelně vápněna byly převažujícími druhy fytoplanktonu v letech 1993 – 1997, i v letech 2002 – 2003 *Peridinium umbonatum* a *Gymnodinium uberrimum*.

Kvalitativní a kvantitativní stanovení zooplanktonu a fytoplanktonu není přímou součástí mé diplomové práce, proto tyto údaje pro sledovaný rok 2008 chybí v kapitole 5. Výsledky. Dalším důvodem proč v roce 2008 chybí druhové složení fyto- a zooplanktonu a počty jednotlivých zástupců je rozsáhlost práce, která i bez těchto údajů byla velmi časově náročná a to jak z hlediska odběrů tak i z hlediska zjištění získaných dat a jejich vyhodnocení. Domnívám se však, že se jedná o důležité údaje, jejichž výsledky je třeba zmínit alespoň v příloze této práce, neboť jsou součástí zotavování bioty ve sledovaných nádržích.

7. Závěry a doporučení

V důsledku zvýšené přirozené kyselosti vod v Jizerských horách je tato oblast velmi náchylná k antropogenní acidifikaci, jejíž účinky se zde začaly projevovat již v 50. letech 20. století. Prvotně došlo ke změně chemizmu vod, na který postupně reagovala veškerá biota snížením druhové rozmanitosti a nebo dokonce úplným vyhynutím. V důsledku snížení antropogenních zdrojů acidifikace po roce 1989, byly ve všech postižených lokalitách zaznamenávány pozitivní změny v chemizmu vod doprovázené postupným oživováním vod.

Na základě zjištěných chemických parametrů vod v letech 1994 a 2008, byly zaznamenány změny v chemizmu vod typické pro deacidifikaci daného území. Kromě průměrného 23,2% nárůstu pH a výrazného zvýšení $\text{KNK}_{4,5}$ na nádržích byly pozorovány i další změny. Poměrné zastoupení makrokomponent v nádržích Bedřichov, Souš a Josefův Důl z hlediska hmotnostních koncentrací ukazuje klesající koncentrace bazických kationtů v pořadí K^+ (51%) > Mg^{2+} (32,2%) > Ca^{2+} (30,5%), naopak koncentrace Na^+ vzrostla v průměru o 30,6%. Stejně tak byl zaznamenán pokles hmotnostních koncentrací kyselých anionů v pořadí NO_3^- (67%) > SO_4^{2-} (23%) a nárůst koncentrace Cl^- o 29%. Změna koncentrace F^- nemohla být porovnána, protože nebylo množství fluoridů v roce 1994 stanoveno. Pitter (2009) uvádí, že během deacidifikace jezer kompenzuje pokles koncentrace kationtů snížením koncentrací síranů a dusičnanů.

Změny v oživení vod vycházející z prokázaného zlepšení chemických parametrů vod jsou za změnami chemizmu opožděné. Z výsledků je však zřejmé, že jsou studované vody opět oživené a to nejen acidofilními druhy fytoplanktonu a zooplanktonu, ale především, že zde mohou žít původní druhy ryb, které v 50. letech minulého století zcela vyhynuly.

V současné době je na nádržích i jejich přítocích dominantním druhem ryby siven americký (*Salvelinus fontinalis*), který však není původním druhem, a proto je snaha o postupnou redukci jeho stavů. Siven, který je odolnější vůči kyselému prostředí než např. pstruh obecný, byl prvním druhem ryby, která přežila a byla schopna se rozmnožovat po opětovné reintrodukci ryb v roce 1991.

Dalším, tentokrát původním druhem je jizerskohorský pstruh obecný, forma potoční (*Salmo trutta m. fario*), ten se v současné době vyskytuje pouze v povodí nádrže Souš, kde tvoří téměř 32% rybí populace a na základě odlovů plůdku pstruha bylo prokázáno, že je schopen se v tamních podmínkách rozmnožovat. Z naměřených chemických parametrů vod vyplývá, že v nádržích Bedřichov a Josefův Důl je celoročně příznivý chemizmus vod pro nasazení pstruha obecného.

Na lokalitách Bedřichov a Josefův Důl byl při ichtyologickém průzkumu zjištěn výskyt dalšího původního druhu střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*).

Z výsledků chemických rozborů i z průzkumu ichtyofauny je vidět, že došlo za posledních 15 let k výraznému zlepšení kvality vod, která umožňuje postupné navrácení života do nádrží i toků. Je však zřejmé, že proces deacidifikace je velmi složitý, dlouhodobý a pozvolný.

8. Seznam literatury

- Čítek, J., Svobodová, Z., Tesařík, J.** 1997. Nemoci sladkovodních a akvarijských ryb, Informatorium, Praha, 218 s.
- Fott, J., Blažo, M., Stuchlík, E., Strunecký, O.** 1999. Phytoplankton in three Tatra Mountains lakes of different acidification status. *Journal of Limnology*, 58 (2), 107–116.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E.** 1998. Hydrobiologie, Informatorium, Praha, 335 s.
- Hořícká, Z.** 2005a. Okyselování potoků a jezer. In Bratrych, V. a kol. (ed.), *Živel voda*, Agentura Koniklec, Praha, 26-29.
- Hořícká, Z.** 2005b. Cladocera in reservoirs of the Jizera Mountains (Czech Republic) during their acidification and recovery from acidification. Abstrakt, Abstrakt Book of the VIIth International Symposium on Cladocera Herzberg, Switzerland, 3-9 September, 2005, p. 18.
- Hořícká, Z., Stuchlík, E.** 1992. Present state of acidification of reservoirs in the Jizera Mountains, Czech Republic. in Černý, J. (ed.), 1993. Abstracts of Symposium on Ecosystem Behaviour (BIOGEOMON), Prague, 130–131.
- Hořícká, Z., Sychrová, O., Šanda, R., Švátora, M.** 2005. Brook trout (Salmonidae) in acidified dystrophic reservoirs of the Jizera Mountains, Czech Republic: a successful reintroduction. Abstrakt, in Hůnová, I., Ostanická, J., Dostálová, Z., Navrátil, T. (ed.), 2005. Conference Abstracts of Acid Rain (7th International Conference on Acid Deposition), Prague, Czech Republic, 12–17 June, 2005, p. 418.
- Hrbáček, J., Blažka, P., Brandl, Z., Fott, J., Kořínek, V., Kubíček, F., Lellák, J., Procházková, L., Straškraba, M., Straškrabová, V., Zelinka, M.** 1974. Limnologické metody, Univerzita Karlova, Praha, 208 s.
- Hruška, J., Hořícká, Z., Švátora, M., Křeček, J.** 1997. Příběh sivenů z Černé Nisy. *Jizerské a Lužické hory*, (5), 22-23.
- Chaloupský, J.** 1989. Geologie Krkonoš a Jizerských hor, Akademia, Praha, 288 s.
- Kopáček, J.** 1997. Vliv atmosferické depozice na acidifikace a trofiu povrchových vod horských oblastí. Doktorská disertační práce, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha, 51 s.
- Kopáček, J., Ulrich, K. U., Hejzlar, J., Borovec, J., Stuchlík, E.** 2001. Natural inactivation of phosphorus by aluminium in atmospherically acidified water bodies. *Water Research*, 35, 3783–3790.

- Kopáček, J., Stuchlík, E., Veselý, J., Schaumburg, J., Anderson, I. C., Fott, J., Hejzlar, J., Vrba, J.** 2002. Hysteresis in reversal of Central European mountain lakes from atmospheric acidification. *Water Air Soil Pollut, Focus* 2, 91–114.
- Křeček, J., Hořická, Z.** 2001. Degradation and recovery of mountain watersheds: the Jizera Mountains, Czech Republic. *Unasylva* 207, 52, 43–49.
- Lellák, J., Kubíček, F.** 1992. *Hydrobiologie*, Karolinum, Praha, 256 s.
- Loučková, P.** 2004. Dynamika fytoplanktonu v údolní nádrži Souš (ve vztahu k technologii úpravy vody). Diplomová práce, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 74 s.
- Mackovčín, P., Sedláček, M. a Kuncová, J.** 2002. Liberecko, in Mackovčín, P a Sedláček, M. (ed.), *Chráněná území ČR, svazek III, AOPK ČR a EkoCentrum Brno*, Praha, 331 s.
- Pelc, F.** 1999. Program revitalizace imisně zatížených lesních ekosystémů Jizerských hor, *Sborník Severočeského muzea – Přírodní Vědy, Liberec*, 21: 5 – 15.
- Pelíšek, J.** 1968. Půdní poměry Jizerských hor, *Metodická příručka pro dobrovolné pracovníky Severočeského muzea*, 49 s.
- Pitter, P.** 2009. *Hydrochemie, VŠCHT, Praha*, 579 s.
- Smetanová, K.** 2001. Fytoplankton acidifikovaných přehrad Jizerských hor v letech 1993 – 1997. Diplomová práce, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 116 s.
- Stuchlík, E., Hořická, Z., Prchalová, M., Křeček, J., Barica, J.** 1997. Hydrobiological investigation of three acidified reservoirs in the Jizera Mountains, the Czech Republic, during the summer stratification. in Smith, D. & I. Davies (ed.), 1992. International co-operative programme on assessment and monitoring of acidification of rivers and lakes: 8th task force meeting, *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science*, 2155, 56-64.
- Stuchlíková, Z., Stuchlík, E., Fott, J.** 1988. Acidifikace horských jezer v Československu. *Ekologie a mládež, Mezinárodní program UNESCO člověk a biosféra – práce mladých vědeckých pracovníků*, Praha, 54–55.
- Svobodová, Z., Máchová, J., a kol.** 2000. *Ekotoxikologie – praktická cvičení, část II., Diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních živočichů*, Ediční středisko Veterinární a farmaceutické univerzity, Brno, 126 s.
- Vrba, J., Kopáček, J., Bittl, T., Nedoma, J., Štrosová, A., Nedbalová, L., Kohout, L. a Fott, J.** 2006. A key role of aluminium in phosphorus availability, food web structure, and plankton dynamics in strongly acidified lakes. *Biologia, Bratislava*, 61/Suppl. 20, 441–451.

Ostatní literární zdroje:

CHKO JH – Správa chráněné krajinné oblasti Jizerské hory [online]. 1. ledna 2009 [cit.2009-03-01]. Dostupné z <<http://www.jizerskehory.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=421>>.

NV 229/2007, Nařízení vlády České republiky ze dne 18. července 2007 o ukazatelích přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizace a o citlivých oblastech. In. Sbírka zákonů České republiky, 2007, částka 73, s. 2774-2814. Dostupné také z [www: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2007/sb073-07.pdf>](http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2007/sb073-07.pdf).

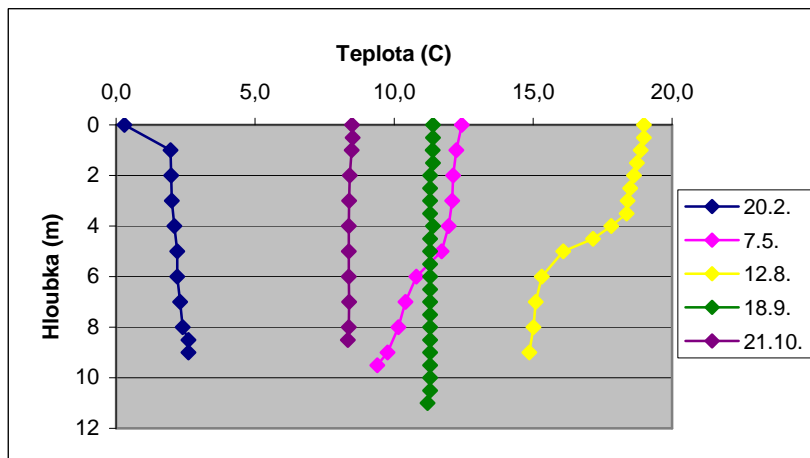
Petr, J. 2005. Jizerské hory–turistická–cykloturistická–lyžařská mapa [online]. [cit. 2009-03-07]. Dostupné z <http://www.horydoly.cz/files/jizerky_petr_mapa.jpg>.

POVODÍ LABE – Státní podnik Povodí Labe–vodní díla (Bedřichov, Souš, Josefův Důl) [online]. [cit. 2009-03-10]. Dostupné z <<http://www.pla.cz/planet/ram.aspx?id=99915>>.

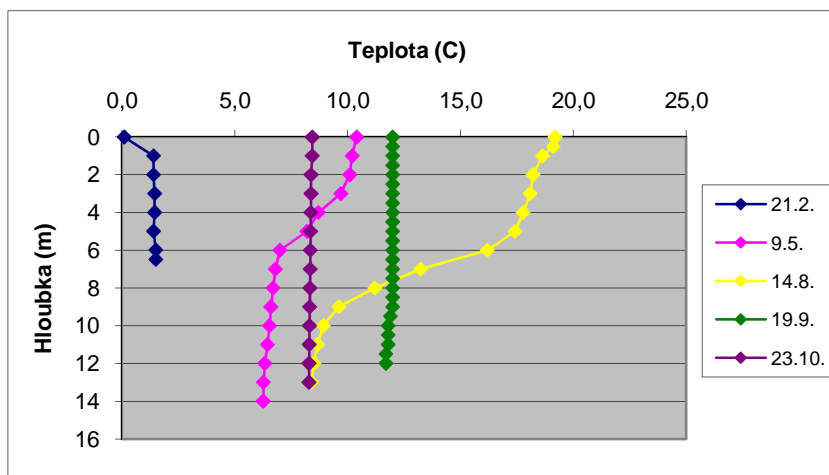
Vinklát, P. D. Jizerské hory: Kronika–100 let od dostavby přehrady Bedřichov. Časopis Krkonoše–Jizerské hory [online]. prosinec, 2005 [cit. 2009-03-10]. Dostupné z <http://krkonose.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=6989&Itemid=3>.

9. Samostatné přílohy

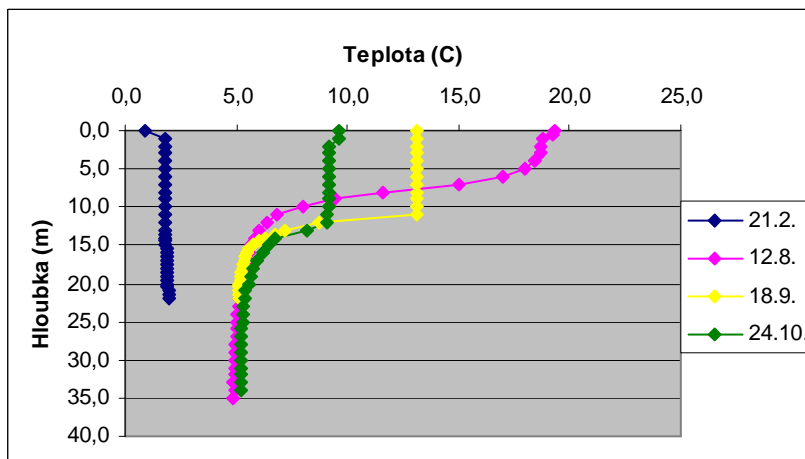
Obrázek 1. Vertikální profil teploty (°C) v nádrži Bedřichov v r. 2008.



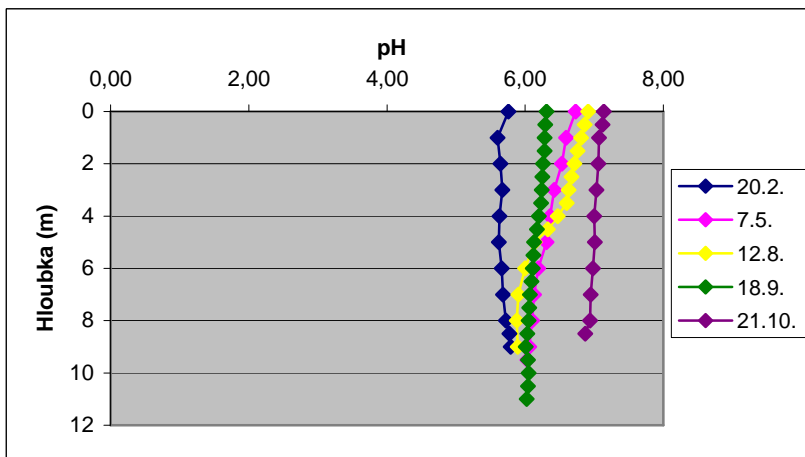
Obrázek 2. Vertikální profil teploty (°C) v nádrži Souš v r. 2008.



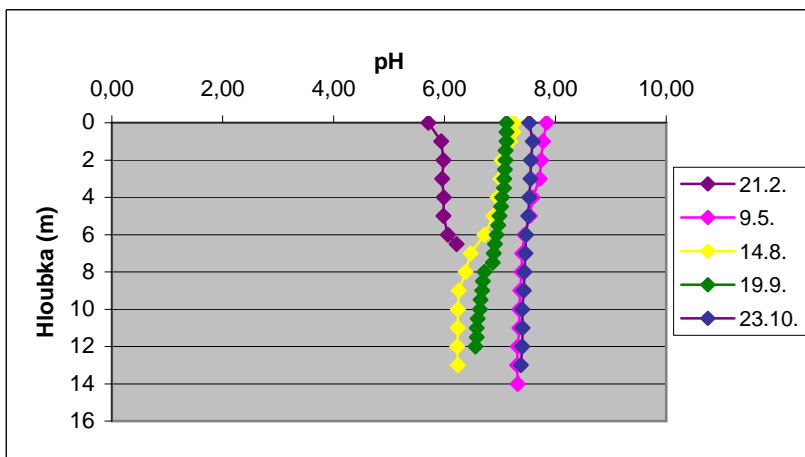
Obrázek 3. Vertikální profil teploty (°C) v nádrži Josefův Důl v r. 2008.



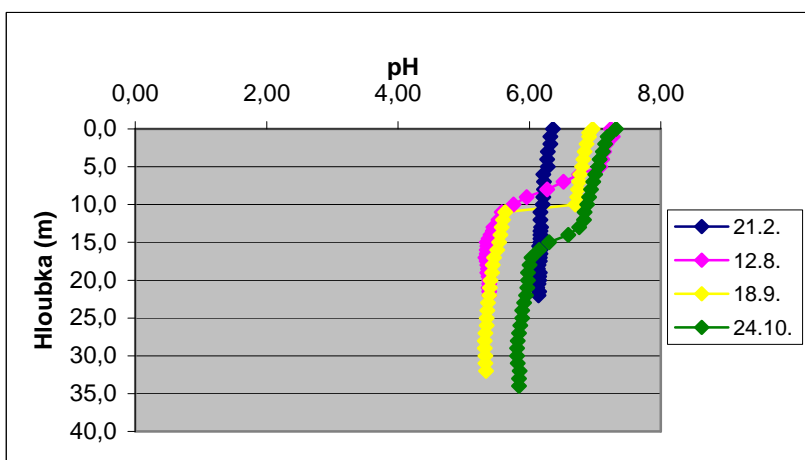
Obrázek 4. Vertikální profil pH v nádrži Bedřichov v r. 2008.



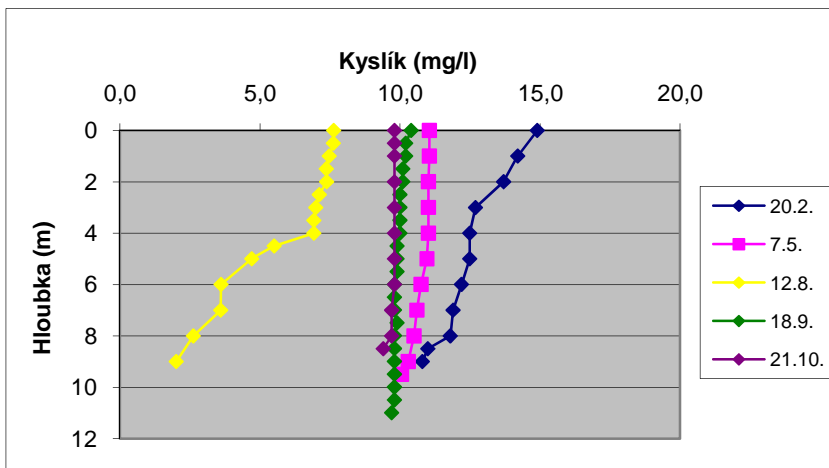
Obrázek 5. Vertikální profil pH v nádrži Souš v r. 2008.



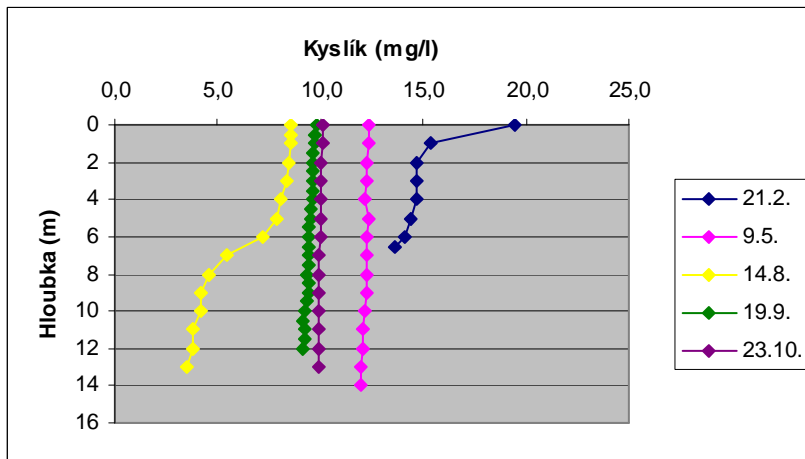
Obrázek 6. Vertikální profil pH v nádrži Josefův Důl v r. 2008.



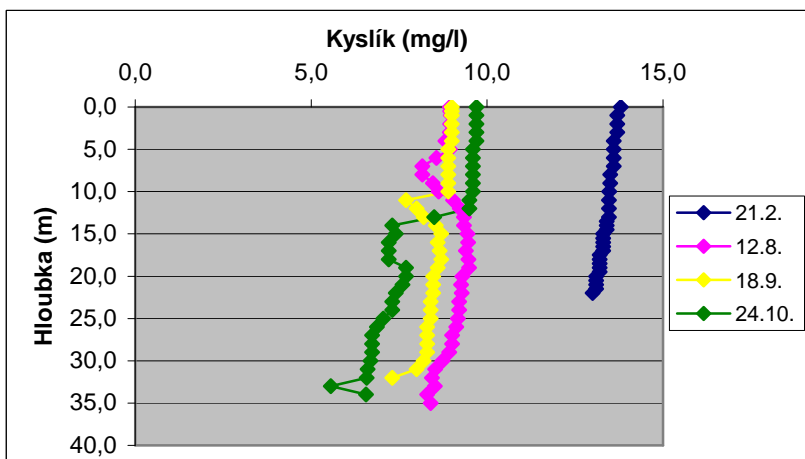
Obrázek 7. Vertikální profil množství rozpuštěného O₂ (mg.l⁻¹) v nádrži Bedřichov v r. 2008.



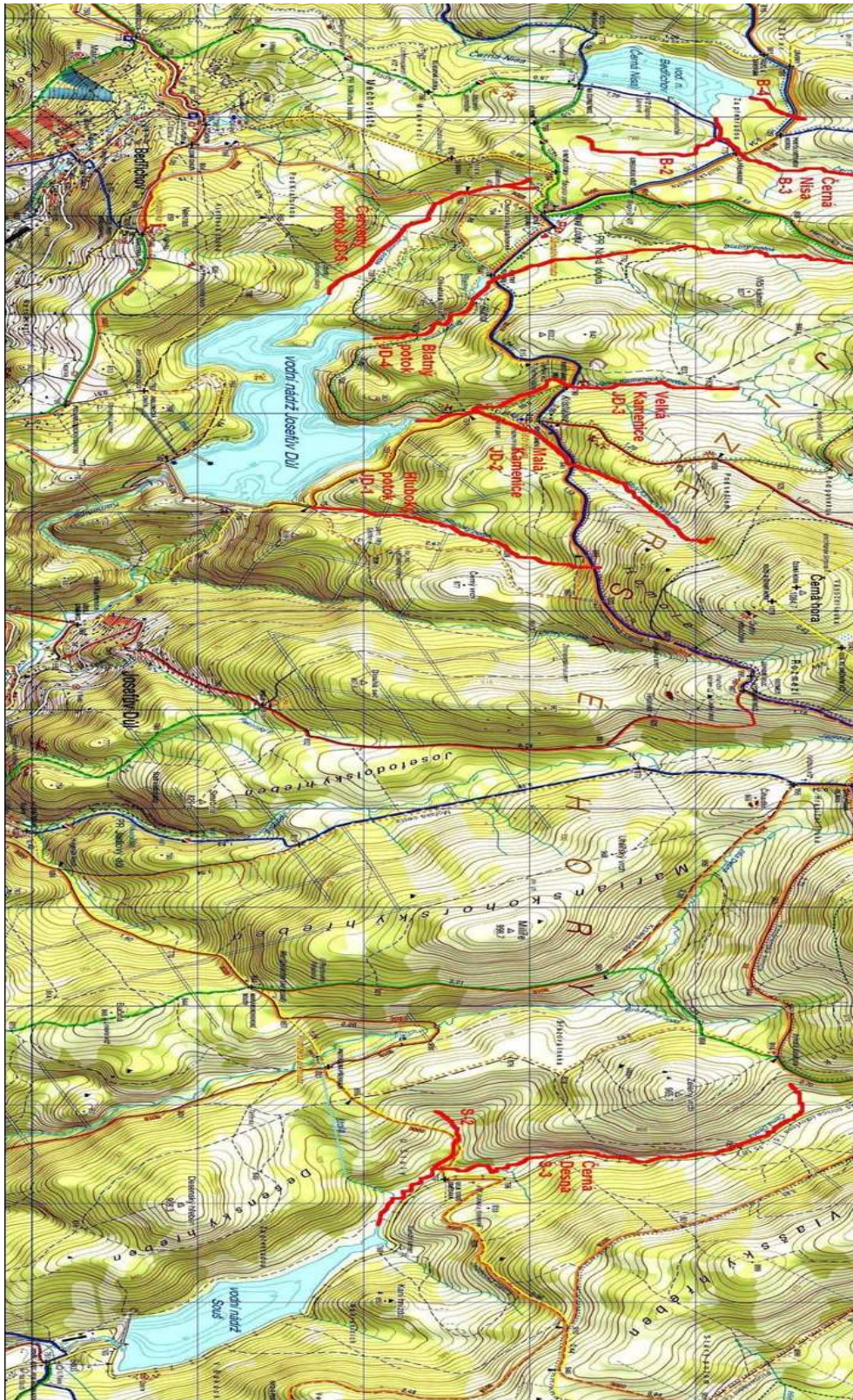
Obrázek 8. Vertikální profil množství rozpuštěného O₂ (mg.l⁻¹) v nádrži Souš v r. 2008.



Obrázek 9. Vertikální profil množství rozpuštěného O₂ (mg.l⁻¹) v nádrži Josefův Důl v r. 2008.



Obrázek 10. Mapa části Jizerských hor se studovanými nádržemi a zvýrazněnými přítoky nádrží (Petr, 2005)



Obrázek 11. Přehradní hráz a bezpečnostní přeliv nádrže Bedřichov.



Obrázek 12. Hráz nádrže Bedřichov z návodní strany.



Obrázek 13. Hráz nádrže Souš s manipulační věží.



Obrázek 14. Letecký snímek nádrže Josefův Důl, ve spodní části obrázku je vidět hlavní hráz, vpravo od ní boční hráz, vlevo od hlavní hráze se nachází sdružený objekt pro vodárenský odběr vody (Povodí Labe, 2009).



Obrázek 15. Odlov ryb pomocí elektrického agregátu na řece Černá Desná.



Obrázek 16. Siven americký (*Salvelinus fontinalis*), nádrž Bedřichov, září 2008.



Obrázek 17. Sřevle potoční (*Phoxinus phoxinus*), Černá Nisa, červen 2008.



Tabulka 30. Fyzikálně chemické parametry nádrží Bedřichov, Souš a Josefův Důl v r. 1994 – pH, vodivost (K_{20}), hlavní kationy (Z. Hořická, 2009, nepublikované údaje).

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	K_{20} ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Ca^{2+} (mg.l^{-1})	Mg^{2+} (mg.l^{-1})	Na^+ (Na^+)	NH_4^+ (mg.l^{-1})	K^+ (mg.l^{-1})
Bedřichov								
29.3.	0	38	4,67	1,85	0,33	0,00	0,13	0,36
	11	64	5,07	4,32	1,00	0,00	0,04	0,70
11.5.	0		4,97	3,90	0,91	1,93	0,04	0,75
14.6.	0	49	5,03	3,76	0,91	2,02	0,04	0,62
	10	50	5,02	3,87	0,88	2,10	0,02	0,62
24.7.	0	48	5,58	4,07	0,96	2,47	0,14	0,72
	8	48	5,59	3,87	0,91	2,42	0,18	0,69
20.8.	0	48	5,78	4,33	0,94	2,52	0,02	0,68
	9	51	5,46	4,31	1,02	2,39	0,02	0,66
7.11.	0	54	5,29	4,41	1,04	2,69	0,02	0,68
	7,5	54	5,30	4,52	1,01	2,65	0,04	0,62

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	K_{20} ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Ca^{2+} (mg.l^{-1})	Mg^{2+} (mg.l^{-1})	Na^+ (Na^+)	NH_4^+ (mg.l^{-1})	K^+ (mg.l^{-1})
Souš								
31.3.	0	32	4,32	0,60	0,20	0,49	0,37	0,31
	11	43	5,06	3,41	0,90	1,90	0,09	0,60
12.5.	0		5,00	2,89	0,76	1,33	0,04	0,53
	11		5,03	2,77	0,75	1,31	0,04	0,51
15.6.	0	36	5,38	2,90	0,77	1,53	0,04	0,51
	12	36	5,14	2,88	0,78	1,42	0,04	0,53
25.7.	0	39	5,79	3,21	0,78	1,79	0,08	0,45
	14	35	5,60	3,20	0,79	1,59	0,07	0,52
18.8.	0	37	6,09	3,31	0,84	2,02	0,04	0,51
	11	35	5,71	3,11	0,81	1,62	0,04	0,53
7.11.	0	41	5,85	3,63	0,91	2,10	0,04	0,58
	11,5	42	5,79	3,58	0,89	2,04	0,03	0,55

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	K ₂₀ (μS/cm)	pH	Ca ²⁺ (mg.l ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg.l ⁻¹)	Na ⁺ (Na ⁺)	NH ₄ ⁺ (mg.l ⁻¹)	K ⁺ (mg.l ⁻¹)
Josefův Důl								
30.3.	0	42	4,03	2,47	0,60	1,31	0,10	0,52
	28	58	5,02	4,77	1,09			
8.5.	0		4,88	4,14	1,00	2,07	0,02	0,67
	28		4,90	4,21	0,96	2,11	0,02	0,69
12.6.	0	48	4,84	3,57	0,81	1,89	0,02	0,61
	30	58	4,98	4,37	1,02	2,16	0,04	0,72
27.7.	0	57	5,14	4,66	1,00	2,27	0,06	0,67
	33	58	5,02	4,23	0,96	2,18	0,11	0,74
22.8.	0	57	5,51	4,50	1,01	2,43	0,21	0,76
	32	56	5,13	4,26	1,00	2,09	0,06	0,68
6.11.	0	55	5,30	4,34	1,02	2,38	0,00	0,70
	27	55	5,31	4,35	1,03	2,35	0,08	0,69

Tabulka 31. Fyzikálně chemické parametry nádrží Bedřichov, Souš a Josefův Důl v r. 1994 – alkalita (Alk.), hlavní anionty (Z. Hořická, 2009, nepublikované údaje).

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	Alk. (μekv/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Bedřichov					
29.3.	0	-13,3	0,30	1,95	5,79
	11	12,7	0,79	2,33	13,89
11.5.	0	1,2			
14.6.	0	0,9	0,63	1,90	12,60
	10	0,1			
24.7.	0	17,1	0,74	1,37	13,27
	8	18,4	0,75	1,26	12,66
20.8.	0	31,3	0,73	18,87	13,82
	9	16,1	0,71	0,43	14,48
7.11.	0	7,6	0,74	1,21	15,36
	7,5	9,3	0,76	0,64	15,79

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	Alk. (μekv/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Souš					
31.3.	0	-42,8	0,48	2,29	4,47
	11	7,7	0,76	2,84	10,64
12.5.	0	2,9			
	11	5,0			
15.6.	0	11,1	0,47	1,80	8,87
	12	8,8	0,45	1,73	8,59
25.7.	0	22,9	0,54	1,84	9,13
	14	15,3	0,48	1,74	8,46
18.8.	0	63,3	0,57	0,00	9,06
	11	23,1	0,44	0,88	8,37
7.11.	0	27,9	0,63	1,67	10,16
	11,5	26,3	0,64	1,74	10,19

Nádrž, datum odběru	Hloubka (m)	Alk. (μekv/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
Josefův Důl					
30.3.	0	-54,1	0,63	2,27	13,26
	28	3,1	1,02	3,67	16,86
8.5.	0	-3,4			
	28	-2,1			
12.6.	0	-9,5	1,01	3,24	13,74
	30	-0,2	1,10	3,92	17,20
27.7.	0	-0,1	1,07	3,43	17,43
	33	-1,0	1,17	3,66	16,82
22.8.	0	10,9	1,18	2,96	17,77
	32	-0,8			
6.11.	0	4,9			
	27	4,5			

Tabulka 32. Násada nádrže Bedřichov v letech 2007 a 2008 (Krupička, 2008, osobní sdělení).

Datum nasazení	Druh	Násady (ks)	Kusová hmotnost (kg)
2.6.2007	Siven americký	400	0,32
9.6.2007	Siven americký	800	0,25
23.6.2007	Siven americký	378	0,28
23.6.2007	Pstruh obecný, forma Pokk.	14	Průměrná délka 24 cm
10.5.2008	Siven americký	600	0,31
21.6.2008	Siven americký	600	0,5
21.6.2008	Pstruh obecný, forma Pokk.	48	0,4

Vysvětlivky: Pstruh obecný, forma Pokk. = pstruh obecný, forma kolowrat

Tabulka 33. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Bedřichov v letním období let 1992 – 1997 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Bedřichov	23.7.	18.7.	24.7.	31.7.	29.7.	19.8.
tahy / 200 um	2 x 11	1 x 10	2 x 8	2 x 10	2 x 10	10m
<i>Ceriodaphnia</i>	3220	40399	146312	43950	62063	42125
<i>Polyphemus pediculus</i>				600		120,45
<i>Chydorus</i>	30	0	0		438	

Tabulka 34. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Bedřichov v letním období let 1999 – 2005 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

	1999	2000	2001	2003	2004	2005
Bedřichov	23.7.	6.7.	18.7.	22.7.	15.7.	27.7.
tahy / 200 um	2 x 9		9m	7m	9m	10
<i>Ceriodaphnia</i>	39000	23900	23610	27275	26175	57133
<i>Holopedium</i>		410	660	260	1830	430
<i>Alona affinis</i>					60	
<i>Polyphemus pediculus</i>	800	60				40
<i>Bosmina longirostris</i>				5		
<i>Chydorus</i>		10				
<i>Scapholeberis mucronata</i>		10				

Tabulka 35. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Souš v letním období let 1992 – 1997 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Souš	22.7.	20.7.	25.7.	25.7.	25.7.	25.7.
200 / tahy	1 x 13	1 x 15	2 x 14	2 x 10	2 x 12	2 x 13
<i>Ceriodaphnia</i>	3080	700	750	1840	660	25400
<i>Chydorus</i>	20	17	10	0	0	
<i>Daphnia longispina</i>	0	0	0	0	22120	

Tabulka 36. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Souš v letním období let 1999 - 2005 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Souš	22.7.	7.7.	25.6.	26.6.	21.7.	21.7.	22.7.
200 / tahy	2 x 13			12m	12m	13m	38483
<i>Ceriodaphnia</i>	45450	11099,89	9205	25450	10900	14740	11875
<i>Bosmina longirostris</i>	3750	178,6649	3875	1377	882,5	1040	440
<i>Sida crystallina</i>					2,5		1
<i>Alona affinis</i>					5	20	4
<i>Eurycercus lamellatus</i>					10		
<i>Acroperus harpae</i>							5

Tabulka 37. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Josefův Důl v letním období let 1992 – 1997 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

Josefův Důl	1992	1993	1994	1995	1996	1997
200 um	18.6.	20.6.	27.7.	26.7.	27.7.	24.7.
tahy / hloubka (m)	2 x 29	2 x 20	2 x 30	2 x 34	2 x 38	2 x 36,5
<i>Ceriodaphnia</i>	305	272	5435	686	5440	22840
<i>Chydorus</i>	43	72	50	56	105	60

Tabulka 38. Zooplankton (Crustacea) v nádrži Josefův Důl v letním období let 1999 - 2005 (Hořická, 2005b, Hořická, 2009, nepublikovaná data).

Josefův Důl	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
200 um	21.7.	11.7.	27.6.	27.6.	25.6.	22.6.	25.7.
tahy / hloubka (m)	2 x 32 m		31		27	30	35
<i>Ceriodaphnia</i>	51850	9080	560	8657,1	1605	2810	5600
<i>Holopedium gibberum</i>		4620	2835	1345,45	605	6300	1287
<i>Polyphemus pediculus</i>			5	13,6	5		
<i>Chydorus</i>			5		2,5		10
<i>Bosmina longirostris</i>		10		4,5			
<i>Scapholeberis mucronata</i>				9,05			

Tabulka 39. Přehled druhů fytoplanktonu nalezených v přehradních nádržích Bedřichov a Souš v letech 1993 – 1997 (Smetanová, 2001).

		Bedřichov	Bedřichov	Souš	Souš
		1993-1996	1997	1993-1996	1997
Cyanobacteria	<i>Chroococcus sp.</i>	a	A	/	/
		N	N		
	<i>Pseudoanabaena sp.</i>	a	A	/	a
		N	N		N
Dinophyceae	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	AA	A	A	a
		BBB	B	BB	BB
	<i>Peridinium umbonatum</i>	a	A	AA	A
		B	B	BB	BB
	<i>Peridinium cinctum</i>	a	/	a	/
		B		B	
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas ovata</i>	A	AA	A	a
		B	BB	B	b
	<i>Cryptomonas marssonii</i>	AA	AA	A	A
		BB	BB	b	BB
	<i>Rhodomonas pusilla</i>	/	/	a	a
			b	b	
Chrysophyceae	<i>Mallomonas sp.</i>	AA	AA	A	AAA
		B	BB	B	BB
	<i>Dinobryon sertularia</i>	A	A	a	A
		b	B	B	B
		a	/	a	a

		N		N	N
	<i>Chromulina</i> sp.	/	/	AA	/
				B	
	<i>Ochromonas</i> sp.	AA	A	AAA	AAA
		B	B	b	B
Xanthophyceae	<i>Istmochloron trispinatum</i>	A	/	a	/
		B		N	
Chlorophyta	<i>Chloromonas</i> sp.	AA	A	AA	AA
		B	B	B	b
	<i>Chlamydomonas</i> sp.	a	A	A	A
		b	B	b	b
	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	a	A	/	/
		N	N		
	<i>Tetraedron minimum</i>	a	/	a	/
		N		N	
	<i>Arthrodesmus triangularis</i>	a	A	a	a
		N	N	N	N
	<i>Staurastrum controversum</i>	a	A	/	/
		N	N		
<i>Cosmarium obliquum</i>	a	A	a	/	
	N	N	N		

Vysvětlivky: AAA = průměrná abundance > 1000 ind. ml⁻¹
AA = průměrná abundance 100 – 1000 ind. ml⁻¹
A = průměrná abundance 10 – 100 ind. ml⁻¹
a = průměrná abundance < 10 ind. ml⁻¹
N = hodnoty nebyly zjišťovány
BBB = průměrná biomasa > 50% celk. biomasy
BB = průměrná biomasa 10 – 50% celk. biomasy
B = průměrná biomasa 1 – 10% celk. biomasy
b = průměrná biomasa < 1% celk. biomasy

Tabulka 40. Přehled nalezených zástupců fytoplanktonu v nádrži Souš v letech 2002 – 2003 (Loučková, 2004).

Dinophyceae	<i>Peridinium umbonatum</i>
	<i>Gymnodinium uberrimum</i>
	<i>Peridinium cinctum</i>
	<i>Woloszynskia ordinata</i>
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas marssonii</i>
	<i>Cryptomonas ovata</i>
	<i>Cryptomonas</i> sp.
	<i>Rhodomonas pustula</i>
Chrysophyceae	<i>Chromulina</i> sp.
	<i>Chrysococcus</i> sp.
	<i>Dinobryon</i> sp.
	<i>Mallomonopsis</i> sp.
	<i>Mallomonas</i> sp.
Chlorophyta	<i>Ochromonas</i> sp.
	<i>Chlamydomonas</i> sp.
	<i>Chloromonas</i> sp.
	<i>Desmodesmus</i> sp.
Bacillariophyceae	<i>Oocystis</i> sp.
	<i>Tabellaria flocculosa</i>