

Univerzita Karlova  
Přírodovědecká fakulta



**Komplexní limnologická studie odstaveného  
labského ramene Libišská tůň v PR Černínovsko**

Martin Turek

vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Bohumír Janský, CSc.

srpen 2004

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu své diplomové práce docentu RNDr. Bohumíru Janskému, CSc. za nabídnutí zajímavého tématu, vedení a pomoc při zpracování následující práce.

Mgr. Julius Česák a Mgr. Miroslav Šobr mi byli nápomocni zejména při morfometrických měřeních jezera, patří jim za to můj dík. Děkuji i Mgr. Dagmar Chalupové a Mgr. Petře Judové, jež byly přítomny jak terénnímu vyměřování, tak mým dotazům a pochybnostem.

RNDr. Jan Fott, CSc., RNDr. Martin Černý, Ph.D. a mnozí další lidé z katedry ekologie zaslouží poděkování za pomoc s hydrobiologickou částí práce. Za milou spolupráci a pomoc vděčím lidem z odboru laboratoří Povodí Labe, s.p. v Hradci Králové.

Také všem milým lidem z rozličných institucí i mimo ně, kteří mi byli svými vstřícnými postoji nápomocni, upřímně děkuji.

A v neposlední řadě patří můj hluboce myšlený dík mým drahým rodičům za všestrannou podporu a zázemí během studia.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně s využitím literatury, na níž odkazuji.

30. srpna 2004

Martin Turek

## Obsah

Abstrakt .....	1
Abstract .....	2
1. Úvod .....	3
2. Řeka Labe .....	5
2.1. Hydrografie, hydrologický režim řeky .....	5
2.2. Paleogeografický vývoj Labe .....	5
2.3. Antropogenní ovlivnění koryta Labe .....	6
2.4. Deficity ekologického stavu Labe .....	7
3. Libišská tůň – obecný popis .....	9
3.1. Geografická poloha .....	9
3.2. Základní geografický přehled .....	9
3.2.1. Oddělená tůň .....	10
3.3. Hospodářské využití jezera .....	10
3.4. Název lokality .....	13
4. Fyzickogeografické poměry okolí jezera .....	14
4.1. Geologie a pedologie .....	14
4.2. Geomorfologie .....	14
4.3. Klimatické poměry .....	14
4.4. Ochrana jezera – PR Černínovsko .....	15
4.5. Fauna a flóra .....	16
5. Zdroje znečištění .....	17
5.1. Spolana a.s. ....	18
6. Vznik a vývoj jezera .....	20
7. Morfometrie jezera .....	23
7.1. Půdorysná a batymetrická měření .....	23
7.2. Morfometrická charakteristika jezera .....	24
8. Hydrologický režim jezera .....	28
9. Fyzikální vlastnosti vody .....	33
9.1. Teplota vody .....	33
9.2. Konduktivita .....	34
9.3. Průhlednost vody .....	34

9.4. Barva vody .....	35
10. Chemismus vody .....	36
10.1 Odběr vzorků .....	36
10.2. Metody chemických analýz .....	37
10.2. Výsledky chemických rozborů .....	38
10.2.1. Průměrné hodnoty ukazatelů, srovnání odběrových míst, časový vývoj jednotlivých ukazatelů .....	38
10.2.2. Srovnání chemismu vody Libišské tůně, Labe a podzemní vody .....	48
11. Hydrobiologické poměry .....	50
11.1. Metodika .....	50
11.1.1. Odběr a rozbor fytoplanktonu .....	50
11.1.2. Odběr a rozbor zooplanktonu .....	51
11.2. Výsledky hydrobiologických rozborů planktonu .....	51
11.2.1. Fytoplankton Libišské tůně .....	51
11.2.2. Zooplankton Libišské tůně .....	55
12. Rozbor sedimentů Libišské tůně .....	64
12.1. Funkce a využití sedimentů pro hodnocení znečištění říčních ekosystémů těžkými kovy .....	64
12.2. Lokalizace odběrových míst a odběr vzorků .....	65
12.3. Metodika zpracování vzorků .....	66
12.4. Výsledky analýz .....	66
12.4.1. Zrnitostní struktura sedimentu .....	66
12.4.2. Obsah těžkých kovů a některých dalších prvků .....	67
13. Shrnutí a diskuse .....	72
14. Závěr .....	75
15. Literatura .....	77

Přílohy

## Abstrakt

Diplomová práce je komplexní limnologickou studií zabývající se historií vzniku a současnými přírodními podmínkami odstaveného labského ramena Libišská tůň v přírodní rezervaci Černínovsko u Neratovic.

Výzkum fluviálního jezera byl široce zaměřen na analýzu jeho vzniku, vývoje, morfometrií, kolísání výšky hladiny, charakteristiku fyzikálních a chemických parametrů vody, kvantitu a kvalitu fytoplanktonu a zooplanktonu včetně jeho velikostní struktury. Pozornost byla věnována rovněž obsahu těžkých kovů v sedimentech.

Odstavené rameno vzniklo v první polovině 19. století při regulaci Labe. Rozkládá se na ploše 9,88 ha, je poměrně mělké – průměrná hloubka činí 1,0 m, maximální hloubka dosahuje 2,6 m (při nadmořské výšce hladiny 158,99 m n.m.). Výška hladiny kolísala během hydrologického roku 2000/2001 mezi 158,47 m a 159,13 m n.m. Průhlednost se pohybovala od 70 do 95 cm. Voda v jezeře byla znečištěna organickými látkami ( $BSK_5 = 5,4$  až  $16,8 \text{ mg.l}^{-1}$ ;  $CHSK_{Mn} = 12,0$  až  $31,4 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Vysoké hodnoty vykazovala i naměřená konduktivita  $139 \text{ mS.m}^{-1}$  (vzhledem k vysokým obsahům chloridů). Celkový rozpuštěný anorganický dusík se pohyboval v rozmezí od  $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $3,1 \text{ mg.l}^{-1}$ . Zastoupení hlavních taxonomických skupin fytoplanktonu a zooplanktonu se sezónně měnilo během roku. Chlorofyl *a* dosahoval koncentrací o něco nižších, než je typické pro labská stará a oddělená ramena. Absence velkých druhů zooplanktonu souvisela s vysokým predačním tlakem planktonožravých ryb. Sedimenty jezera byly kontaminovány zejména kadmíem, rtutí, olovem a zinkem.

## **Abstract**

The diploma thesis is a complex limnological study dealing with the history and the present state of the oxbow lake Libišská tůň situated in the nature reserve Černínovsko near town Neratovice.

The research included different ways of investigation – genesis and evolution of the lake, morphometry, water-level fluctuation, physical parameters of water, basic chemical analysis of water, quality and quantity of phytoplankton and zooplankton, size structure of zooplankton and presence of heavy metals in sediments.

The cut backwater came into existence during the canalization of the Elbe River in the first half of the 19<sup>th</sup> century and it was shorted many times in the past. The lake has an area of 98 800 m<sup>2</sup> and is quite shallow - mean depth is 1,0 m, maximum depth is 2.60 m (the altitude of water surface was 158.99 m above sea level). The water level fluctuated between 158.47 m and 159.13 m above sea level during the year of interest 2003/04. The Secchi disk depths varied from 70 to 95 cm. The water of the lake was polluted with organic compounds (BOD<sub>5</sub> = 5.4 to 16.8 mg.l<sup>-1</sup>; COD<sub>Mn</sub> = 12.0 to 31.4 mg.l<sup>-1</sup>). Conductivity was high 139 mS.m<sup>-1</sup> (asp. related to high concentration of chloride anions). Total dissolved inorganic nitrogen varied between 0.7 mg.l<sup>-1</sup> and 3.1 mg.l<sup>-1</sup>. The representation of major groups of phytoplankton and zooplankton changed considerably during the period of measurements. Chlorophyl *a* concentration was lower than is typical for the backwaters and oxbow lakes of the Elbe River. The absence of large species of zooplankton was related to a fishstock of planktivorous fishes. The sediments of the lake were particularly contaminated by cadmium, mercury, lead and zinc.

## 1. Úvod

Antropogenním zásahem do koryta a přirozené dynamiky řeky Labe vznikla Libišská tůň – jezero, jemuž je následující práce věnována.

Jezero, objekt jenž učaroval mnohým přírodovědcům chemického, biologického či geografického zaměření již desetiletí a staletí před námi. Na geografickém pracovišti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy má výzkum jezer staletou tradici (Janský, 1996). Na ni navázali svými pracemi, studujícími zejména morfometrii a hydrologický režim glaciálních šumavských jezer (stejně jako práce z počátku 20. století), Zbořil (1994), Šobr (1999) a Vránek (1999). Organogenním Mechovým jezírům v NPR Rejvíz v Jeseníku se věnoval Oulehle (2002). Morfometrii a geomorfologickým procesům probíhajícím v sesuvem hrazeném Mladotickém jezeře se opakovaně věnoval Janský (např. 1975, 1994). Studována byla i oddělená labská ramena. Labišť pod Opočínkem zpracovával Klouček (2002), Obříství u Mělníka Šnajdr (2002), Chalupová (2003) se ve své práci zabývala jezerem Doleháj u Kolína. Současný stav geografického výzkumu jezer České republiky popisuje Janský et al. (2003).

Také z hydrobiologického pohledu byla studována již mnohá oddělená labská ramena, zejména v oblasti Čelákovic a Lysé nad Labem. K nejvýznamnějším patří například práce Hrbáčkovy (např. 1965, 1966) a Lelláka (1966).

Jednotlivá jezera, oddělená a stará ramena jsou tak často důkladně prozkoumána pouze z pohledu dílčího přírodovědného zaměření. Avšak lze předpokládat, že doposud relativně opomíjený výzkum komplexní, který by hodnotil jezero jako celek se všemi biotickými i abiotickými složkami, bral v úvahu nejen současný stav, ale i historický vývoj jezera, zabýval se přirozenými vztahy a jevy v jezeře stejně tak, jako vlivy a dopady člověka na jezerní ekosystém, by našel své uplatnění stejně tak, jako podrobnější limnologické analýzy dílčí. Poukažme například na dnes, v souvislosti s odstavenými říčními rameny, často zmiňovanou problematiku revitalizací pobřežních zón regulovaných toků. Kdy například při systematické regulaci Labe vzniklo velké množství odstavených ramen a přirozená obnova procesem meandrování toku byla stabilizací koryta zastavena. Mnohá ramena byla zavezena nebo z hlediska ekologie příční zóny jinak znehodnocena. U ostatních, která jsou dosud zachována, postupně probíhá proces zazemňování. V řadě z nich tento

proces pokročil natolik, že jsou již téměř zazemněná a postupně mění strukturu a vzhled krajiny. Jak píše Punčochář (1994) ve své ekologické studii, je vzhledem k dlouhodobému řešení problémového okruhu nezbytné provést podrobný průzkum odstavených ramen, jejich kategorizaci a stanovit způsob managementu.

Libišská tůň je jezerem, které se nachází v menším refugiu lužního lesa v inundačním pásmu toku Labe a v blízkosti obrovské chemické továrny. Tyto dílčí prvky dohromady s Libišskou tůňí tvoří zajímavý regionální ekosystém v němž existuje mnoho vzájemných vazeb, s významným antropogenním vlivem. Aby bylo možné vazby v konkrétním systému správně interpretovat, je potřeba nejprve jednotlivé prvky (složky) systému analyzovat a popsat.

Cílem práce je tedy zpracovat komplexní limnologickou studii odstaveného labského ramene Libišská tůň v přírodní rezervaci Černínovsko. Dílčími cíli se potom stávají jednotlivé limnologické analýzy významných biotických i abiotických složek ekosystému Libišské tůně se vzájemnými přirozenými vztahy i hodnocení antropogenních vlivů na jezerní ekosystém. Dále i popis geneze jezera a jeho historického vývoje.

Zpracovávaná studie je součástí grantového projektu GAČR - Atlas jezer ČR.



## 2. Řeka Labe

V této kapitole je stručně popsán současný stav i historický vývoj řeky Labe, neboť právě tok Labe výrazně ovlivňuje většinu výsledků dílčích hodnocení Libišské tůně, od samotné geneze jezera, přes jeho vývoj až po současný stav.

### 2.1 Hydrografie, hydrologický režim řeky

Labe pramení na Labské louce v Krkonoších v nadmořské výšce 1 383,6 m n.m. Území České republiky opouští u Hřenska ve výšce 115 m n.m. a ústí u Hamburku do Severního moře. Celková plocha povodí činí 148 268 km<sup>2</sup> z toho v ČR 50 176 km<sup>2</sup> (33,8 %). Celková délka toku dosahuje 1 091 km, z toho 364 km (33,4 %) na území ČR. Průměrný průtok na státní hranici je 318 m<sup>3</sup>/s, při ústí 716 m<sup>3</sup>/s (MKOL, 1995 a). Ve svém horním toku je Labe typickou horskou řekou s četnými kaskádami a vodopády a velkým spádem, průměrný sklon až k Vrchlabí činí 37 %, k Josefově 3,66 %. Od Jaroměře nabývá rázu nížinného toku v kotlinách České tabule. Po soutoku s Vltavou má spád 0,45 % (Kunský, 1974).

Labe je kotlinovou řekou se stromovitou říční sítí, vlivem Vltavy nesouměrnou, o hustotě 0,102 km na 1 km<sup>2</sup>. Na území Česka má Labe 12 pravostranných a 18 levostranných větších přítoků. Vltava v místě soutoku s Labem vykazuje větší délku (440 km), průtok (153,1 m<sup>3</sup>/s) a plochu povodí (28 088 km<sup>2</sup>) oproti Labi (L = 261 km, Q<sub>a</sub> = 99,6 m<sup>3</sup>/s, P = 13 697 km) (Kunský, 1974).

Pro Labe je charakteristický dešťovo-sněhový odtokový režim středoevropského typu. Pro roční rozdělení odtoku jsou příznačné maximální vodnosti jarních měsíců, kdy se tvoří povodňové vlny z tajícího sněhu (maximální průtok je na většině profilů na řece i v povodí Labe v březnu, v profilech nad Jaroměří, kde dochází k tání sněhové pokrývky v podhůří Krkonoš později, jsou maximální měsíční průtoky v dubnu). Nízké průtoky se dostavují koncem léta a na začátku podzimu, nejčastěji v dlouhých obdobích sucha (Punčochář et al., 1994; Netopil, 1972).

### 2.2 Paleogeografický vývoj Labe

Současná říční síť povodí Labe na území ČR je výsledkem dlouhodobého vývoje, jehož počátek sahá před svrchnokřídovou transgresi. Tento vývoj byl do značné míry ovlivněn geologickými poměry podloží a především tektonickými

pohyby, jež v Českém masivu vrcholily v třetihorní době. Zvedání Českého masivu, které souviselo s alpskými horotvornými fázemi, ovlivnilo i regresi křídového moře (MKOL, 1995 a). Existuje předpoklad, že ve spodním oligocénu řeky tekly po povrchu dosud jednotné paroviny ze středních Čech k severozápadu – tehdy tedy k nejbližšímu moři (Šindlar et al., 1992). Tektonické pohyby koncem oligocénu a počátkem miocénu vedly k dalšímu zvýraznění reliéfu. Velká část severních a východních Čech (např. Jizera, Úpa, Labe, Metuje) tak byla odvodňována jihovýchodním směrem k moravskému miocennímu moři, přičemž Vltava tehdy tekla jižním směrem k Dunaji. Na konci pliocénu se vyvinula říční síť, která už obsahovala hlavní rasy dnešní říční soustavy. V průběhu pleistocénu docházelo k relativně častým změnám ve směru toku jednotlivých řek v oblasti České křídové pánve. Stejně tak došlo i k několikanásobnému překládání koryta Labe, zejména v okolí Jaroměře, Pardubic a Kolína, kde teklo ve středním a starším pleistocénu kratší cestou. K podobným změnám docházelo i při soutoku Labe s Vltavou, kde se soutok posunoval od Roudnice jihovýchodním směrem k Mělníku. Na středním toku se nachází přes deset a na dolním toku až patnáct úrovní teras, přičemž nejstarší terasy se nacházejí v mnohakilometrové vzdálenosti od současného koryta Labe, k jehož vzniku došlo v interstadiálu W2 – W3. V holocénu došlo v údolní nivě Labe ke vzniku a vývoji volných meandrů, dodnes morfologicky patrných (Balatka et al., 1966).

### **2.3 Antropogenní ovlivnění koryta Labe**

Řeka Labe byla od nepaměti využívána jako výhodná dopravní cesta. K tomu účelu byla postupně upravována, v principu dvěma metodami – regulačními úpravami nebo pomocí souvislé kaskády plavebních stupňů. Se zajištěním plavebních podmínek byla zároveň vesměs řešena i ochrana okolního území proti povodním.

Splavňování Labe znamenalo vesměs významný zásah do původně přirozeného charakteru toku – napřimováním trasy koryta, odstraňováním meandrů, úpravou příčného profilu koryta, výstavbou koncentračních staveb, opevňováním břehů apod. Na území ČR bylo Labe splavňováno od druhé poloviny 19. století postupnou výstavbou kaskády nízkých plavebních stupňů vytvářejících jezové zdrže. Potřebných plavebních hloubek se dosahovalo nejen vzduťm hladiny pohyblivými jezy, ale i částečným probagrováním dna a někde i doplněním regulačními stavbami v koncích zdrží. Z důvodu protipovodňové ochrany byl často zvětšován profil říčního koryta. Po

určitém čase se vytvořil nový rovnovážný stav podél profilu toku, takže v současné době nedochází k erozi říčního dna (Gabriel, 2002).

Labe je splavné od Chvaletic v délce 882 km. V úseku Labe od Pardubic do Ústí nad Labem je 24 zdymadel s plavebními komorami, přičemž tři stávající zdymadla mezi Přeloučí a Pardubicemi nelze k plavbě využít, protože plánované zdymadlo u Semtína nebylo dosud vybudováno. V přístavu tepelné elektrárny Chvaletice začíná 170 km dlouhý kanalizovaný úsek Labe s 21 zdymadly až k jezu Střekov v Ústí nad Labem (MKOL, 1995 b). Vzduť vody je naprojektováno tak, aby se voda ze zdymadla ležícího níže na toku vzdouvala vždy až k výše položenému zdymadlu, čímž se zabezpečuje průběžná splavnost řeky i při nízkých stavech vody. Tím se tok Labe změnil po celé délce, na níž jsou zdymadla, na pomalu tekoucí až téměř stojatou vodu. Na 102 km dlouhém, v roce 1977 dobudovaném kanalizovaném úseku Labe od Chvaletic až po soutok s Vltavou, se nachází 15 plavebních stupňů s jednoduchými plavebními komorami o užitečných rozměrech 85 x 12 m. Intenzita provozu na tomto úseku dosahuje téměř 5 milionů tun nákladu za rok (Miláček, 1994; Kubec, 1996). Antropogenní zásahy do morfologie původního koryta Labe vedly k jeho zkrácení v Čechách přibližně o 55 km (z původní délky 423 km), tedy o 13 %. (Šindlar at al, 1992).

## 2.4 Deficity ekologického stavu

Jakost vody v Labi ještě stále není uspokojivá, přestože v průběhu 90. let došlo v povodí Labe (na území ČR) k zásadnímu obratu ve vývoji kvality povrchových vod (obrázek 2.1), kdy po dlouholetém nárůstu úrovně znečištění (vrcholícím na konci 80. let) došlo díky snížení emisí z hlavních průmyslových a komunálních zdrojů k poklesu zátěže Labe i jeho přítoků (Langhammer, 2002). Přesto zůstává znečištění labské vody organickými látkami na státní hranici vyšší, než v následujících profilech na území Německa (Reincke, 2000). V labských sedimentech jsou ještě stále akumulovány těžké kovy, vysoká amplituda obsahu kyslíku podmíněná eutrofizací dosahuje občas hodnot toxických pro ryby. Ve vztahu k říčnímu korytu zde lze jmenovat především ztrátu protékajících vedlejších ramen a mělčin v důsledku stavebních úprav, jakož i silné negativní ovlivňování stávajících břehových biotopů silným vlnobitím (rázový zdvih a pokles), způsobené lodní dopravou. Mrtvé dřevo, které má pro bezobratlé žijící v řece s písčítým dnem

velký význam jako tvrdý substrát, se v Labi již téměř nevyskytuje (Pusch et Garcia, 2002).

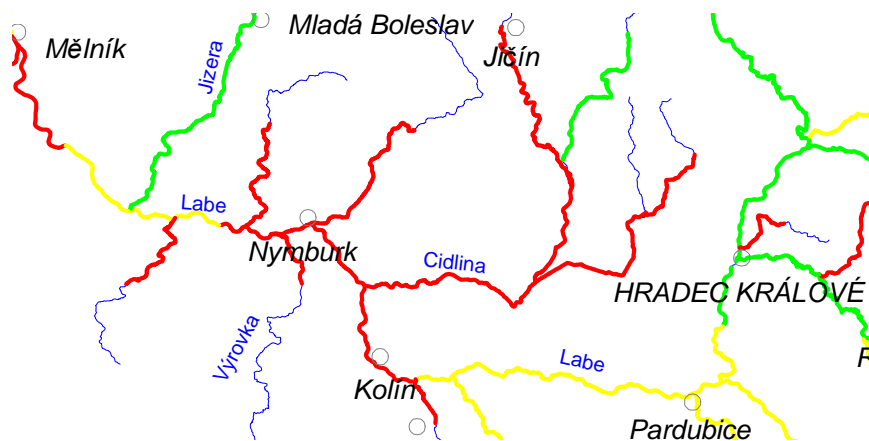
Obrázek 2.1: Srovnání jakosti vody v Labi v letech 1991/92 a 2001/02

### HODNOCENÍ PODLE ČSN 75 7221

Základní klasifikace

- třída
- I.a II. neznečištěná a mírně znečištěná voda
  - III. znečištěná voda
  - IV. silně znečištěná voda
  - V. velmi silně znečištěná voda

#### Stav 1991/92



#### Stav 2001/02



Upraveno podle Internet (3)

Charakteristika jednotlivých jakostních tříd podle ČSN 75 7221 viz tabulka 10.2.

### 3. Libišská tůň – obecný popis

Obrázek 3.1: Pohled na střední část Libišské tůně



#### 3.1 Geografická poloha

Jezero se nachází v okrese Mělník, asi 2 km severně od Neratovic mezi obcí Libiš a současným korytem Labe (obrázek 3.2). Katastrálně patří pouze k obci Libiš. Poloha dle zeměpisných souřadnic je 50°17' s.š. a 14°31' v.d. Jezero leží na levém břehu řeky Labe při říčním kilometru 118,0 – 118,7 (od státní hranice se SRN). Severní část ramene je současnému korytu Labe nejbližší – asi 100 m. Naopak nejvzdálenější částí jezera je dnes jeho jižní konec, vzdálený okolo 800 m od řeky. Nadmořská výška hladiny jezera kolísá, s výjimkou mimořádných povodňových stavů, okolo 159 m n. m. (podrobněji kapitola 8.).

#### 3.2 Základní popis lokality

Jezero má typický půdorys ve tvaru podkovy o ploše 9,89 ha. Severní, dříve dolní, část ramene se táhne východním směrem, paralelně s korytem Labe a končí

v rozsáhlém porostu rákosin, za kterými se nachází povětšinu roku oddělená část ramene (viz níže). Celé rameno má délku 1 445 m a v nejširším místě dosahuje šířky 94 m. Jeho průměrná hloubka dosahuje 1 m (podrobněji kapitola 4.). Do Libišské tůně neústí žádný povrchový tok a povrchová komunikace s Labem je vzhledem k značně zazemněnému přírodnímu kanálu a betonové hrázi s dnes již nepohyblivým stavidlem u Labe omezena jen na mimořádně vysoké vodní stavy. Celé rameno je součástí přírodní rezervace Černínovsko, tvořené na většině jejího území zachovalým lužním lesem. Příbřežní zóny Libišské tůně lemují množství padlých kmenů, neboť poslední odstranění padlých kmenů z jezera se uskutečnilo naposledy v roce 1983. Oba konce jezera se nacházejí v bezprostřední blízkosti areálu Spolany a. s.

### 3.2.1 Oddělená tůň

Oddělená tůň se nachází asi 60 m východně od severního konce jezera. Leží, stejně jako odstavené rameno, v původním korytě Labe před jeho napřímením. V současnosti spojuje odstavené rameno s kanálem k Labi (obrázek 8.3 a v příloze 2 obrázek 3). S ramenem je tak propojena souvislou hladinou pouze při stavu vyšším než 159,02 m n.m. (viz kapitola 7.) – při této výšce hladiny pak “oddělená tůň“ dosahuje maximální hloubky okolo jednoho metru a plochy asi 0,08 ha.

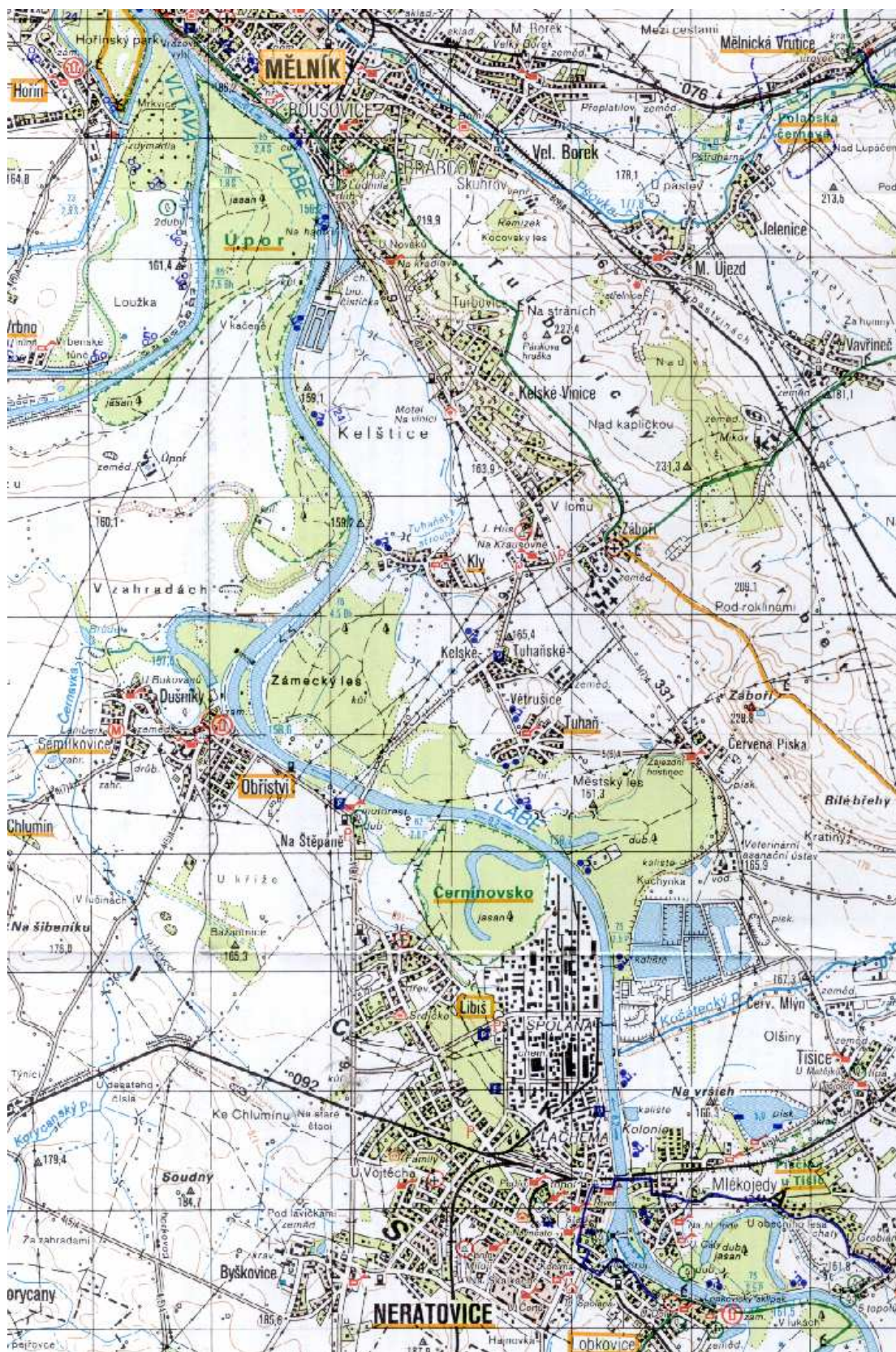
V základní mapě ČR 1 : 10 000 je však zobrazena jako součást (zátoka) odstaveného ramena (obrázek 3.3). K oddělení došlo zazemněním zátoky v důsledku rozsáhlého porostu rákosin v oblasti a ukládání plavenin z Labe při povodňových stavech (poloha blízko kanálu k Labi).

## 3.3 Hospodářské využití Libišské tůně

Libišská tůň je, stejně jako většina oddělených labských ramen, využívána k sportovnímu rybolovu. Je součástí rybářského revíru Labe 15 – MO Obříství. Do jezera je každoročně doplňována MO ČRS Obříství rybí násada. V průběhu roku 2003 bylo (podle sdělení předsedy MO ČRS Obříství Lubomíra Houšteckého) do Libišské tůně vysazeno 600 kusů jednoleté násady štiky obecné (*Esox lucius*), 980 kusů dvouletého kapra obecného (*Cyprinus carpio*), 990 kusů jednoletého candáta obecného (*Stizostedion lucioperca*), 600 kusů dvouletého lína obecného (*Tinca tinca*) a 980 kusů dvouletého amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*).



Obrázek 3.2: Mapa oblasti, v níž se lokalita nachází



Měřítko 1 : 50 000

KČT (2002)



Přibližně podobným druhovým složením a množstvím kusů je Libišská tůň osazována každoročně. Umělé vysazování ryb má významný vliv na druhovou a velikostní strukturu zooplanktonu (kapitola 11.). Rybářský svaz v jezeře instaloval pět větrných aerátorů a v zimě rybáři vysekávají do ledu provzdušňovací otvory.

Obrázek 3.3: Podrobná mapa oblasti Libišské tůně



(1996)

ČÚZK



### 3.4 Název lokality

Libišská tůň je název, jenž se vyskytuje v Základní mapě ČR 1:10 000, zřídka i v některých výzkumných studiích. Naopak hojně je užívaný termín *Staré Labe*, objevující se zejména na starších mapách a v archivních člancích, ovšem tímto termínem jsou pojmenovávána téměř všechna slepá, mrtvá či odstavená říční ramena v celém Polabí. Často se lze setkat i s pojmem *tůň Černínovsko* nebo jen *Černínovsko*, což však může být vzhledem k přiléhající PR Černínovsko zavádějící.

Uvádění slova tůň v sousloví Libišská tůň nebo tůň Černínovsko se jeví jako nepříliš vhodné. Odum (1977) se sice pokouší definovat tůň, jako malou vodní plochu, jejíž litorální pásmo je poměrně velké a limnetické a profundální pásmo je naopak malé nebo zcela chybí. Tvar tůní je však nejčastěji oválný, někdy kruhový. Protahuje-li se, tůň volně přechází v mrtvé rameno (Pithart et al., 2000). Z tvaru mrtvého ramena lze snadno vyčíst jeho původ, u tůně je to složitější.

V této práci bude užíváno jednoho z ustálených názvů studovaného jezera – Libišská tůň. Popřípadě i obecného názvu odstavené či oddělené rameno (narozdíl od mrtvého ramena vzniklo odstavené rameno vlivem člověka, oproti slepému ramenu pak postrádá aktivní spojení jedním koncem se současným tokem (Husák et Květ, 2000; Horník et al., 1986) ). Neexistuje žádná jednotná klasifikace, toto rozlišení však používá mnoho autorů například v biologických či geomorfologických disciplínách.

## **4. Fyzickogeografické poměry okolí jezera**

### **4.1 Geologie a pedologie**

Geologicky se v blízkosti Labe jedná o holocenní fluviální náplavy o mocnosti více než deset metrů, tvořené štěrkovými, písčitými, hlinitými i jílovitými částicemi. Ve větší vzdálenosti od řeky jde o pleistocenní fluviální štěrkopískové terasy. Pod těmito kvartérními útvary se nalézají horniny svrchní křída – slínovce a jílovce (Mísař et al., 1983). V okolí Libišské tůň se lokálně vyskytují váté písky a spraše (Barnet, 1992).

V území přírodní rezervace převládají naplavené nivní půdy – hnědá vega přecházející v terénních depresích do mullových glejů. Další pedogenetický vývoj směřuje k hnědozemi (Morávková, 2000).

### **4.2 Geomorfologie**

Lokalita náleží dle geomorfologického členění ČR k subprovincii Česká tabule, v podsoustavě Polabská tabule náleží ke geomorfologickému celku Středolabská tabule a podcelku Mělnická kotlina (Czudek, 1972). Mělnická kotlina je tvořena širokým rovinatým terénem v okolí soutoku Labe a Vltavy, tvořeným převážně akumulací terasami štěrkopísků. Relativní výškové rozdíly jsou poměrně malé, nadmořská výška se, s výjimkou několika vrchů v okolí (např. Dřínov 246,7 m n. m.) a hřbetů (Turbovický a Cesmínský hřbet) na pravém břehu Labe, pohybuje mezi 160 a 180 m n. m. (Hlušička a kol., 1977).

### **4.3 Klimatické poměry**

Libišská tůň se nachází podle Quitta (1971) v teplé oblasti T2, jež je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem, teplým až mírně teplým jarem i podzimem a krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Přesnější charakteristika teplé oblasti T2 je uvedena v tabulce 4.1).

Tabulka 4.1: Charakteristika teplé oblasti T2 (podle Quitt, 1971)

Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 – -3
Průměrná teplota v dubnu (°C)	8 – 10
Průměrná teplota v červenci (°C)	18 – 19
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7 – 9
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 – 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350 – 400
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50
Počet dnů zamračených	120 – 140
Počet dnů jasných	40 – 60

Do oblasti Mělnicka přicházejí první dny s mrazem kolem 21. října a poslední se vyskytují ještě začátkem května. Tzv. velké vegetační období, vymezené dnem nástupu a ukončení výskytu průměrné denní teploty 5 °C a vyšší, začíná okolo 23. března a končí 5. listopadu (228 dní). Malé (hlavní) vegetační období, vymezené minimální průměrnou teplotou 10 °C, začíná průměrně 23. dubna a končí 7. října (168 dní). Období s průměrnými teplotami 15 °C a vyššími (tzv. vegetační léto) trvá průměrně přes 3 měsíce, od 27. května do 7. září (Hlušička a kol., 1977).

#### 4.4 Ochrana jezera – PR Černínovsko

Nevšední bohatost fauny a flóry vyskytující se okolo Libišské tůně vedla k postupnému prosazování ochranných zájmů. Státní památkový úřad v Praze vyhlásil v roce 1927 Černínovsko za přírodní rezervaci. Vyhláška byla obnovena výnosem Ministerstva školství, věd a umění pod čj. 146992/50-IV/I ze dne 16. 3. 1950, již byla stanovena rozloha vlastní rezervace, ochranného pásma a ochranné podmínky. PR zahrnovala pouze Libišskou tůň a její výměra byla 10,14 ha. Okolní ochranné pásmo rezervace o rozloze 81,23 ha bylo v roce 2001 přiřazeno k původní PR. Stávající ZCHÚ Černínovsko se tedy rozkládá na ploše 91,4 ha. Předmětem ochrany je

tak odstavené labské rameno a navazující komplex lužního lesa s podílem vodních ploch a mokřadů a s přirozenou skladbou rostlinných společenstev. Ochranné pásmo zaujímá plochu 76,3 ha (zahrnující i část koryta Labe) na území obcí Libiš, Kly, Obříství a Tuhaň. Celé chráněné území včetně ochranného pásma leží v zátopovém území Labe.

Lokalita je součástí regionálního biocentra č. 1480 „Úpor a Kelské louky“ vloženého v rámci nadregionálního biokoridoru K 10 „Labe“.

#### 4.5 Fauna a flóra

Porosty v okolí Libišské tůně jsou tvořeny především společenstvy tvrdého luhu *Fraxino – Populetum* Jurko 1958 a *Ficario – Ulmetum campestris* Knapp ex Medvecká – Kornáš 1952, méně často potom olšinami svazu *Alnion glutinosae* Malcuit 1929 a fragmenty dubohabřin svazu *Carpinion* Issler 1931. Na zmíněné porosty jsou svým výskytem vázány některé významné druhy rostlin jako jsou např. česnek medvědí (*Allium ursinum*), střice pašáchor (*Carex pseudocyperus*), ostřice pobřežní (*C. riparia*), nadmutice bobulnatá (*Cucubalus baccifer*), vodňanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*) (Holub, 2000). Dále se zde z chráněných a ohrožených druhů vyskytují například aron plamatý (*Arum maculatum*), d'áblík bahenní (*Calla palustris*), v mokřadech a tůních kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*). V odstaveném ramenu roste stulík žlutý (*Nuphar lutea*) či okřehek hrbatý (*Lemna gibba* – nejvzácnější ze tří druhů našich okřeheků) (Internet 4). Je zde bohatá fauna bezobratlých (z měkkýšů např. vzácní plži, které popisuje Ložek, 1951). Žijí zde vzácnější druhy střevlíků (např. *Platynus livens*) a drabčků. Bohatá avifauna s garniturou hájových druhů a druhů vázaných na tůně a rákosiny, mj. slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*), cvrčilka říční (*Locustella fluviatilis*), slavík obecný (*Luscinia megarhynchos*), žluva hajní (*Oriolus oriolus*), sedmihlásek hajní (*Hippolais icterina*) (Holub, 2000, Morávková, 2000).

Z vlastních pozorování dále např. hnízdění luňáka červeného (*Milvus milvus*) v roce 2004.

## 5. Zdroje znečištění Libišské tůně

Obrázek 5.1: Areál Spolany a.s. v blízkosti Libišské tůně



Zdroj: Internet (5)

V bezprostředním okolí Libišské tůně neleží žádný plošný zdroj znečištění, jenž by přímo ohrožoval jezero povrchovými splachy z hnojených polí. Nejbližší lokalitě, asi kilometr a půl západně (za silnicí na Mělník), se nachází rozsáhlé plochy orné půdy, potenciálně kontaminující vodu Libišské tůně pouze podpovrchovou cestou. Jejich vliv však zřejmě vzhledem k morfologii terénu nebude významný. Okolí odstaveného ramene tvoří lužní les přírodní rezervace Černínovsko a v jejím ochranném pásmu většinou neobhospodařované louky. Vedle areálu Spolany a.s., bezprostředně přiléhajícímu k Libišské tůni (obrázek 5.1), by tak mohl být potenciálním antropogenním zdrojem znečištění i potok (meliorační vodoteč) zvaný Libišská strouha, obtékající z jihu PR Černínovsko (od odstaveného ramena vzdálený asi 300 m) a ústící do Labe mimo zájmové území. Strouha vytéká z areálu Spolany a ze severu lemuje obec Libiš (přičemž protéká podél drobných chovů drůbeže). Její znečištění perzistentními organickými látkami je značné (TOCOEN, 2003). Případná kontaminace Libišské tůně je tedy za normálních vodních stavů možná pouze podzemní vodou. Samotný tok Labe nepochybně patří k faktorům,

ovlivňujícím kvalitu vody a sedimentu v Libišské tůni. Ovšem vzhledem k velmi omezené povrchové komunikaci s jezerem (kapitola 7.) převládá opět podpovrchová cesta.

### **5.1 Spolana a. s.**

Spolana je jednou z největších chemických továren na území České republiky. Historie Spolany se začala odvíjet koncem 19. století. Národní podnik Spolana Neratovice vznikl v roce 1950. Dnešní akciová společnost vznikla transformací státního podniku v roce 1992. V roce 1898 zde byla zahájena výstavba karbidu vápničku. Kořeny těžké chemie ve Spolaně sahají do roku 1939. V roce 1948 zde byla zahájena elektrolýza chloridu sodného zaměřená především na výrobu chloridu sodného, kapalného chlóru, kyseliny chlorovodíkové, kyseliny sírové, síranu amonného a síranu sodného. Dále se zde byly vyráběny lineární alfa olefiny (do roku 2003), viskózní stříž, dnes především PVC, kaprolaktam a anorganické sloučeniny jako např. louh sodný, kyselina chlorovodíková, chlor apod.

V minulosti se ve Spolaně vyráběly mnohé nebezpečné a dnes již zakázané chemické látky (DDT, lindan, pentachlorfenol atd.). Vyráběl se zde i herbicid 2,4,5-T kontaminovaný dioxiny. Po dlouhé desítky let (od 2. poloviny 20. století) Spolana používá při výrobě chlóru tzv. amalgámovou elektrolýzu (rtuťový elektrolytický proces). V sedmdesátých letech byly dosavadní výrobní prostory nahrazovány novou výrobní kapacitou a v roce 1975 byly staré výrobní prostory plně odstaveny z provozu. V areálu Spolany se tak nachází dvě významné ekologické zátěže. Stará amalgámová elektrolýza a dioxinové objekty.

V sedimentu odstaveného ramena Labe odebraném společností TOCOEN 24. 6. 2002 bylo naměřeno 518,6 pg TEQ dioxinů/g. Ve vzorcích po povodni z 2. 10. 2002 bylo naměřeno 30,7 a 35,6 pg TEQ dioxinu/g. Po povodni vzrostl podíl zamoření nejnebezpečnějším 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinem (TeCDD), který se typicky vyskytuje v odpadech skladovaných ve Spolaně. Podle metodického pokynu MŽP ČR je za tzv. pozadřovou koncentraci dioxinů považován 1 pg TEQ/g. Společnost TOCOEN (2003) provedla pro MŽP tzv. srovnávací cluster analýzu, která měla zhodnotit souvislost znečištění okolí s areálem Spolany a.s. Na základě srovnávání profilů kongenerů byl prokázán vztah mezi profilem v sedimentech areálu a profilem

ve vodě v meliorační strouze. Vztah byl zjištěn i mezi vodou v meliorační strouze a sedimenty ve strouze, výtoku ze Spolany a sedimenty v Labi. Podobnost byla zjištěna i mezi vodou v areálu a sedimenty na lokalitě Libišská tůň.

PCDDs/Fs představují významné riziko pro životní prostředí a jsou v něm dnes prakticky všudypřítomné. Tyto halogenované aromatické sloučeniny představují početnou skupinu polohových a substitučních izomerů vykazujících podobné fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Od ostatních organochlorových sloučenin se výrazně liší především tím, že nemají žádný praktický význam a žádné průmyslové využití. Do životního prostředí vstupují především následkem havarijních událostí, spalovacích a metalurgických procesů, provozem motorových vozidel, únikem ze skládek atd. Expozice těmito látkami je nebezpečná z hlediska jejich toxických, karcinogenních a teratogenních vlastností. Jsou to látky environmentálně velmi stabilní, s vysokým bioakumulačním potenciálem. Jejich persistence v biosféře, dobrá rozpustnost v tucích a pomalý metabolismus způsobuje jejich postupnou kumulaci v živých organismech. Některé z nich mají i vysokou akutní a chronickou toxicitu (TOCOEN, 2003).

## 6. Vznik a vývoj jezera

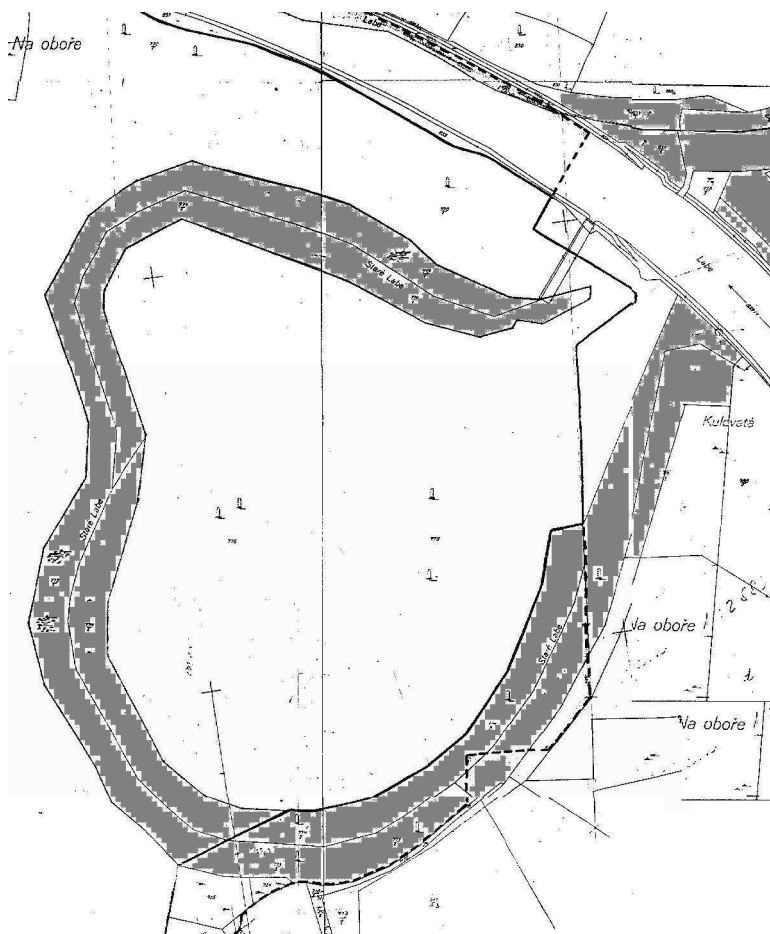
Koryta středních a dolních částí toků nemají zpravidla přímý průběh, ale bývají tvořena zákruty, meandry a vedlejšími rameny. Ta pak ve vývoji fluvialního systému dávají vzniknout poříčním tůňm, slepým a mrtvým ramenům. Tento vývoj nastává přirozeně procesy fluvialní eroze a akumulace. Libišská tůň je však příkladem odstaveného ramene, tedy původně aktivní části říčního toku, která byla oddělena antropogenním zásahem. Během umělého napřimování koryta toku Labe tak došlo k odstavení jednoho z četných meandrů Labe. V odstaveném ramenu tak byly vlivem člověka pozastaveny všechny procesy vázané na hydrologickou dynamiku toku.

Podle sdělení kronikáře obce Libiš Miroslava Sedláka, došlo k odstavení ramene během první etapy regulace Labe v oblasti, probíhající od počátku 19. století až do období okolo roku 1830. Tomu odpovídají i staré mapové podklady. Jak je patrné z mapy pocházející z prvního vojenského mapování (příloha 1), Libišská tůň je v ní ještě stále součástí hlavního koryta Labe. První vojenské topografické mapování (tzv. josefské) probíhalo v českých zemích rakouského císařství v letech 1764 až 1767. Jednotlivé mapové listy byly vyhotoveny v měřítku 1 : 28 800.

Katastrální mapa (obrázek 6.1), vzniklá na podkladu mapy bývalého pozemkového katastru z roku 1842, již zachycuje Libišskou tůň jako odstavené labské rameno, které je na obou koncích od koryta Labe odděleno. Odstavené rameno, na katastrální mapě nazývané Alte Elbe, půdorysem připomínalo tvar písmena "C". Dosahovalo délky okolo 2 850 m (dnes 1 450 m) a vzdálenost mezi oběma konci byla pouhých 80 m. Na mapě pocházející z doby druhého vojenského mapování (příloha 1) je jižní (horní) konec Libišské tůně zkrácen asi o 300 m. Druhé vojenské topografické mapování (tzv. Františkovo) probíhalo v letech 1842 až 1852 (Boguszak et Císař, 1961). Do začátku 20. století pak došlo ještě jednou k zasypání koncového úseku (asi 700 m) jižní části odstaveného ramene (kam dnes z části zasahuje areál Spolany a.s.).



Obrázek 6.1: Katastrální mapa vzniklá na podkladu mapy bývalého pozemkového katastru z roku 1842 (zvýrazněna jsou původní koryta Labe, jež zůstala vyznačená v katastrální mapě) – zmenšeno (přibližné měřítko 1 : 8 000)

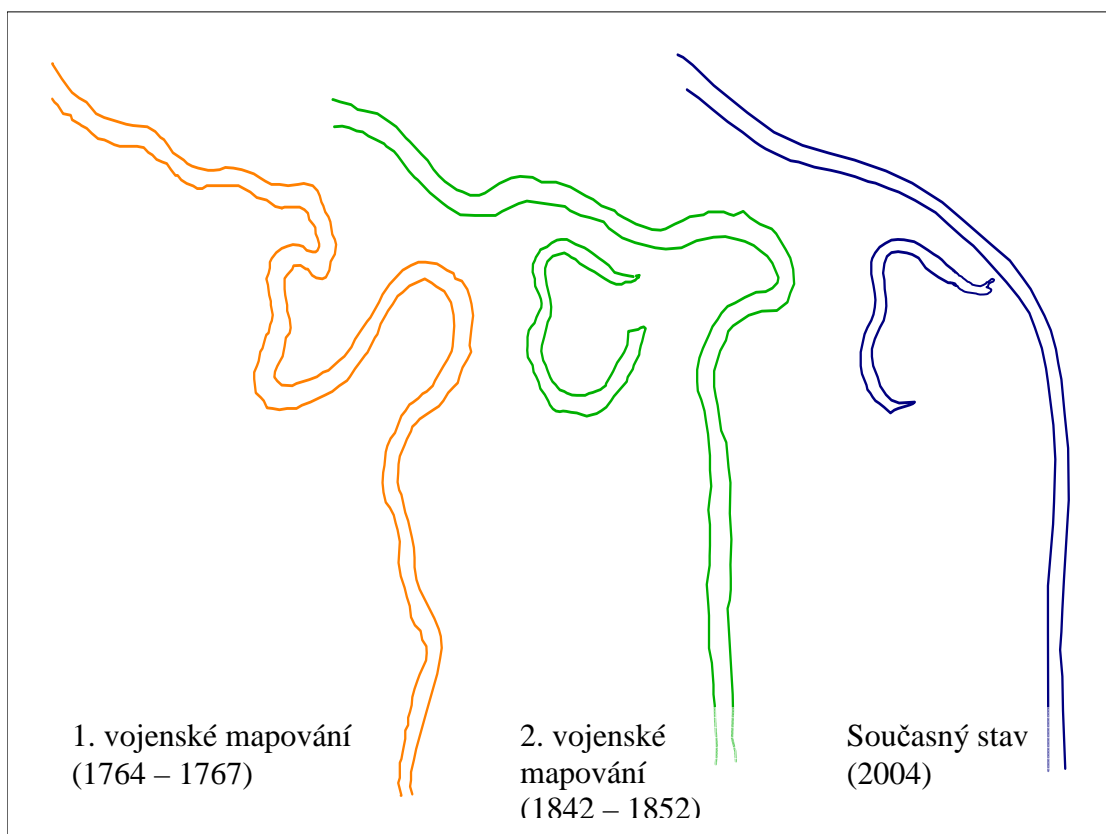


V průběhu vývoje jezera až do současnosti došlo k výraznému zazemnění severního konce odstaveného ramena, a to zejména v důsledku rozsáhlého porostu rákosin, olší a vrb a také vlivem kumulace plavenin při rozlivu 100 až 150 m vzdáleného toku Labe. Vlivem zazemňování severní části ramene došlo ke vzniku “oddělené tůně“ (kapitola 3.2.1). Základní mapa ČR 1 : 10 000 (na obrázku 3.3) však zazemněnou část jezera vůbec nezobrazuje.

Vznik a vývoj Libišské tůně ukazuje přehledný nákres na obrázku 6.2, kde je srovnáno současné koryto Labe a odstavené rameno se starými mapovými podklady. Jednotlivá schémata dílčího říčního systému Labe byla elektronicky překreslena z map prvního a druhého vojenského mapování a současné mapy, které byly transformovány

do stejného měřítka. Menší odchylky v půdorysu koryta u prvních dvou schémata byly způsobeny pravděpodobně hlavně nepřesnými měřicími metodami, zejména v případě prvního vojenského mapování, kdy byly vzdálenosti určovány krokováním nebo odhadem a celkový mapový obraz tak byl značně zkreslen (Tichý et Švec, 1970).

Obrázek 6.2: Vznik a vývoj Libišské tůně



## 7. Morfometrie jezera

### 7.1 Půdorysná a batymetrická měření

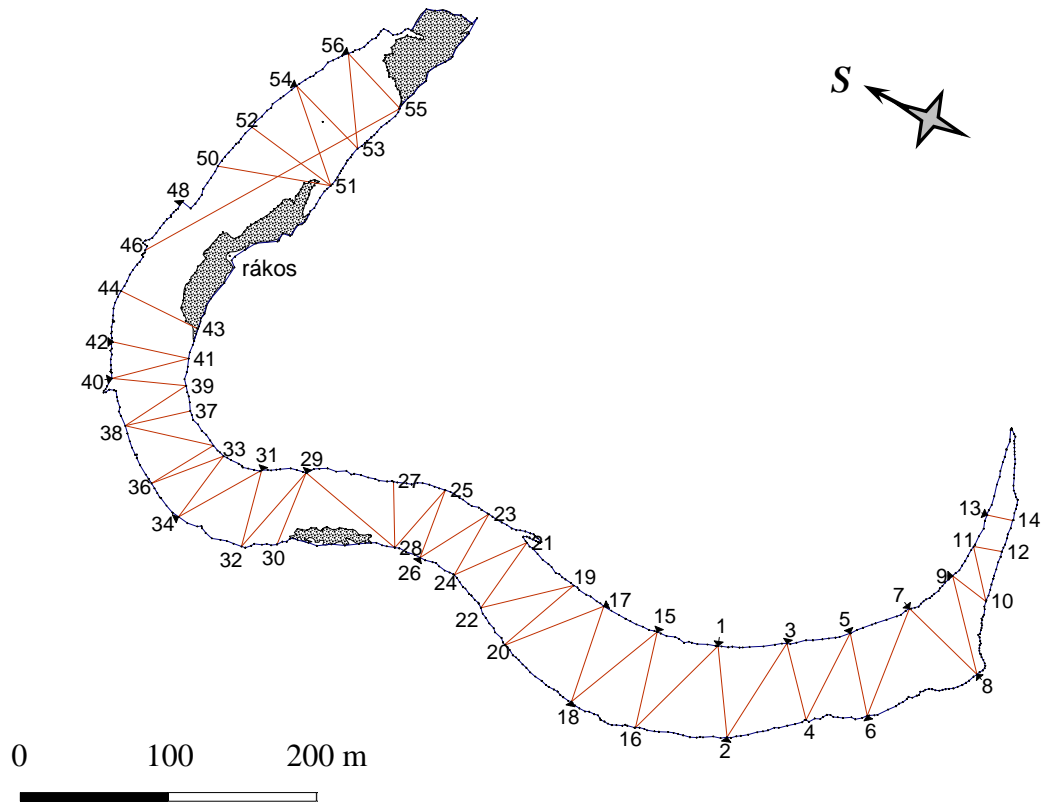
Vyměření půdorysu jezera se uskutečnilo 28. ledna 2004. Zimní období bylo pro vyměření břehové linie zvoleno záměrně. Vzrostlé stromy, padlé kmeny a v průběhu vegetační sezóny i poměrně vysoké a husté bylinné a křovinné patro lužního lesa, bezprostředně lemující břehovou linii jezera, zcela znemožňovaly provádět geodetické práce ze břehu. Vyměření půdorysu ze zamrzlé plochy jezera se tak uskutečnilo při výšce hladiny jezera 158,75 m n. m. To představuje mírně podprůměrnou výšku hladiny jezera během sledovaného roku. Za vyšších vodních stavů však nedochází, v důsledku morfologie břehu podél většiny délky břehové linie, k významnější změně plochy jezera. K rozlivům jezera do slepých a oddělených ramen II. řádu dochází až při vysokých vodních stavech (více kapitola 8.)

Vyměřování bylo prováděno totální geodetickou stanicí. Celkem bylo zaměřeno na břehové linii 769 bodů, přičemž jejich průměrná vzdálenost byla okolo 4,1 m. V programu MapInfo Professional v. 5.0 byla na základě vyměřených bodů vykreslena břehová linie (a lokalizace rákosin).

Batymetrická měření byla provedena 31. března 2004. Hladina jezera se tehdy nacházela v nadmořské výšce 158,99 m, což představuje sice nadprůměrný stav vzhledem k sledovanému období, avšak z dlouhodobého pohledu se jedná o vodní stav průměrný (blíže následující kapitola 8.). Proto byly k sestrojení batymetrické mapy a morfometrickým výpočtům použity hodnoty hloubek naměřené právě při této nadmořské výšce, přičemž půdorysné hodnoty (z výše popsaných důvodů – nutnost zámrazu hladiny při měření a relativní prostorová stálost břehovky) pochází z vyměřování při stavu hladiny 158,75 m n. m. Při měření hloubek jezera se vycházelo ze 48 příčných profilů. Ty byly stanoveny již při půdorysných měřeních totální geodetickou stanicí a byly ukotveny v číslovaných bodech břehové linie (obrázek 7.1), které byly na břehu zřetelně označeny. Z echolotu, umístěného na gumovém člunu, byly v intervalu pěti metrů odečítány hloubky podél příčného profilu, vyznačeného kevlarovým lankem. Na mělčinách bylo namísto echolotu použito kalibrované latě. Na základě přesně vyměřených kotvících bodů

jednotlivých profilů a získaných hodnot hloubek byla v programu Surfer v. 8.0 vytvořena batymetrická mapa jezera, jež

Obrázek 7.1: Břehová linie jezera a příčné profily pro batymetrická měření

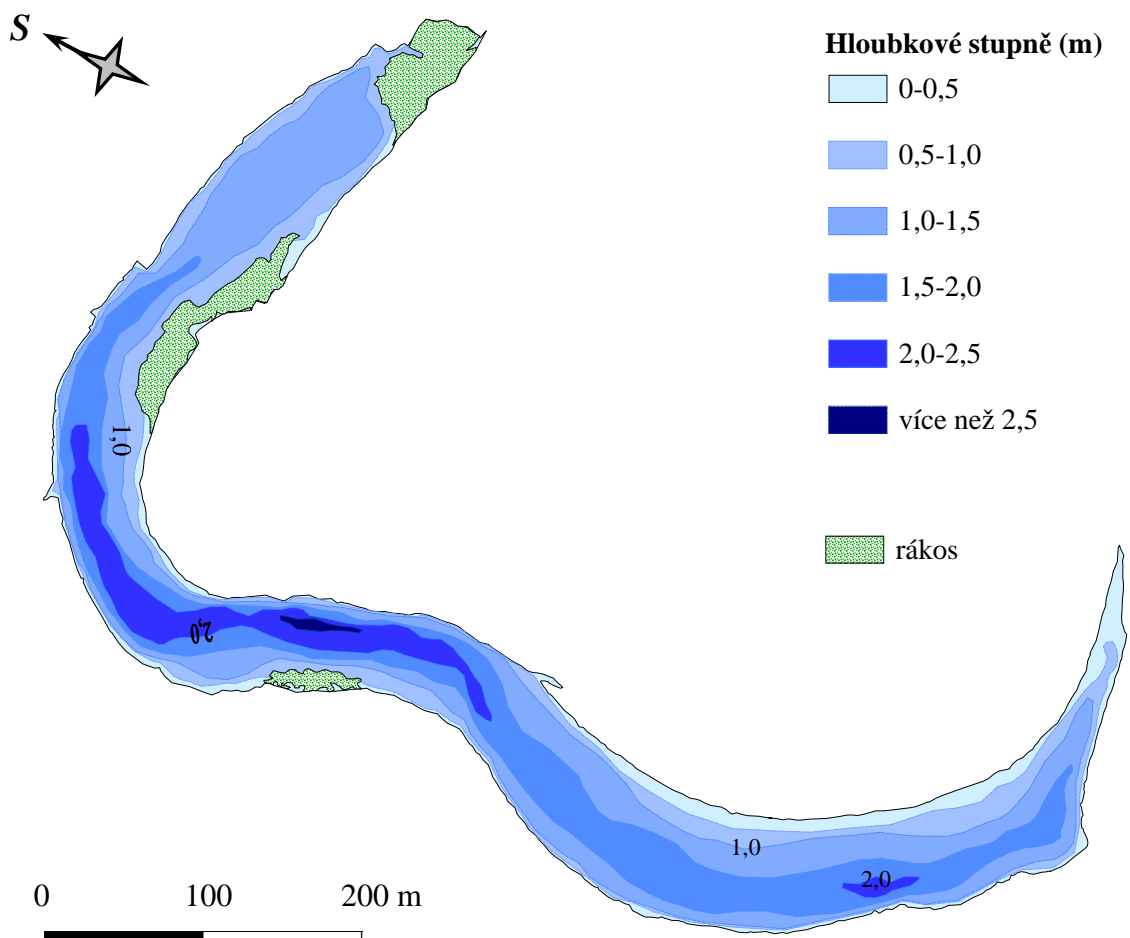


byla ještě v programu MapInfo Professional ručně interpolací zpřesněna. Výsledná batymetrická mapa Libišské tůně je na obrázku 7.2. Objem a plocha jezera, včetně jeho jednotlivých hloubkových stupňů, byly vypočteny v programu Surfer 8.0.

## 7.2 Morfometrická charakteristika jezera

Základní morfometrické charakteristiky Libišské tůně, vyplývající z batymetrické mapy (obrázek 7.2) a z výstupů počítačového zpracování, jsou uvedeny v tabulkách 7.1, 7.2 a 7.3.

Obrázek 7.2: Batymetrická mapa Libišské tůně



Z batymetrické mapy je, přes stáří jezera, dobře patrný průběh proudnice v době, kdy Libišská tůň byla meandrem hlavního koryta Labe. Příčný profil jezerem

je na většině míst odstaveného ramene zřetelně asymetrický. Nejhlubší místa jezera se tak nacházejí u bývalých nárazových (výsepních) břehů, zejména u středního (kde byla naměřena maximální hloubka 2,6 m) a severního zákrutu. Naopak místa nejměhlčí jsou lokalizována u břehů původně nánosových (jesepních) a na obou koncích jezera, zvláště v oblasti severního konce, kde zřejmě dochází k intenzivnějšímu zazemňování vlivem menší vzdálenosti od Labe (během povodňových stavů) a přítomnosti rozsáhlejších porostů makrofyt. Většina mělčin je v severní části porostlá rákosinami. Odlišná morfologie dna obou konců jezera souvisí s vývojem jezera (kapitola 6.), kdy jižní konec byl několikrát zavážen, zatímco severní konec byl od vzniku jezera geomorfologicky utvářen pouze přírodními vlivy.

Tabulka 7.1: Morfometrické charakteristiky Libišské tůně

Veličina	Značka		Hodnota
plocha	P		9,878 ha
délka břehové linie (obvod)	O		3 198 m
délka	L		1 445 m
maximální šířka	B max		94,3 m
průměrná šířka	B prům	P/L	68,4 m
stupeň členitosti břehové linie	R	$O/2\pi\sqrt{(P/\pi)}$	2,87
maximální hloubka	H max		2,60 m
průměrná hloubka	H prům	V/P	1,02 m
hloubkový koeficient	K	H prům/H max	0,392
relativní hloubkový koeficient	K relat	H max/ $\sqrt{P}$	0,0083

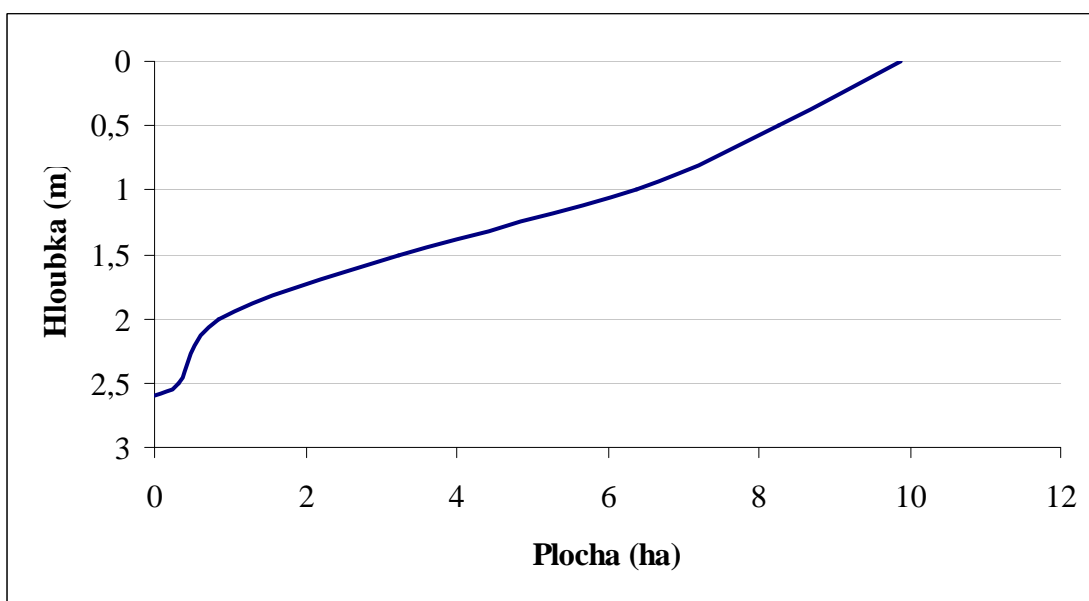
Tabulka 7.2: Morfometrické charakteristiky jezerní pánve I

Hloubka (m)	Plocha vymezená hloubnicí (ha)	Podíl z celkové plochy (%)	Objem pod hloubnicí (m <sup>3</sup> )	Podíl z celkového objemu (%)	Délka hloubnice (m)
0,0	9,878	100,00	100 854,1	100,00	3 198
0,5	8,265	83,67	56 825,8	56,34	2 892
1,0	6,387	64,66	24 577,5	24,37	2 742
1,5	3,233	32,73	6 674,5	6,62	2 267
2,0	0,860	8,71	911,5	0,90	1 045
2,5	0,320	3,24	8,5	0,01	129

Tabulka 7.3: Morfometrické charakteristiky jezerní pánve II

Hloubkový stupeň (m)	Plocha hloubkového stupně (ha)	Podíl na celkové ploše jezera (%)	Objem hloubkového stupně (m <sup>3</sup> )	Podíl na celkovém objemu jezera (%)
0,0 - 0,5	1,613	16,33	44 028,4	43,66
0,5 - 1,0	1,878	19,01	32 248,3	31,98
1,0 - 1,5	3,154	31,93	17 903,0	17,75
1,5 - 2,0	2,373	24,02	5 763,0	5,71
2,0 - 2,5	0,540	5,47	903,1	0,90
2,5 - 2,6	0,320	3,24	8,5	0,01

Obrázek 7.3: Batymetrická křivka Libišské tůně



Libišskou tůň lze rozlohou 9,87 ha řadit mezi relativně velká jezera fluviálního původu v rámci České republiky. Malá průměrná hloubka je pro tento genetický typ jezer charakteristická, v tomto případě činí pouze 1,0 m, s čímž souvisí i relativně malý objem jezera 100 854 m<sup>3</sup>. Přes 40 % celkového objemu se nachází ve vrstvě vody mezi hladinou a hloubkou 0,5 m. Největší plochu (32 % rozlohy celku) zabírá hloubkový stupeň 1,0 – 1,5 m. Vztah mezi hloubkou a plochou jezera je vyjádřen batymetrickou

křivkou na obrázku 7.3. Původ jezera je zjevný i z výrazně protáhlého tvaru. Maximální délka odstaveného ramene (1445 m) je patnáctinásobkem jeho maximální šířky, přičemž šířka průměrná dosahuje pouze 68 m.

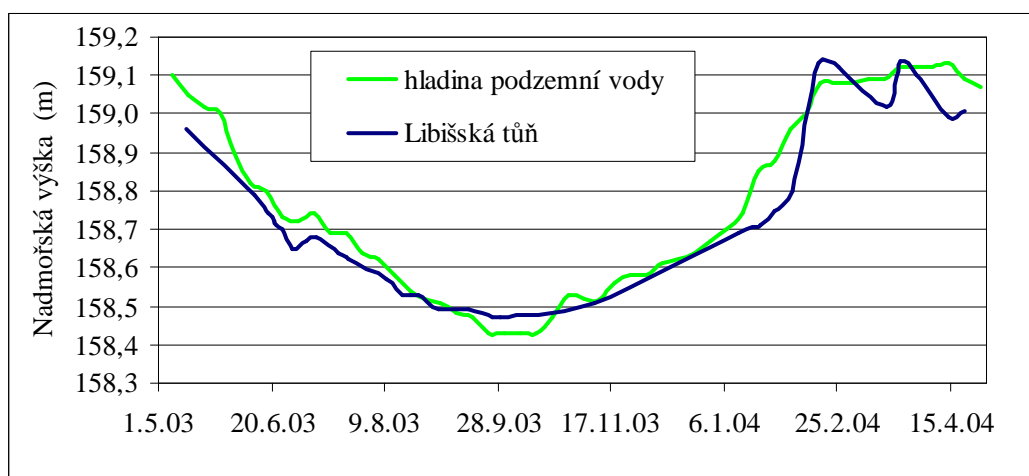


## 8. Hydrologický režim jezera

Libišská tůň je již více než 160 let oddělena od toku Labe, kterého bývala součástí (kapitola 6.), a stala se tak autonomním hydrologickým prvkem, jehož hydrologický režim však nadále zůstává výrazně závislý na dynamice řeky. Před výstavbou jezů Lobkovice a Obříství bývalo odstavené rameno zaplavováno vodou z rozvodněného Labe daleko častěji a výrazněji, než v současnosti, kdy je Labe v tomto úseku plně regulovaným tokem. Dříve časté a velké povodňové vlny, které zaplavovaly odstavené rameno i přilehlý lužní les několikrát ročně, tak byly regulací významně omezeny.

Hodnoty vodního stavu v jezeře byly během sledovaného období, od května 2003 do dubna 2004 odečítány z vodočtu instalovaného na kovovém profilu upevněném v břehu. Vodní stav byl odečítán průměrně jednou za deset dní (na podzim z technických důvodů méně častěji). Nadmořská výška nuly na vodočtu byla stanovena za nejvyšších vodních stavů v jezeře, kdy souvislá hladina Libišské tůně dosahovala až ke stavidlu u koryta Labe, u něhož se nachází bod státní nivelace. Nadmořská výška vodočtu v Libišské tůni tak vzešla z relativního rozdílu mezi hladinou jezera a nivelačním bodem u stavidlového můstku (další dvě opakovaná měření v následujících dnech vyloučila případný větší sklon souvislé hladiny jezera při měření vlivem proudění). Z obrázku 8.2 jsou zřetelné změny nadmořské výšky hladiny Libišské tůně v průběhu roku.

Obrázek 8.2: Vývoj nadmořské výšky hladiny Libišské tůně a podzemní vody



Zdroj dat - stavů hladiny podzemní vody: ČHMÚ

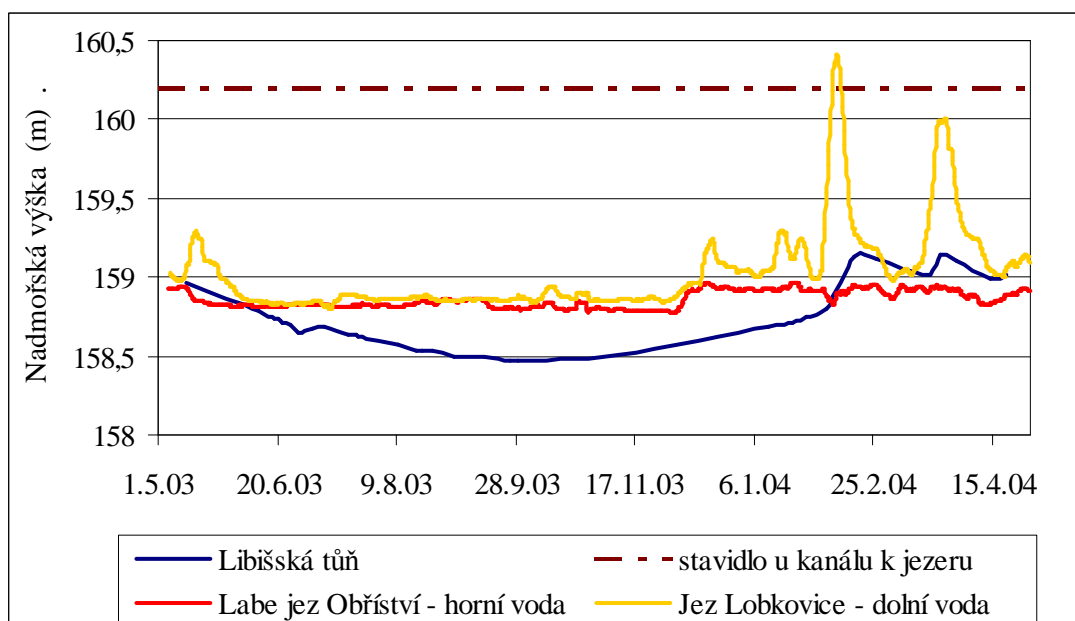
Od počátku sledovaného období (květen 2003) dochází k téměř kontinuálnímu poklesu vodního stavu až do 29. září 2003, kdy hladina jezera poklesla na 158,47 m n.m. Následoval zpočátku ještě mírný, leč nepřetržitý vzestup vodního stavu až do 17. února 2004, kdy byla v Libišské tůni zaznamenána maximální nadmořská výška hladiny 159,13 m n.m. Maximální amplituda vodního stavu v jezeře tak během sledovaného období činila 66 cm.

Vzhledem k tomu, že do jezera neústí žádný vodní tok, je jeho hydrologický režim ovlivněn pouze výškou hladiny podzemní vody a řekou Labe – její povrchovou komunikací s ramenem, ale zejména však významnou determinací hladiny podzemní vody v labské říční nivě. Povrchový srážkový ron do jezera má vzhledem k morfologii příbřežní oblasti zanedbatelný vliv. Srovnání hladiny Libišské tůně a podzemní vody je provedeno na obrázku 8.1. Stav hladiny podzemní vody, poskytnuté Českým hydrometeorologickým ústavem v Praze, byly sledovány ve vrtu (VP0699 Neratovice) nacházejícím se asi 200 m jižně od jezera, při hranici lužního lesa (obrázek 8.5), jednou za týden. Hladina jezera byla v průběhu sledovaného období výše oproti hladině podzemní vody pouze za extrémních stavů v jezeře (nejnižším i nejvyšším), přičemž vyšší nadmořská výška hladiny oproti podzemní vodě za nejnižších vodních stavů v roce, je způsobena zřejmě výrazně kratší vzdáleností ramene od Labe (oproti vrtu). Téměř shodný průběh obou křivek dokumentuje zjevnou závislost vodního stavu v Libišské tůni a hladiny podzemní vody. Zřetelná oscilace vodního stavu Libišské tůně na konci sledovaného období (vzhledem k setrvalému stavu hladiny podzemní vody) poukazuje na převládající přímý vliv řeky Labe na výšku hladiny v jezeře za vysokých vodních stavů v Labi. Z obrázku 8.2 je tak zjevný relativně shodný vývoj výšky hladiny dolní vody Labe na jezu Lobkovice s vývojem vodního stavu v jezeře na konci sledovaného období (v obou případech na křivce dva výrazné vrcholy). Odstavené rameno se nachází přibližně v polovině vzduť Labe, způsobeného jezem Obříství (vzdáleným asi 2,5 km po proudu) a dosahujícího až k jezu Lobkovice (nacházejícímu se asi 3,5 km proti proudu Labe). Stav horní vody jezu Obříství má ve sledovaném období výrazně vyrovnanější průběh ve srovnání s dolní vodou jezu Lobkovice (na obou jezích byl stav odečítán Povodím Labe, s.p. třikrát denně, z poskytnutých hodnot byl však pro přehlednost vypočten jejich klouzavý průměr s periodou 12, obrázek 8.2).

V současné době koryto Labe od kanálu vedoucímu k Libišské tůni odděluje stavidlo (přílohy 2 obrázek 4), s nímž od roku 1953 nelze pohybovat). Voda z Labe

zřejmě stavidlo během sledovaného období nikdy nepřetekla. Jak je patrné z grafu, nadmořskou výšku stavidla sice mírně překročila hladina Labe pouze jednou (z hlediska klouzavého průměru, avšak krátkodobě i během druhého píku) u jezu Lobkovice – ten je však vzdálen 3,5 km, přičemž horní voda jezu Obříství vykazovala relativně setrvalý stav. Pravděpodobné je však omezené protékání labské vody skrz a okolo již zřejmě nezcela funkčního stavidla. Kanál spojující Libišskou tůň s Labem (za stavidlem) je v současnosti již výrazně zazemněn (místa až do výšky 159,2 m n.m.) a je velmi pravděpodobné, že zazemnění má na vodní stav v Libišské tůni ve vztahu k Labi výrazně vyšší vliv, než stavidlo samotné (obrázek 8.2).

Obrázek 8.2: Vývoj vodního stavu Labe na jezu v Lobkovicích a v Obříství ve srovnání s Libišskou tůň

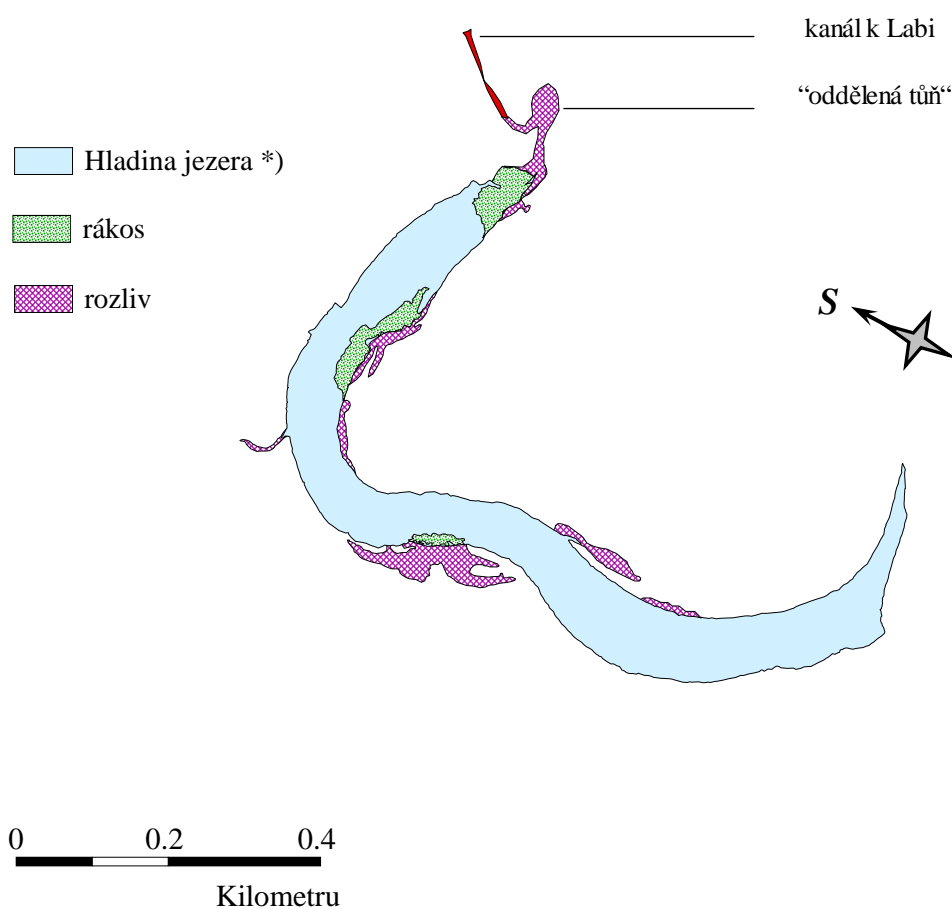


Zdroj dat vodních stavů Labe: Povodí Labe s.p.

Za nejvyšší pozorované výšky hladiny Libišské tůně (159,14 m n.m.) bylo zaznamenáno rozlité jezera do přiléhajících tůní, slepých a mrtvých ramen II. řádu. (obrázek 8.3 – mapa rozlité byla vytvořena mechanickým měřením v terénu, nikoliv již přesnými geodetickými metodami, použitými při vyměřování jezera, kapitola 7.) “Oddělená tůň“ (viz kapitola 3.2.1), spojující rameno a kanál k Labi (obrázek 8.3) je s ramenem propojena souvislou hladinou pouze při vodním stavu vyšším než

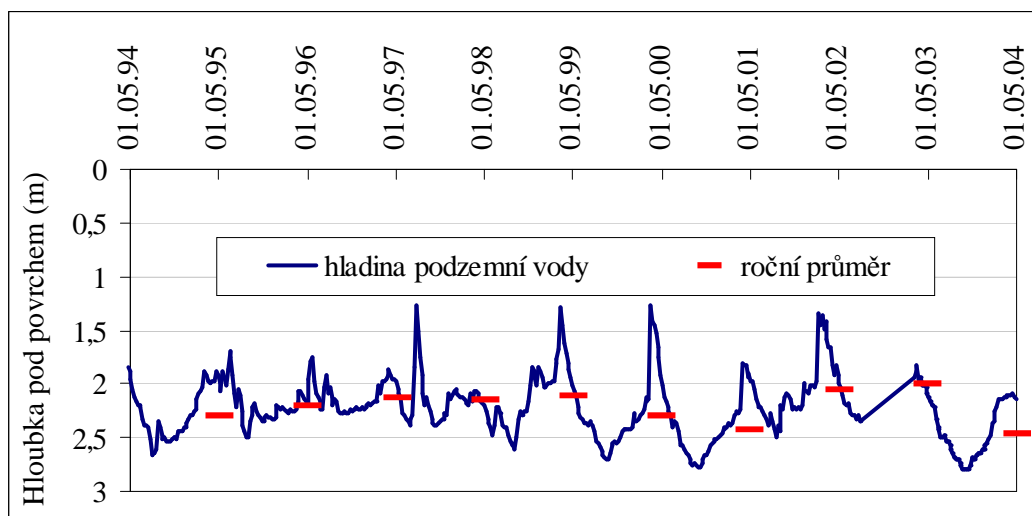
159,02 m. Toto propojení bylo ve sledovaném období zaznamenáno ve všech pozorováních vodních stavů Libišské tůně od 17. února do 31. března. Obě tělesa tak byla propojena pouze v jednom souvislém období v roce.

Obrázek 8.3: Nákres rozlohy Libišské tůně za nejvyššího pozorovaného stavu (během ročního sledování)



\*) – při výšce hladiny 158,75 m n.m.

Obrázek 8.4: Vývoj hladiny podzemní vody za léta 1994 – 2004 a roční průměry

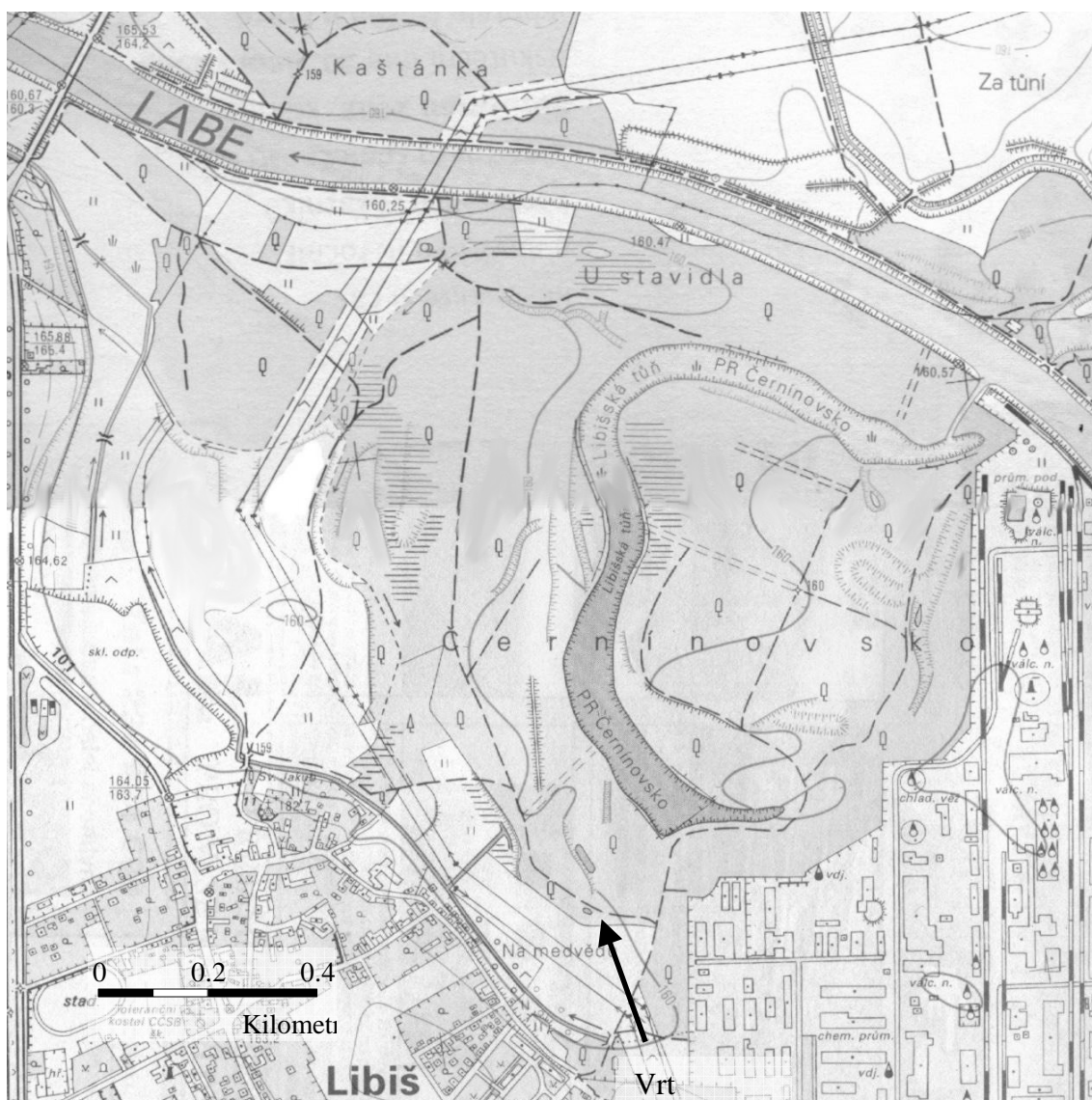


Podle dat ČHMÚ

Průměrná nadmořská výška hladiny Libišské tůně byla ve sledovaném období 158,77 m (vypočtena byla z plochy pod křivkou hodnot vodních stavů). Graf zachycující vývoj výšky hladiny podzemní vody od roku 1994 do roku 2004 s ročními průměry (obrázek 8.4) dokumentuje, že v roce studia Libišské tůně (květen 2003 – 2004) byl roční průměr stavu hladiny podzemní vody za posledních deset let nejnižší. Vzhledem k již výše zmíněné významné pozitivní korelaci mezi výškou hladiny Libišské tůně a hladiny podzemní vody lze říci, že průměrný roční vodní stav v Libišské tůni byl zřejmě oproti dlouhodobému průměru (minimálně deseti let) významně podprůměrný.

Katastrofální povodeň v roce 2002 zasáhla, vlivem zpětného vzduť Labe od soutoku s Vltavou, i oblast Libišské tůně a přilehlého areálu Spolany a.s. Podle svědků události tu voda dosahovala výšky až čtyřech metrů.

Obrázek 8.5: Mapa okolí Libišské tůně s vyznačením lokalizace vrtu VP0699



ČÚZK (1996)

## 9. Fyzikální vlastnosti vody v jezeře

V průběhu sledování jezera, od května 2003 do dubna 2004, byla uskutečněna tři měření vybraných fyzikálních vlastností vody v Libišské tůni. Ta byla provedena přibližně uprostřed jezera (obr. 10.1) za použití gumového člunu. Měřena byla teplota a konduktivita vody, obojí ve vertikálním profilu, dále průhlednost a barva vody. Teplota vody a konduktivita byla zjišťována i při odběrech vody (ze břehu – z hloubky přibližně 0,5 m) pro chemickou analýzu (kapitola 10.). Všechna měření byla provedena vždy okolo 11. hodiny dopoledne.

### 9.1 Teplota vody

Tabulka 9.1: Teplota vody v Libišské tůni (°C)

Hloubka (m)	13.5.2003*	19.6.2003	10.11.2003	17.2.2004*	31.3.2004
0,0		23,3	4,0		7,5
0,5	22,5	23,0	4,0	0,6	7,5
1,0		22,7	4,0		7,5
1,5		22,5	4,0		7,4
2,0		22,4			7,3

\* - asi jeden metr od břehu

Teplota vody v jezeře, vzhledem k jeho velké ploše a malé průměrné hloubce, se relativně rychle během roku mění v závislosti na okolní teplotě vzduchu a intenzitě slunečního záření. Jak je patrné z tabulky 9.1, jsou u jednotlivých vertikálních profilů rozdíly teplot vody při hladině a u dna minimální (nejvyšší naměřený rozdíl činil 0,9 °C dne 19. 6. 2003) nebo nulové (10. 11. 2003). Vlivem driftového proudění je promícháván celý objem mělkého jezera a nedochází proto k sezónní teplotní stratifikaci, ve smyslu vytvoření epi-, meta- a hypolimnion, běžné u hlubších jezer. Tomczak (1963, in Lellák et Kubíček, 1992) uvádí minimální rychlost větru 2 m.s<sup>-1</sup> nad hladinou pro míchání vody do hloubky 1 – 2 m v nádrži. Jezero pravidelně v zimním období zamrzá.

## 9.2 Konduktivita

Konduktivita byla měřena s cílem stanovení přibližné míry koncentrace elektrolytů ve vodě. Disociované organické látky v přírodních vodách ovlivňují vodivost jen málo. Jde proto zejména o koncentraci anorganických iontů. CO<sub>2</sub> ve větší koncentraci sice vodivost zvyšuje, jeho vliv se však obvykle zanedbává (Pitter, 1981).

Tabulka 9.2: Konduktivita vody v Libišské tůni (mS.m<sup>-1</sup>)

<b>Hloubka (m)</b>	13.5.2003*	19.06.2003*	10.11.2003	17.2.2004*	31.3.2004	X	S
<b>0,0</b>			184,0		112,4		
<b>0,5</b>	122,8	146,4	184,6	108,2	113,1	135,0	25,6
<b>1,0</b>			184,8		113,5		
<b>1,5</b>			185,0		114,6		
<b>2,0</b>					114,8		

\* - asi jeden metr od břehu

X - průměrná hodnota

S - směrodatná odchylka

Všechna měření v Libišské tůni (tabulka 9.2) ukázala vysoké hodnoty konduktivity, průměrná hodnota byla 135,0 mS.m<sup>-1</sup>. Voda v jezeře totiž obsahovala, mimo jiné, vysoké koncentrace chloridů, které vodivost významně ovlivňují (více kapitola 10.). Nejvyšších hodnot dosahovala konduktivita dne 10. 11. 2003 (průměr z vodního sloupce dosahoval 184,6 mS.m<sup>-1</sup>), a to zřejmě vzhledem k nízkému vodnímu stavu v jezeře (se kterým je vodivost celoročně v negativní korelaci). V obou naměřených vertikálních profilech je zřejmý plynulý nárůst hodnot konduktivity od hladiny směrem ke dnu jezera, což odpovídá vertikálnímu gradientu vodivosti v tůních, kde je (v důsledku relativně velké plochy dna a malého objemu tůně) celý vodní sloupec výrazně ovlivněn procesy v sedimentech (Pithart et al., 2000).

## 9.3 Průhlednost

Měření průhlednosti vody v Libišské tůni bylo provedeno pomocí Secchiho desky (bílý kotouč o průměru 30 cm).



Tabulka 9.3: Průhlednost vody v Libišské tůni (cm)

<b>Datum</b>	<b>19.6.2003</b>	<b>10.11.2003</b>	<b>31.3.2004</b>	<b>X</b>	<b>S</b>
<b>Průhlednost (cm)</b>	95	70	90	85	9,4

X - průměrná hodnota

S - směrodatná odchylka

Průhlednost vody, jako množství světla pronikajícího vodním sloupcem jezera, dosahovala během roku průměrně 85 cm, což je hodnota pro mezotrofní a hypertrofní nádrže tohoto typu obvyklá. Průhlednost vody je snížena zákalem (turbiditou), ať už způsobeným zvířenými anorganickými částicemi, organickým detritem z rozložené vegetace či zvýšeným rozvojem planktonních organismů (Lellák et Kubíček, 1992). Významnější vegetační zákal, jenž by výrazněji snížil průhlednost vody, nebyl na lokalitě ve sledovaném období pozorován. Největší průhlednost, 95 cm, vykazovala Libišská tůň překvapivě v červnu, kdy byl zjištěn relativně nízký obsah chlorofylu *a*, jenž poukazuje na nižší výskyt fytoplanktonu, než je typické pro toto roční období. Nejnižší průhlednost byla naměřena v listopadu, a to zejména kvůli zvýšenému obsahu zvířeného detritu (pozorovaného ve vzorcích při hydrobiologické analýze).

#### 9.4 Barva vody

Barva vody v jezeře byla stanovena pomocí Secchiho desky spuštěné při zastíněné hladině do hloubky odpovídající polovině průhlednosti (viz výše). Barva vody nad deskou byla následně srovnána s Forel – Uleovou stupnicí, sestávající se z 21 zkumavek s vodnými roztoky  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  a  $\text{CoSO}_4$  smíchanými v přesně stanoveném poměru (Cole, 1979)

Tabulka 9.4: Barva vody v Libišské tůni

<b>Datum</b>	<b>19.6.2003</b>	<b>10.11.2003</b>	<b>31.3.2004</b>
<b>Číslo*</b>	17	17	17
<b>Barva</b>	hnědožlutá	hnědožlutá	hnědožlutá

\* - na Forel – Uleově stupnici

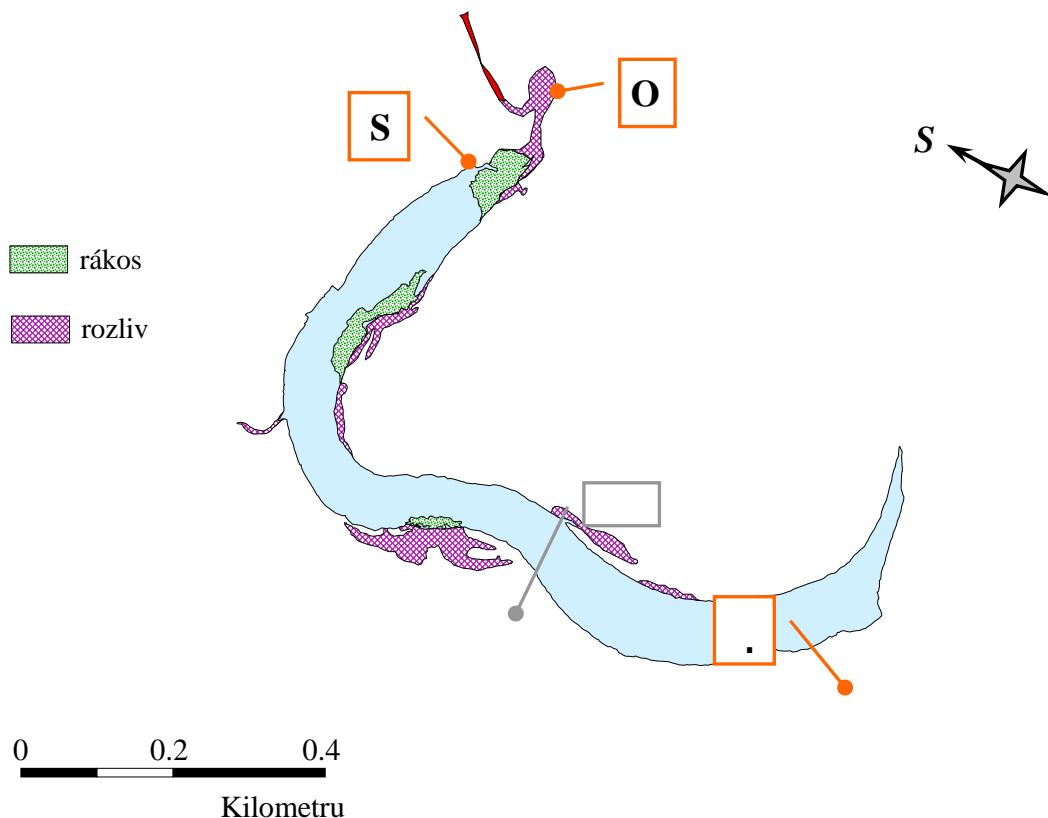
Ve všech třech měřeních během roku měla voda v jezeře stejné, dle Forel – Uleovy stupnice hnědožluté, zbarvení. To bylo způsobeno kromě rozpuštěných látek i barvou suspendovaného detritu a zbarvením planktonu.

## 10. Chemismus vody

### 10.1 Odběr vzorků

Během sledovaného období, od května 2003 do dubna 2004, byly pro analýzu základních hydrochemických parametrů Libišské tůně provedeny čtyři odběry vody. První 13. května, další 19. června, 10. listopadu a 17. února. Vzorky byly odebírány ze tří míst. Místo označené na obrázku 10.1 písmenem “S” se nachází v severní části ramene v blízkosti rozsáhlého porostu rákosin a vodních makrofyt (přestože je objem biomasy submerzních makrofyt relativně malý, jejich vliv na výměnu plynů ve vodě a tím i kvalitu vody samotné, hraje významnou roli (Bican et al., 1986) ). Písmenem “J” je označeno odběrové místo v jižní části odstaveného ramene. Jako “O” je označeno odběrové místo u menší tůně, jež leží mezi severovýchodním koncem odstaveného ramene a kanálem k Labi. Menší tůň je po většinu roku od Libišské tůně oddělena a s ramenem je povrchově propojena pouze za vyšších vodních stavů (blíže kapitola 8. Hydrologický režim).

Obrázek 10.1: Odběrová místa pro chemickou analýzu vody a hydrobiologické rozbory (S, J, O), místo fyzikálních měření (Fyz)



Vzorky vody pro chemickou analýzu byly odebírány necelý metr od břehu z asi půlmetrové hloubky do 1,5 l PET-láhví, pro stanovení rozpuštěného kyslíku a BSK<sub>5</sub> pak do skleněných kyslíkových láhví s přesně určeným objemem, do nichž byla na místě přidána srážecí činidla pro stanovení koncentrace kyslíku. V místě odběru byla také změřena teplota vody.

Bezprostředně po odběrech byly vzorky analyzovány v Laboratoři ochrany vod Ústavu pro životní prostředí PŘF UK.

## 10.2 Metody chemických analýz

U odebraných vzorků bylo stanoveno následujících 16 ukazatelů kvality vody. U každého je uvedena metodika stanovení. Všechny použité metody odpovídají ISO normám EU.

1. pH
  - potenciometrické stanovení
2. Elektrolytická konduktivita
  - stanovení konduktometrem
3. Rozpuštěný kyslík (nasycení rozpuštěným kyslíkem) – O<sub>2</sub> rozp.
  - jodometrická titrace Winklerovou metodou v Alsterbergově modifikaci, přepočítání na nasycení v procentech podle Benefield et Judkins, 1982
4. Biochemická spotřeba kyslíku – BSK<sub>5</sub>
  - standardní zředovací metoda
5. Chemická spotřeba kyslíku při oxidaci manganistanem draselným – CHSK<sub>Mn</sub>
  - manganometrická titrace podle Kubela
6. Kyselinová neutralizační kapacita do pH = 4,5 (celková alkalita) – KNK<sub>4,5</sub>
  - titrace odměrným roztokem HCl na směsný indikátor
7. Tvrdost vody – T<sub>c</sub>
  - chelatometrická titrace
8. Vápník – Ca
  - chelatometrická titrace
9. Chloridy – Cl<sup>-</sup>
  - argentometrické stanovení (podle Mohra)

10. Veškeré železo – Fe
  - kolorimetrické stanovení, po reakci s thiokyanatanem
11. Mangan – Mn
  - kolorimetrické stanovení, po oxidaci persíranem
12. Hliník - Al
  - kolorimetrické stanovení, po reakci s pyrokatechinovou violetí
13. Amoniakální dusík – N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
  - ve formě amonných iontů, iontová chromatografie
14. Dusitanový dusík – N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
  - ve formě dusitanů, kolorimetrické stanovení po kopulaci diazoniové soli  $\alpha$ -naftylaminem
15. Dusičnanový dusík – N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
  - ve formě dusičnanů, kolorimetrické stanovení vzorku bez reagensů
16. Fosforečnanový fosfor – P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>
  - ve formě anorganických fosforečnanů, kolorimetrické stanovení po reakci s molybdenanem amonným a cínatou solí

Podrobněji jednotlivé metody analytických stanovení popisuje Hofmann et al. (1965) a Horáková et al. (1986).

### 10.3 Výsledky chemických rozborů

#### 10.3.1 Průměrné hodnoty ukazatelů, srovnání odběrových míst, časový vývoj jednotlivých ukazatelů

Průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů jakosti vody v Libišské tůni, vzešlých z výsledků chemických rozborů všech odebraných vzorků z odstaveného ramene (tedy bez vzorků z odběr. místa "O"), přináší tabulka 10.1. Je zde uveden aritmetický průměr (X), směrodatná odchylka (S), maximální (MAX) a minimální (MIN) naměřená hodnota ukazatele v souboru výsledků analýz osmi vzorků (čtyři odběry během roku ze dvou míst jezera). Hodnoty parametru rozpuštěný anorganický dusík vzešly ze součtu amoniakálního, dusitanového a dusičnanového dusíku.

Tabulka 10.1: Chemismus vody v Libišské tůni – průměrné hodnoty

Parametr	X	S	MAX	MIN	Třída*	NV
Teplota (°C)	12,59	10,34	23,20	0,60		
pH	7,83	0,61	8,63	6,75	I-III	s
Konduktivita (mS.m <sup>-1</sup> )	138,95	26,66	179,00	105,70	IV	
Rozpuštěný kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	8,18	3,67	16,38	4,75	I	s
Nasycení kyslíkem (%)	71,42	18,16	112,98	55,90		
BSK <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	9,38	3,94	16,79	5,14	IV	n
CHSK <sub>Mn</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	18,52	7,41	31,36	12,00	V	
KNK <sub>4,5</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	5,93	1,11	7,40	4,40		
Tvrdost vody (mmol.l <sup>-1</sup> )	3,76	0,59	4,75	3,00		
Vápník (mg.l <sup>-1</sup> )	123,75	20,55	160,32	100,20	I	s
Chloridy (mg.l <sup>-1</sup> )	260,06	45,36	336,92	214,78	III	n
Železo (mg.l <sup>-1</sup> )	0,06	0,04	0,10	0,00	I	s
Mangan (mg.l <sup>-1</sup> )	1,19	0,90	2,58	0,17	V	n
Hliník (mg.l <sup>-1</sup> )	0,02	0,02	0,04	0,00		
Amoniakální dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	0,24	0,12	0,50	0,12	I	s
Dusitanový dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	0,05	0,03	0,11	0,02		s
Dusičnanový dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	1,21	0,86	2,67	0,34	I	s
Rozp. anorg.dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	1,50	0,93	3,07	0,68		
Fosforečnan. fosfor (mg.l <sup>-1</sup> )	0,11	0,06	0,20	0,03		

\* - Třída jakosti vody podle Klasifikace jakosti povrchových vod ČSN 75 7221 – uvedena pouze vzhledem k průměru ze tří nejnepříznivějších hodnot dílčího jakostního ukazatele

NV - Nařízení vlády č.61/2003 Sb. (s – splňuje, n – nesplňuje)

Některé průměrné hodnoty jakostních parametrů vody Libišské tůně jsou srovnány s Nařízením vlády č.61/2003 Sb. (internet 1). Pro přehlednost a snadnější orientaci jsou průměry třech nejnepříznivějších hodnot (odběrů) vybraných dílčích ukazatelů jakosti vody srovnány s limitními hodnotami ČSN 75 7221 - Klasifikací jakosti povrchových vod (po novelizaci v roce 1998), jež kategorizuje povrchové vody podle jejich jakosti do pěti tříd (tabulka 10.2). Obvykle se povrchové vody klasifikují podle normy na základě tzv. charakteristické hodnoty, za jistých podmínek je však možné vybrat tři nejnepříznivější odběry z pohledu dílčího ukazatele jakosti vody a použít jejich průměr. Aby však mohla být plnohodnotně jakost vody v jezeře hodnocena podle výše uvedené normy, bylo by zapotřebí prodloužit sledované období na dva roky a zvýšit četnost odběrů vzorků. Proto je srovnání s třídami jakosti vody pouze orientační.

Tabulka 10.2: Definice tříd jakosti povrchových vod podle ČSN 75 7221

<b>I. třída</b>	<b>velmi čistá voda</b> - stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích
<b>II. třída</b>	<b>čistá voda</b> - stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého vyváženého a udržitelného ekosystému
<b>III. třída</b>	<b>znečištěná voda</b> - stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému
<b>IV. třída</b>	<b>silně znečištěná voda</b> – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému
<b>V. třída</b>	<b>velmi silně znečištěná voda</b> - stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

Podle ČSN 75 7221 Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod

Jednotlivé ukazatele jakosti vody v Libišské tůni vykazují, po případném srovnání s klasifikací jakosti povrchových vod, značné rozdíly v (třídě) jakosti. Zatímco naměřené hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku, amoniakálního a dusičnanového dusíku, vápníku či železa by odpovídaly 1. třídě jakosti vody, BSK<sub>5</sub>, konduktivita a zejména hodnota CHSK<sub>Mn</sub> i koncentrace manganu by odpovídaly silně a velmi silně znečištěné vodě (4. a 5. třída jakosti vody).

Hodnoty elektrolytické konduktivity v Libišské tůni, z hlediska přírodních vod relativně vysoké (průměrně 139 mS.m<sup>-1</sup>), svědčí o zvýšeném obsahu iontově rozpuštěných látek (elektrolytů). Z analyzovaných ukazatelů (uvedených v tabulce 10.1) se jedná zejména o zvýšený obsah chloridových aniontů a vápenatých kationtů. Konduktivita je v Libišské tůni ve významné negativní korelaci s vodním stavem v jezeře. Nejvyšších hodnot tak elektrolytická konduktivita nabývala v polovině listopadu, v období nejnižších vodních stavů. Tehdy byla na severním odběrovém místě naměřena maximální hodnota 179 mS.m<sup>-1</sup>. V oddělené tůni je průměrná roční hodnota konduktivity oproti ramenu téměř poloviční. Rozdílný je i vývoj konduktivity v tůni během roku – maximum (92 mS.m<sup>-1</sup>) tu bylo dosaženo v polovině února (za nejvyššího

Tabulka 10.3: Chemismus vody v Libišské tůni – srovnání odběrového místa “S” a “J”

Parametr	Arit. průměr		Sm. odchylka		Maximum		Minimum	
	S	J	S	J	S	J	S	J
Teplota (°C)	12,63	12,55	10,32	10,35	23,20	23,10	0,60	0,60
pH	7,70	7,96	0,45	0,71	8,45	8,63	6,75	7,50
Konduktivita (mS.m <sup>-1</sup> )	138,78	139,13	26,94	26,38	179,00	178,00	110,60	105,70
Rozp. kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	7,28	9,08	4,36	2,51	11,31	16,38	4,75	4,93
Nasyc. kyslíkem (%)	64,31	78,52	21,82	9,06	77,99	112,98	55,90	58,02
BSK <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	8,62	10,13	4,06	3,65	14,75	16,79	5,14	6,40
CHSK <sub>Mn</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	18,44	18,60	7,67	7,15	30,72	31,36	13,60	12,00
KNK <sub>4,5</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	6,27	6,50	0,78	0,98	7,40	7,40	5,00	5,50
Tvrdost vody (mmol.l <sup>-1</sup> )	3,71	3,81	0,51	0,66	4,75	4,50	3,00	3,10
Vápník (mg.l <sup>-1</sup> )	126,75	120,74	18,50	22,02	160,32	150,30	104,21	100,20
Chloridy (mg.l <sup>-1</sup> )	259,71	260,41	44,11	46,58	336,92	331,30	219,00	214,78
Železo (mg.l <sup>-1</sup> )	0,06	0,06	0,04	0,04	0,10	0,10	0,00	0,00
Mangan (mg.l <sup>-1</sup> )	1,25	1,13	0,81	0,98	2,58	2,28	0,27	0,17
Hliník (mg.l <sup>-1</sup> )	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,00	0,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	0,29	0,19	0,05	0,14	0,50	0,25	0,14	0,12
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	0,06	0,05	0,03	0,03	0,11	0,10	0,03	0,02
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	1,20	1,21	0,88	0,84	2,66	2,67	0,57	0,34
Rozp. anorg. N (mg.l <sup>-1</sup> )	1,55	1,44	0,87	1,00	3,26	2,88	0,78	0,57
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	0,15	0,08	0,06	0,04	0,20	0,18	0,10	0,03

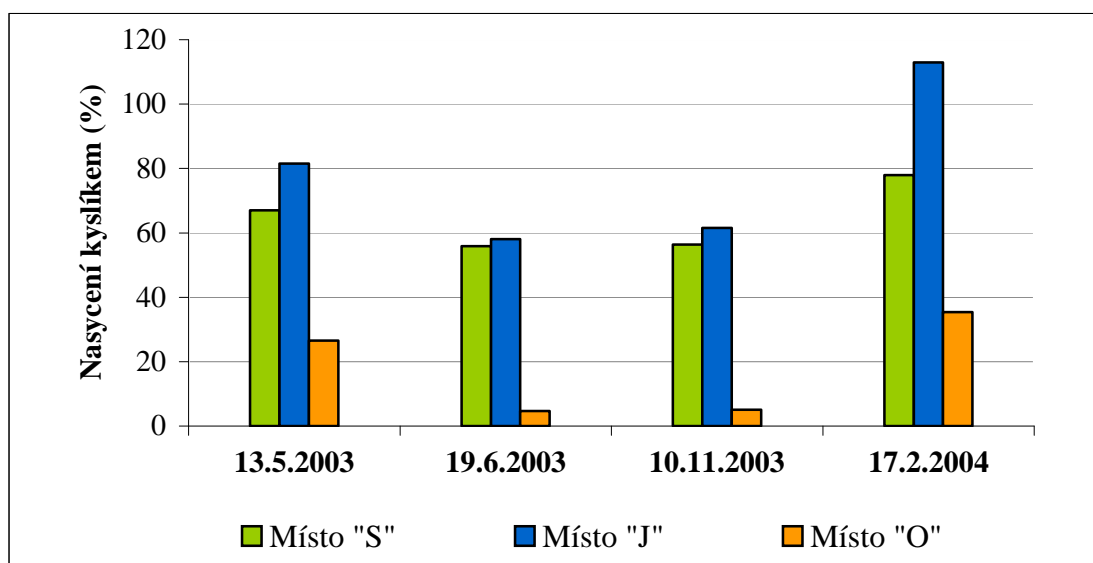
Tabulka 10.4: Chemismus vody v Libižské tůni – odběrové místo “O“

Parametr	X	S	MAX	MIN
Teplota (°C)	11,53	9,44	22,20	0,20
pH	7,70	0,85	9,07	6,76
Konduktivita (mS.m <sup>-1</sup> )	81,05	8,90	92,40	69,00
Rozpuštěný kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	2,16	1,89	5,14	0,40
Nasycení kyslíkem (%)	17,90	13,43	35,42	4,66
BSK <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	18,91	6,71	25,79	8,63
CHSK <sub>Mn</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	21,84	9,62	37,76	12,80
KNK <sub>4,5</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	6,83	0,74	7,50	5,80
Tvrdost vody (mmol.l <sup>-1</sup> )	3,21	0,71	4,25	2,55
Vápník (mg.l <sup>-1</sup> )	102,70	16,37	120,24	80,16
Chloridy (mg.l <sup>-1</sup> )	116,17	31,41	168,46	88,44
Železo (mg.l <sup>-1</sup> )	0,24	0,10	0,34	0,10
Mangan (mg.l <sup>-1</sup> )	1,61	1,29	3,80	0,48
Hliník (mg.l <sup>-1</sup> )	0,02	0,02	0,04	0,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	2,23	1,47	4,08	0,25
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	0,10	0,04	0,16	0,05
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	1,95	0,95	3,07	1,02
Rozp. anorg. dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	4,27	1,61	6,88	2,56
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg.l <sup>-1</sup> )	0,32	0,13	0,48	0,12



zaznamenaného vodního stavu během roku v Libišské tůni) jako důsledek dočasného propojení “oddělené“ tůně s ramenem, v němž, zřejmě díky efektu “ředění“, konduktivita dosahovala naopak nejnižších hodnot v průběhu roku (okolo 110 mS.m<sup>-1</sup>).

Obrázek 10.2: Vývoj nasycení kyslíkem v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)



Nasycenost vody kyslíkem se v Libišské tůni během roku pohybovala okolo 60 až 80 % (obrázek 10.2). Vyšší saturaci rozpuštěným kyslíkem limitoval hlavně zvýšený obsah organického znečištění vody (viz dále), zejména v oddělené tůni (odběrové místo O), kde se při červnových a listopadových odběrech koncentrace kyslíku pohybovala okolo 0,5 mg.l<sup>-1</sup> a nasycenost vody tak byla pouze 5% (vzhledem k přítomnosti intenzivních rozkladných procesů ve vodním prostředí). Aeraci vody zřejmě významně omezoval hustý porost submerzních makrofyt (hlavně okřehek) pokrývající hladinu (příloha 2, obrázek 5). Větší nasycenost vody kyslíkem byla naměřena pouze v únoru v jižní části ramene, zřejmě díky zvýšenému množství fytoplanktonu (projevujícímu se výrazně vyšší koncentrací chlorofylu *a* (kapitola 12. Hydrobiologie).

Vertikální distribuce nasycení rozpuštěným kyslíkem byla měřena oxymetrem z člunu přibližně uprostřed jezera (při měření fyzikálních vlastností – kapitola 9.). U

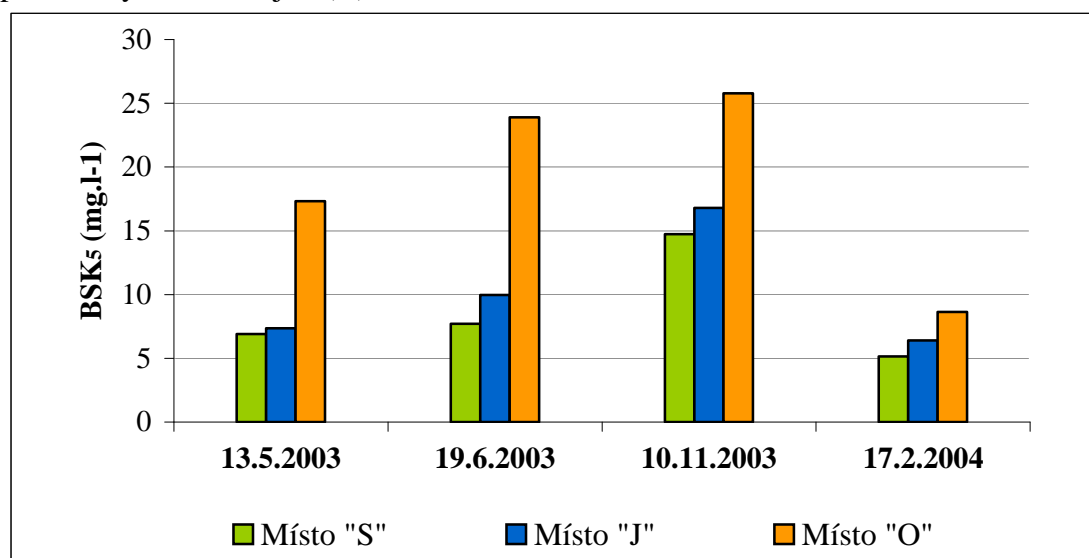
červnového měření (tabulka 10.5) lze pozorovat ubývání kyslíku v jezeře s rostoucí hloubkou, zřejmě v důsledku prokysličování vody blíže hladiny, případně odpovídající vertikální distribuci fytoplanktonu. Další dvě měření, v listopadu a březnu, již podobné vertikální rozvrstvení nevykazovala, zřejmě v důsledku míchání vody v jezeře.

Tabulka 10.5: Vertikální distribuce nasycení kyslíkem (v %)

	19.6.2003	10.11.2003	31.3.2004
hladina	79	79	42
0,5 m	73	78	41
1,0 m	62	96	44
1,5 m	52	80	49
2,0 m	39		52

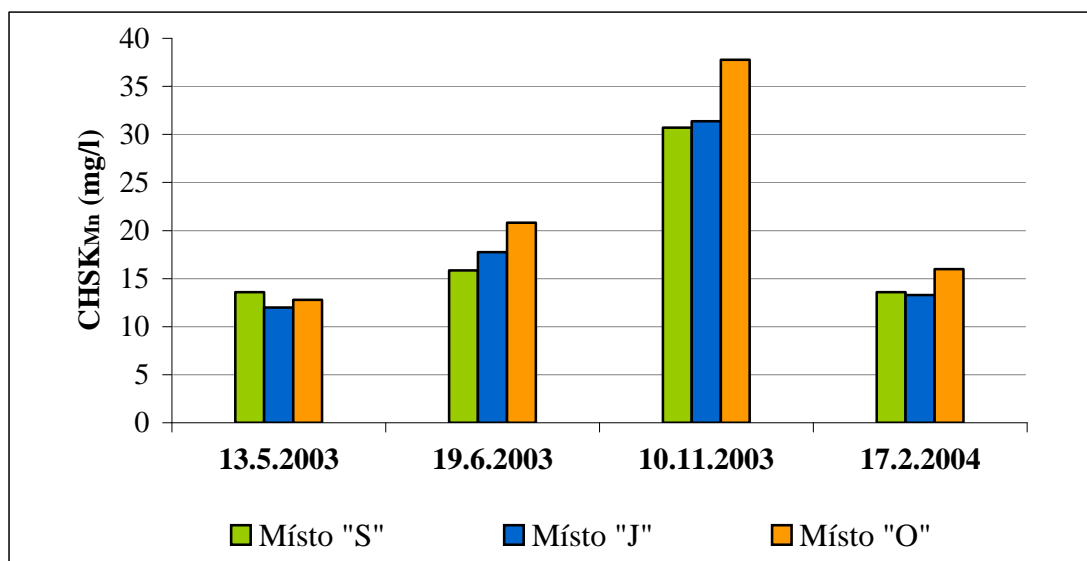
Organické znečištění vody charakterizují ukazatele BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Mn</sub>, jejichž časový průběh je vyneseno na obrázcích 10.3 a 10.4. Oba ukazatele vykazují během roku shodný průběh, přičemž nejvyšších hodnot dosahuje organické znečištění v létě, kdy v jezeře dochází k obměnám ve společenstvu planktonních organismů (více kapitola 11. Hydrobiologie) a především na podzim. Vysoký obsah biologicky rozložitelných organických látek, způsobený listovým opadem z břehových porostů, zvýšeným úhynem planktonních organismů, rákosin či submerzních makrofyt (hlavně v případě

Obrázek 10.3: Vývoj BSK<sub>5</sub> v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)

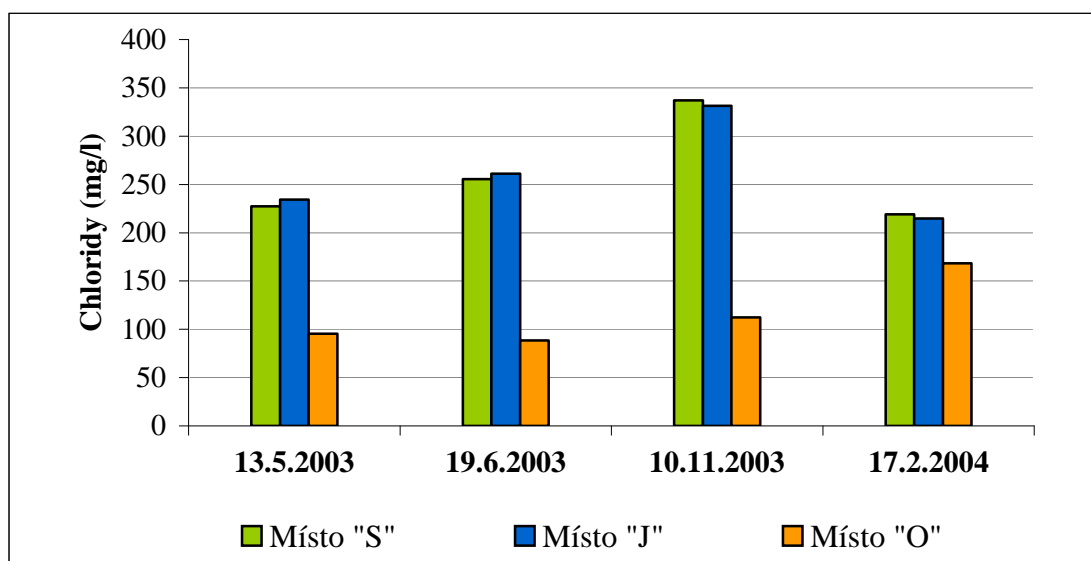


oddělené tůně) vedl v listopadových měřeních ke zvýšeným hodnotám BSK<sub>5</sub>, v ramenu přes 15 mg.l<sup>-1</sup>, v oddělené tůni přes 25 mg.l<sup>-1</sup>. CHSK<sub>Mn</sub> tu dosahovala hodnot přes 35 mg.l<sup>-1</sup> a v ramenu, kde byla koncentrace chemicky rozložitelných org. látek nižší, přes 30 mg.l<sup>-1</sup>.

Obrázek 10.4: Vývoj CHSK<sub>Mn</sub> v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)



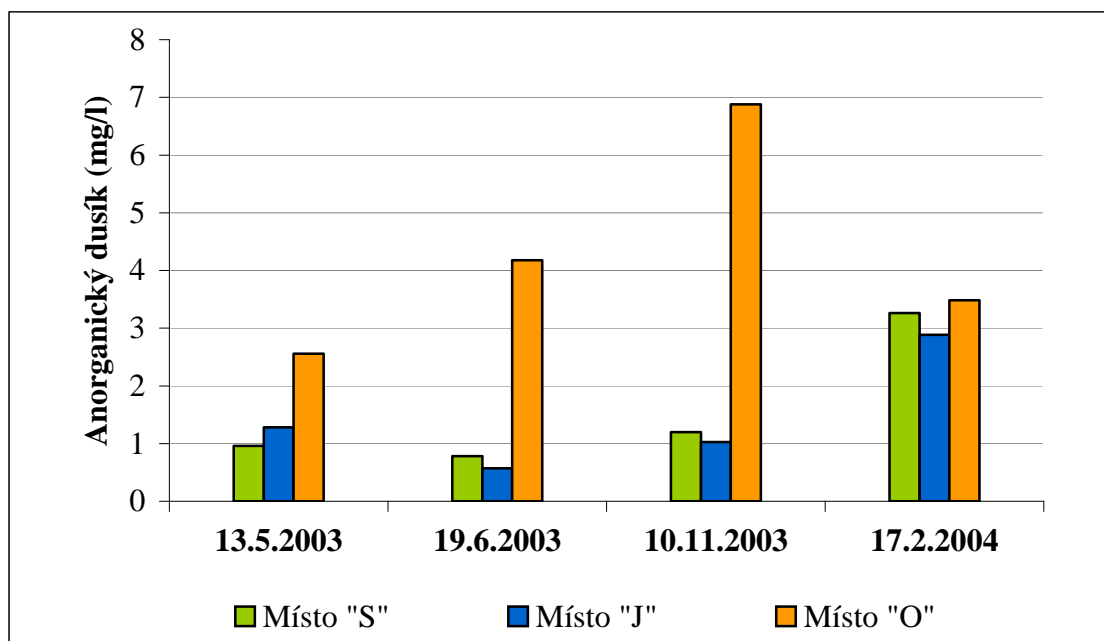
Obrázek 10.5: Vývoj obsahu chloridů v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)



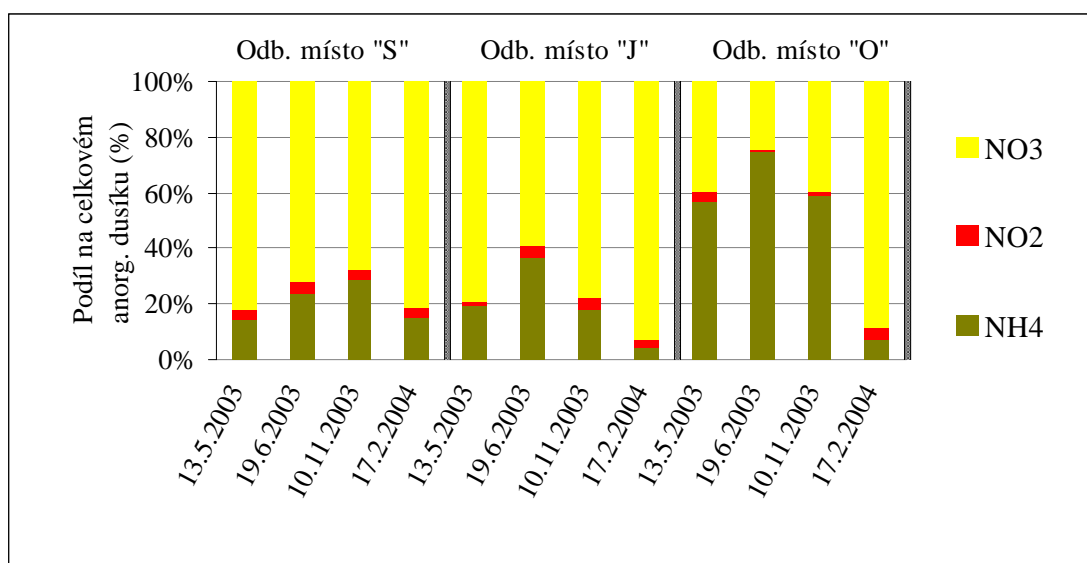
Roční průběh koncentrace chloridů v Libišské tůni (obrázek 10.5) je, stejně jako elektrolytická konduktivita, v negativní závislosti na vodním stavu v ramenu.

Maximální obsahy chloridů tak byly v jezeře naměřeny v listopadu (okolo  $330 \text{ mg.l}^{-1}$ ), v oddělené tůni v únoru – vlivem dočasného propojení “oddělené“ tůně s ramenem (kde byl ve zbytku roku naměřen obsah chloridů dvakrát až třikrát vyšší než v oddělené tůni).

Obrázek 10.6: Vývoj obsahu anorganického dusíku v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)

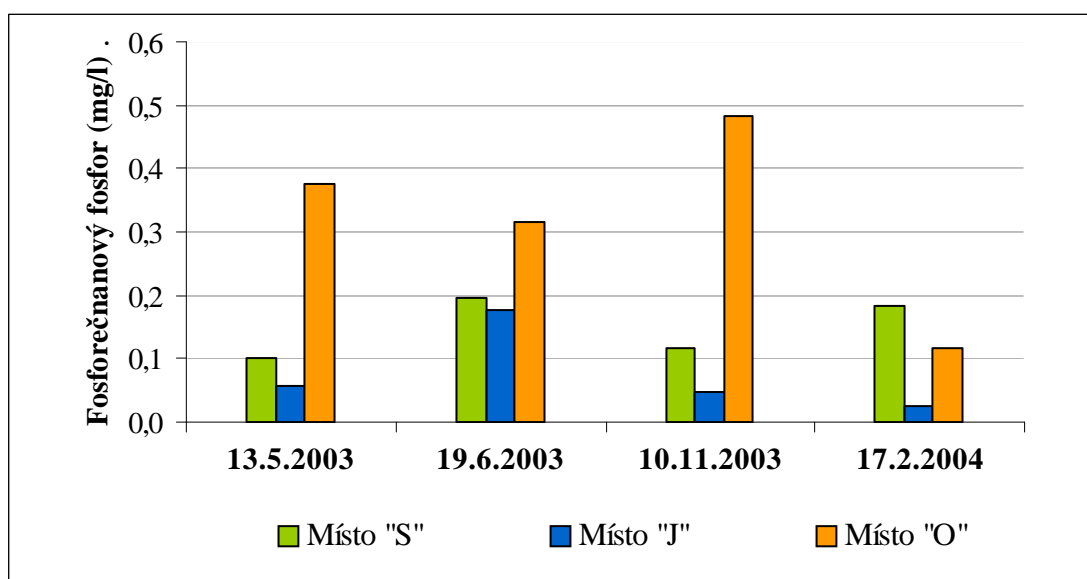


Obrázek 10.7: Vývoj podílu jednotlivých forem anorganického dusíku v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)



Koncentrace anorganicky vázaného dusíku, jako významného ukazatele obsahu živin ve vodě Libišské tůně a podíl jednotlivých forem anorganického dusíku v jednotlivých odběrech během roku ukazují obrázky 10.6 a 10.7. Hodnoty obsahu anorg. dusíku jsou v obou odběrových místech ramene (S a J) velmi podobné, avšak zcela zjevný je rozdíl mezi ramenem a oddělenou tůní, kde byl obsah anorg. vázaného dusíku až šestkrát vyšší (červnový odběr  $6,9 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Vyšší hodnoty v oddělené tůni byly pravděpodobně způsobeny výrazným deficitem rozpuštěného kyslíku (viz výše). V těchto podmínkách proto dominovala redukováná forma anorg. dusíku (amoniakální dusík se tu v červnu podílel na celkovém anorg. dusíku 75 %), navíc fytoplankton, který spotřebovává především amoniak (Lellák et Kubíček, 1992), tu mohl být vlivem zastínění hladiny okřehkem potlačen. V odstaveném ramenu se hodnoty anorganického dusíku pohybovaly okolo  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  (vyšší hodnoty v únoru byly způsobeny absencí rostlinné biomasy, vážící anorg. dusík) a celoročně výrazně dominoval dusík ve formě dusičnanů. Nestabilní dusitany (oxidující se v podmínkách s dostatkem kyslíku rychle na dusičnany) se podílely maximálně 5 %.

Obrázek 10.8: Vývoj obsahu fosforečnanového fosforu v Libišské tůni (S, J) a její oddělené části, s ramenem periodicky komunikující (O)



Fosforečnanového fosforu se po celé sledované období nacházelo v oddělené tůni zřetelně více než v ramenu samotném. Tomu odpovídají i výsledky chemické analýzy sedimentu (viz kapitola 11.), kde byly výrazně nejvyšší koncentrace fosforu

naměřeny právě v oddělené tůni. V přírodě jsou rezervoárem tohoto prvku právě dnové sedimenty obsahující jak organicky tak anorganicky vázaný fosfor (Pitter, 1981). V redukčních podmínkách anaerobního prostředí při dně oddělené tůně docházelo pravděpodobně k desorbaci fosforečnanů ze dna.

Nízké koncentrace hliníku v Libišské tůni jsou zřejmě pouze výsledkem přirozeného zvětrávání hlinitokřemičitanů (živců, slíd) obsažených v podloží. Nejvyšší obsahy manganu, naměřené v polovině února (přes  $2 \text{ mg.l}^{-1}$ ), jsou pravděpodobně důsledkem přechodu manganu akumulovaného v odumřelé rostlinné biomase do okolní vody.

### 10.3.2 Srovnání chemismu vody Libišské tůně, Labe a podzemní vody

Hodnoty ukazatelů jakosti podzemní vody (tabulka 10.6), poskytnuté Českým hydrometeorologickým ústavem, pochází z vrtu (VP0699 Neratovice) nacházejícího se asi 200 m jižně od jezera, při hranici lužního lesa (obrázek 8.5).

Tabulka 10.6: Vybrané chemické ukazatele jakosti podzemní vody ve vrtu Neratovice v roce 2003

<b>Parametr</b>	<b>6. 5. 03</b>	<b>22. 10. 03</b>	<b>Aritmetický průměr</b>
pH	6,70	6,70	6,70
Rozpuštěný kyslík ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	0,90	1,40	1,15
CHSK <sub>Mn</sub> ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	2,60	4,80	3,70
KNK <sub>4,5</sub> ( $\text{mmol.l}^{-1}$ )	9,29	9,94	9,62
Chloridy ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	130,00	96,00	113,00
Mangan ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	2,20	1,90	2,05
Hliník ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Amonné ionty	0,40	0,46	0,43
Dusitany ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	0,04	0,01	0,02
Dusičnany ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	1,80	< 0,01	1,40
Fosforečnan. fosfor ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	0,39	0,58	0,49
Hydrogenuhličitaný ( $\text{mg.l}^{-1}$ )	570,00	610,00	590,00

Zdroj: ČHMÚ

Tabulka 10.7: Kvalita vody v Labi na profilu Obříství v roce 2003

Parametr	Průměr
pH	7,67
Konduktivita (mS.m <sup>-1</sup> )	59,54
Rozpuštěný kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	8,97
BSK <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	3,55
CHSK <sub>Mn</sub> (mg.l <sup>-1</sup> )	4,91
KNK <sub>4,5</sub> (mmol.l <sup>-1</sup> )	2,50
Vápník (mg.l <sup>-1</sup> )	90,85
Chloridy (mg.l <sup>-1</sup> )	35,00
Železo (mg.l <sup>-1</sup> )	0,31
Mangan (mg.l <sup>-1</sup> )	0,17
Hliník (mg.l <sup>-1</sup> )	0,01
Amoniakální dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	0,40
Dusitanový dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	0,07
Dusičnanový dusík (mg.l <sup>-1</sup> )	4,38
Fosforečnan. fosfor (mg.l <sup>-1</sup> )	0,15

Zdroj: ČHMÚ

Po srovnání vody v Libišské tůni a v Labi podle hodnoty konduktivity lze říci, že voda v odstaveném ramenu obsahuje daleko více anorganických elektrolytů. Několikanásobně vyšší je zejména obsah chloridů (průměrně 260 mg.l<sup>-1</sup>) a to i ve srovnání s podzemní vodou. Hodnota reakce vody Libišské tůně (pH = 7,9) je podobná pH labské vody, vyšší v porovnání s (mírně kyselou) podzemní vodou. Hodnota celkové alkality (KNK<sub>4,5</sub>) vody zkoumaného jezera je vyšší než v Labi, avšak výrazně nižší než celková alkalita podzemní vody.

Voda odstaveného ramena je oproti Labi i podzemní vodě výrazně zatížena organickými látkami, čemuž odpovídají mnohonásobně vyšší hodnoty ukazatelů znečištění organickými látkami BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Mn</sub>, přičemž množství rozpuštěného kyslíku je v ramenu i v Labi podobné. Z hlediska obsahu živin jsou hodnoty amoniakálního a dusitanového dusíku mezi jezerem, Labem a podzemní vodou přibližně srovnatelné. Koncentrace dusičnanového dusíku je však v Labi oproti Libišské tůni přibližně trojnásobná. Hodnoty fosforečnanového fosforu byly v jezeře i v Labi podobné, v podzemní vodě byly naměřeny hodnoty vyšší. Zpravidla tomu však bývá v přirozených vodách naopak. V podzemních vodách se fosforečnany obvykle

vyskytují jen ve velmi malých koncentracích, neboť se snadno zadržují v půdách (Pitter, 1981).

Šestinásobně vyšší jsou v průměru koncentrace manganu v Libišské tůni ( $1,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ) oproti labské vodě. Podzemní voda vykazuje obsah manganu ještě vyšší než Libišská tůň.

Zvýšené koncentrace chloridů a jiných anorganických iontů (vysoké hodnoty elektrolytické konduktivity) mají s vysokou pravděpodobností původ v nedaleké Spolaně a.s., kde se sloučeniny chlóru, sírany apod. produkují nebo se ve výrobním procesu používají (viz 5. kapitola Zdroje znečištění).



## 11. Hydrobiologické poměry

Během sledovaného období, tzn. od května roku 2003 do dubna 2004, byl na lokalitě proveden hydrobiologický průzkum. Jeho první částí byla věnována základnímu rozboru fytoplanktonu. Druhá část se skládala z rozboru zooplanktonu a sledování změn jeho velikostní struktury během roku, zejména ve vztahu k predačnímu tlaku planktonožravých ryb. Také k tomu sloužilo srovnání planktonu ramene a oddělené tůně.

Celá hydrobiologická část této komplexní studie Libišské tůně byla zpracovávána na Katedře parazitologie a hydrobiologie (později Katedře ekologie) PŘF UK.

### 11.1 Metodika

Vzorky vody pro rozbor planktonu byly odebírány ze tří stejných míst jako vzorky pro analýzu chemismu vody (obrázek 10.1). Tzn., z místa "S", nacházejícího se v severní části ramene v blízkosti rozsáhlého porostu rákosin a submerzních vodních makrofyt, z místa "J" v jižní části odstaveného ramene a z odběrového místa "O", tj. z menší tůně, jež leží mezi severovýchodním koncem odstaveného ramene a kanálem k Labi. Menší tůň je povětšinou roku od Libišské tůně oddělena a s ramenem je povrchově propojena pouze za vyšších vodních stavů (blíže kapitoly 3.2.1 a 8.). Během sledovaného období byly vzorky fyto- i zooplanktonu odebrány celkem devětkrát (z technických důvodů bylo analyzováno pouze šest odebraných vzorků fytoplanktonu).

#### 11.1.1 Odběr a rozbor fytoplanktonu

Vzorky vody pro analýzu fytoplanktonu byly odebírány necelý metr od břehu asi z půlmetrové hloubky do PET lahví, ve kterých byl fytoplankton fixován Lugolovým roztokem. Počet jedinců jednotlivých taxonů v 1 ml byl stanoven po jednodenní sedimentaci fytoplanktonu ve 2 cm vysokých sedimentačních komůrkách. V nich byly počítány jedinci uvnitř vlasového čtverce okuláru převráceného mikroskopu, přičemž počet individuí byl následně přepočten na objem vody nad

čtvercem v sedimentační komůrce. Každá komůrka byla propočítávána parciálně, za náhodného výběru polí (čtverců) rozložených po celé ploše komůrky.

Ze stejných míst ramena jako fytoplankton (tedy S a J) byl třikrát za sledované období odebrán i vzorek vody (1 ml vody byl přidán k 9 ml acetonu) pro následné stanovení koncentrace chlorofylu *a* v jezeře.

### 11.1.2 Odběr a rozbor zooplanktonu

Zooplankton byl odebírán planktonní sítí (o velikosti ok 40  $\mu\text{m}$ ) vrženou z břehu a taženou mírně pod hladinou. Vzorek byl v epruvetě fixován 40% vodným roztokem formaldehydu v takovém poměru, aby výsledná koncentrace formaldehydu ve vzorku byla přibližně 4%.

Měření velikostní struktury zooplanktonu bylo provedeno na počítači v programu QuickPhoto a Lucia po nasnímání (kamerou mikroskopu při relativně menším zvětšení) dílčí plochy vzorku zooplanktonu pod krycím sklem. Taxonomicky zařazen, digitálně nasnímán a změřen byl vždy každý jedinec pod krycím sklem. V každém vzorku bylo změřeno okolo 300 jedinců.

Délka jedince byla měřena podle, hydrobiology užívané, definice délky pro jednotlivé skupiny zooplanktonu (McCauley, 1984 in Aigle, 1996). U zástupců skupiny *Cladocera* byla délka měřena od horního okraje hlavy po místo ukotvení ocasního ostnu, u zástupců skupiny *Copepoda* od proximálního konce cephalothoraxu až po urosom bez koncových furkálních větví (viz příloha 2 obrázek 8). U ostatních organismů se celková délka měřila jako jejich normální délka.

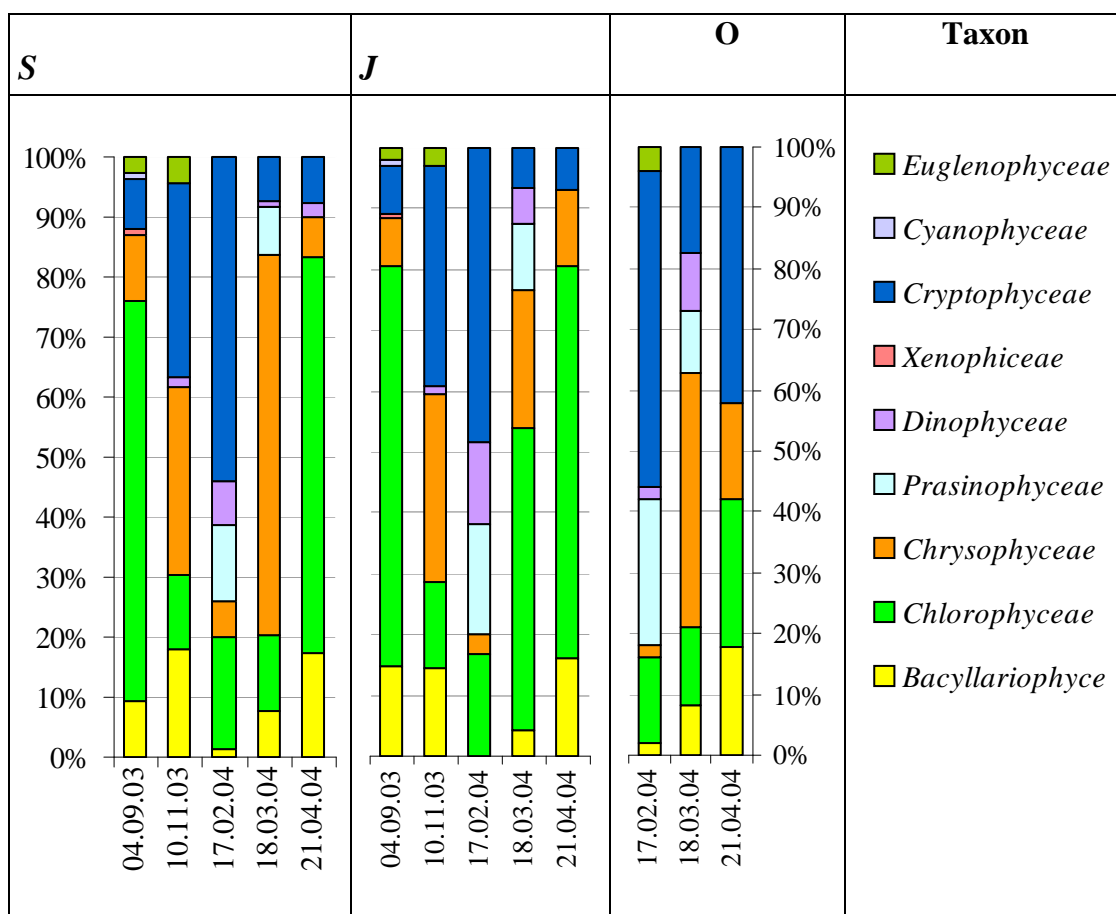
Jednotlivé délky zooplanktonu byly kategorizovány do velikostních tříd. Interval každé třídy byl stanoven na 0,15 mm, přičemž názvem jednotlivých velikostních tříd (kategorií) je příslušný střed intervalu. Třídy byly hodnoceny podle relativního počtu jedinců ve velikostní třídě a podle relativní sumy délek jedinců ve třídě (byly sečteny délky všech jedinců ve velikostní třídě a výsledek byl vydělen součtem délek všech jedinců ve vzorku).

## 11.2 Výsledky hydrobiologických rozborů planktonu

### 11.2.1 Fytoplankton Libišské tůně

Vývoj relativního zastoupení jednotlivých taxonomických skupin ve vzorcích ze třech odběrových míst dokumentuje obrázek 11.1. Tabulka 11.1 potom ukazuje vývoj početní zastoupení jedinců jednotlivých taxonů zastoupených ve vzorku.

Obrázek 11.1: Vývoj relativního zastoupení jednotlivých taxonomických skupin ve vzorcích ze třech odběrových míst (S, J, O)



Tabulka 11.1: Vývoj počtu jedinců jednotlivých taxonů fytoplanktonu (ind.ml<sup>-1</sup>)

Taxon	4.9.03		10.11.03		17.2.04			18.3.04			21.4.04		
	S	J	S	J	S	J	O	S	J	O	S	J	O
<b>Bacillariophyceae</b>													
<i>Cyclotella</i> sp.	649	2599	2079	706	-	-	-	508	351	-	318	266	195
<i>Nitzschia gracilis</i>	-	-	-	-	132	-	-	686	-	-	-	-	-
<i>Synedra acus</i>	-	-	1733	1977	-	-	-	1067	-	487	212	399	1759
<i>Gomphonema</i> sp.	-	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naviculaceae	-	-	-	-	-	-	71	1017	334	1059	1165	726	225
<b>Chlorophyceae</b>													
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	363	-	-	-	-	-	-	-
<i>Closterium limneticum</i>	351	347	116	-	-	-	-	-	-	-	318	121	98
<i>Closteriopsis</i> sp.	-	-	-	-	397	1089	212	-	-	-	1271	1089	586
<i>Coelastrum</i> sp.	176	173	-	-	-	-	-	-	217	-	244	182	293
<i>Crucigenia fenestrata</i>	203	924	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crucigenia quadrata</i>	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlamydomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	3431	5852	2202	-	-	-
<i>Lagerheimia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	318	121	-
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	703	1964	578	353	1059	545	-	254	502	212	212	242	489
<i>Monoraphidium contortum</i>	243	751	-	-	662	726	282	-	-	-	529	484	1173
<i>Oocystis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106	-	-
<i>Pediastrum duplex</i>	378	1040	-	282	-	-	-	-	-	-	-	145	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	1271	3927	693	847	-	-	-	1372	635	-	1377	1452	-
<i>Scenedesmus apoliensis</i>	297	1213	347	424	-	-	-	-	-	-	148	157	-
<i>Scenedesmus</i> sp.	487	693	924	565	-	-	-	381	502	-	339	375	-
<i>Staurastrum</i> sp.	108	289	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron caudatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	318	242	391
<i>Tetraedron</i> sp.	324	578	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
menší chloro- kokální řasy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1271	968	-
<b>Chrysophyceae</b>													
<i>Chrisococcus</i> sp.	757	1514	6700	5647	397	182	-	280	535	445	635	1089	1955
<i>Chromulina</i> sp.	-	-	-	-	265	363	71	26684	3009	7412	-	-	-
<b>Prasinophyceae</b>													
<b>Scourphil</b>													
<b>dia</b> sp.	-	-	-	-	1456	2904	847	3304	1672	1906	-	-	-
<b>Dinophyceae</b>													
<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	347	282	794	2178	71	432	903	1800	244	-	-
<b>Xenophyceae</b>													

Taxon	4.9.03		10.11.03		17.2.04			18.3.04			21.4.04		
	S	J	S	J	S	J	O	S	J	O	S	J	O
<i>Goniochloris mutica</i>	54	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cryptophyceae</b>													
<i>Cryptomonas</i> sp.	595	1444	5314	3388	2780	3993	988	2795	635	2330	424	363	3910
<i>Rhodomonas</i> sp.	-	-	1617	3247	3309	3812	847	381	401	974	318	242	1271
<b>Cyanophyceae</b>													
<i>Anabaena flos-aquae</i>	54	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Euglenophyceae</b>													
<i>Trachelomonas volvocina</i>	189	347	924	565	-	-	141	-	-	-	-	-	-
<b>Celkem jedinců</b>	<b>6 894</b>	<b>18 078</b>	<b>21 370</b>	<b>18 424</b>	<b>11 251</b>	<b>16 155</b>	<b>3 530</b>	<b>42 592</b>	<b>15 549</b>	<b>18 827</b>	<b>9 763</b>	<b>8 665</b>	<b>12 345</b>

Graf (na obrázku 11.1) dokládá (v analyzovaných vzorcích od září do dubna) téměř shodný vývoj relativního zastoupení jednotlivých taxonomických skupin v obou odběrových místech ramena (S a J), zatímco “oddělená“ tůň vykazuje vývoj výrazně odlišný, přičemž v době dočasného propojení s ramenem (únorový a březnový odběr) je poměr skupin fytoplanktonu velmi podobný. Absolutní četnost zástupců jednotlivých druhů (rodů) se někdy významně liší.

V září fytoplanktonu Libišské tůně dominovala skupina *Chlorophyceae* (asi 70 %) a v ní zejména rody *Scenedesmus* a *Monoraphidium*. Pouze v září se ve fytoplanktonu jezera vyskytovaly sinice, slabě zastoupené jediným druhem *Anabaena flos-aquae*. Celkový počet jedinců všech taxonů fytoplanktonu v 1 ml byl na jižním odběrovém místě třikrát vyšší než u vzorku severního. (Vzorek z oddělené tůně nemohl být (stejně jako v listopadu), pro její nedostupnost způsobenou nízkým vodním stavem, odebrán). V listopadovém vzorku bylo zastoupení skupin přibližně vyrovnané, přičemž třídu *Chrisophyceae* (podílejí se 35 %) reprezentoval pouze rod *Chrisococcus*. Únorové vzorky ze všech tří odběrových míst ukázaly dominanci třídy *Cryptophyceae*. Významněji byly zastoupeny i skupiny *Chlorophyceae* a *Prasinophyceae* (rod *Scourphildia*). V “oddělené“ tůni (přes existující propojení

s ramenem) byla absolutní četnost jedinců fytoplanktonu vzhledem k ramenu několikanásobně nižší. Ve všech únorových vzorcích byla zaznamenána nejnižší druhová diverzita. Březnový vzorek ze severního odběrového místa se od vzorku “J“ a “O“ odlišoval dominancí třídy *Chrisophyceae*, kde jednoznačně dominoval rod *Chromulina*, jenž se zhruba 27 tisíci jedinci na 1 ml podílel na celkovém fytoplanktonu téměř 60 %, žádný jiný rod ve všech analyzovaných vzorcích podobné hodnoty nedosáhl. V dubnových vzorcích z ramene byl zaznamenán významný rozvoj skupiny *Chlorophyceae*. V opět oddělené tůni dochází v dubnu k odlišnému sukcesnímu vývoji s převahou skupiny *Cryptophyceae*.

Tabulka 11.2 dokumentuje celkové množství biomasy fytoplanktonu na základě obsahu chlorofylu *a*. Ten obsahují zástupci všech skupin fytoplanktonu, uvedených v tabulce 11.1 (Kalina, 2001). Neúměra mezi počtem jedinců a obsahem chlorofylu *a* v únorových vzorcích z místa S a J je ovlivněna četnějším zastoupením rodů s větším buněčným objemem (např. *Cryptomonas*, *Gymnodinium* (Hrbáček et al, 1972)). Rozvoj fytoplanktonu Libišské tůně je pravděpodobně limitován nízkou koncentrací živin (celkový dusík, fosforečnanový fosfor).

Tabulka 11.2: Koncentrace chlorofylu *a* ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )

Odběr. místo	19.6.03	10.11.03	17.2.03
S	18,79	28,50	27,10
J	16,22	17,45	76,24

### 11.2.2 Zooplankton Libišské tůně

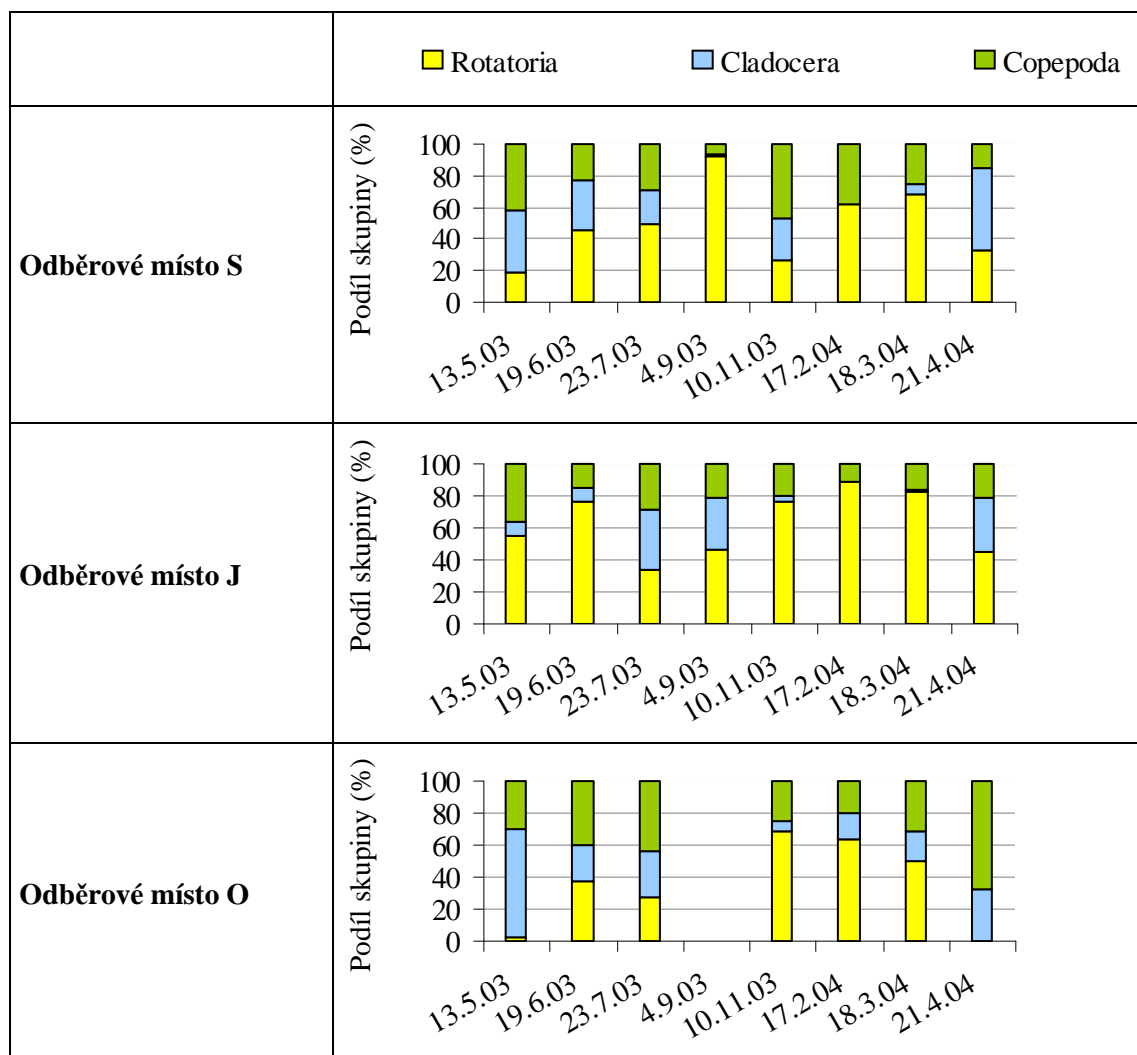
Vývoj relativního zastoupení skupin *Cladocera*, *Copepoda* a *Rotatoria* ve vzorcích ze třech odběrových míst dokumentuje obrázek 11.2. Tabulka 11.3 potom ukazuje vývoj relativního početního zastoupení jednotlivých druhů v zooplanktonu. Z grafu a tabulky jsou velmi zřetelné rozdíly v sezónním sukcesním vývoji a v podílu jednotlivých skupin, resp. druhů, a to nejen z hlediska časového, ale i z pohledu odběrových míst. V prvním, květnovém, vzorku z místa S zooplanktonu vévodí (38 %) druh *Bosmina longirostris* ze skupiny *Cladocera*, zatímco vzorku z jižní části ramena dominuje rod *Asplanchna* (téměř 50 %) ze skupiny *Rotatoria*. Ta naopak téměř úplně chybí v zooplanktonu oddělené tůně, kde více než 2/3 celkového počtu tvoří *Bosmina longirostris* hlavně spolu s *Daphnia pulex*, a to zejména vzhledem k nižšímu

predačnímu tlaku planktonožravých ryb ve srovnání s ramenem, kde velcí filtrátoři chybí (viz níže). V září byly ze zástupců skupiny *Copepoda* nalezeny téměř výhradně pouze jejich naupliová a copepoditová stádia, přičemž vzorek ze severní části tak obsahoval z více než 90 % zástupce skupiny *Rotatoria*, především rod *Polyarthra* (66 %), který je za normálních podmínek limitován právě predačním tlakem klanonožců. V únoru a březnu, během dočasného propojení oddělené tůně s ramenem, převládají na všech odběrových místech vířníci, především rod *Keratella* (v odběrovém místě J dokonce tvořil 88 % únorového vzorku).

Z hlediska druhové diverzity existují mezi odebranými vzorky výrazné rozdíly z pohledu místa i času odběru. Celkově bylo v Libišské tůni určeno 39 druhů nebo druhově nezařazených rodů zooplanktonu. Z nichž bylo nejvíce zaznamenáno na jižním odběrovém místě v červenci a v září (17), na severním odběrovém místě maximálně 14 (v červenci) a v oddělené tůni maximálně 10 (v květnu a v únoru – avšak nejvíce ze všech tří odběrových míst). Naopak nejnižší druhovou diverzitu vykazoval únorový vzorek z místa J a dubnový z místa O (tři, resp. dva dospělé druhy plus vývojová stadia skupiny *Copepoda*).

Zajímavá je zřetelná procentuelní převaha druhu *Keratella cochlearis* na odběrovém místě J (v porovnání s odběrovými místy S a O) v sedmi z osmi odebraných vzorků během roku (stejně, nikoliv však natolik výrazně, je tomu i u druhu *Keratella quadrata*, pokud je přítomen). Rod *Lepadella* se vyskytoval, ve čtyřech vzorcích, pouze z oddělené tůně.

Obrázek 11.2: Vývoj relativního početního zastoupení jednotlivých taxonomických skupin zooplanktonu v odběrovém místě S, J a O



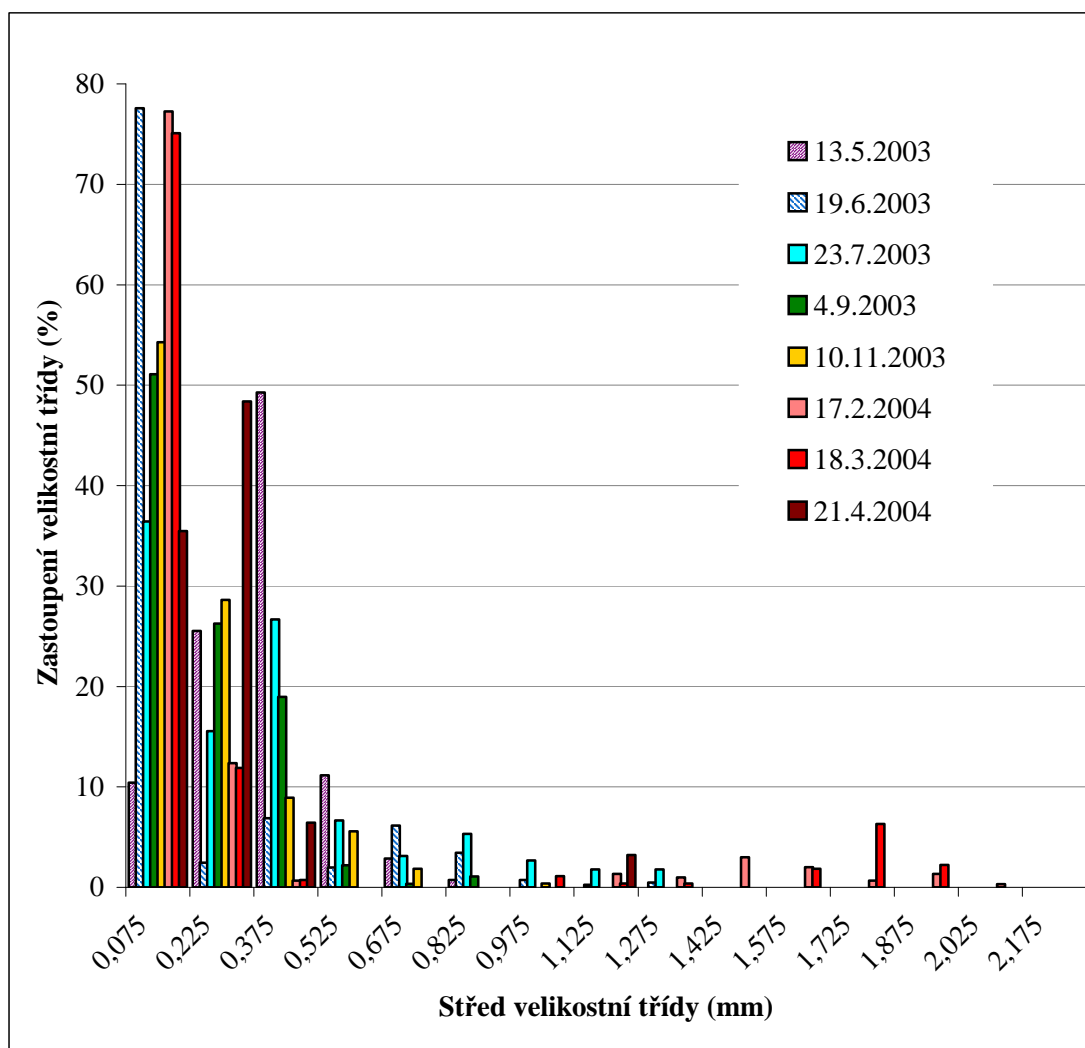








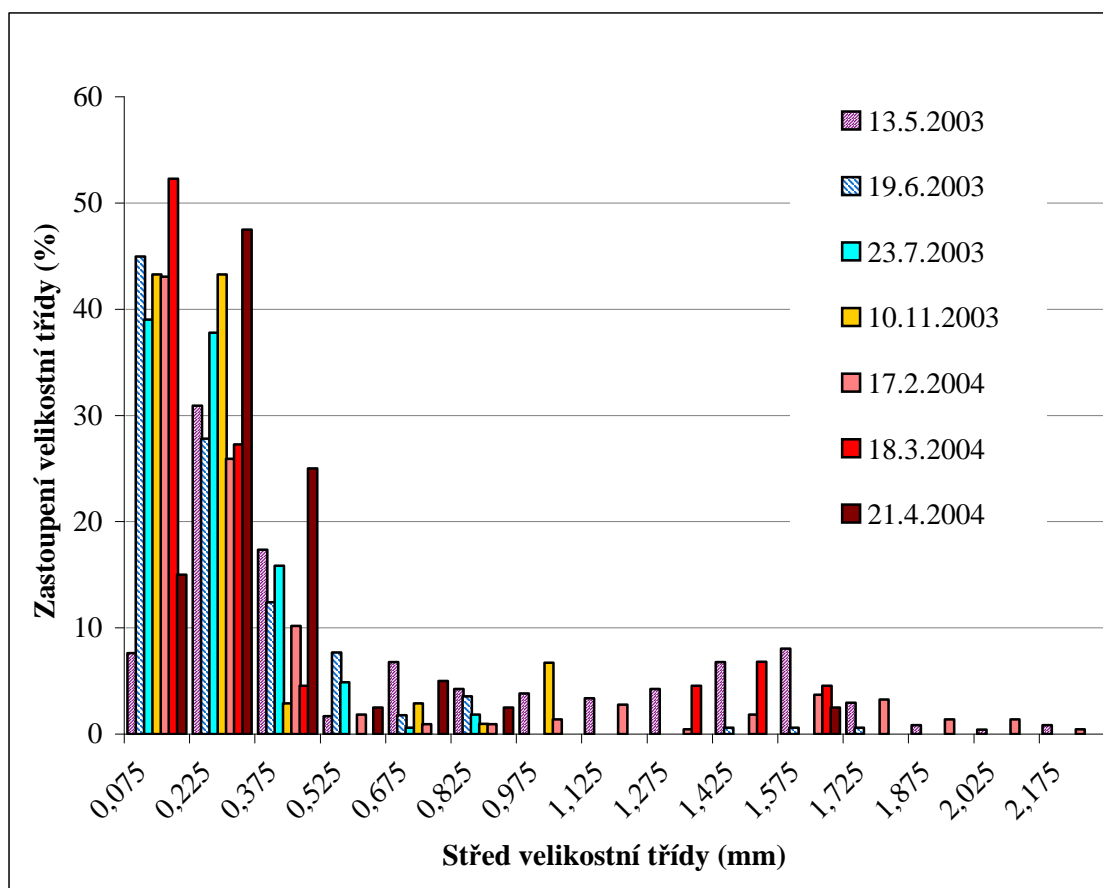
Obrázek 11.4: Vývoj velikostní struktury zooplanktonu podle relativního početního zastoupení v odběrovém místě J



Významné zastoupení velikostní třídy se středem 0,225 mm v dubnových vzorcích z všech tří míst, je způsobeno zejména přítomností druhu *Chydorus sphaericus*.

Zatímco u vzorků z odběrového místa S a J přesahoval počet jedinců v první velikostní třídě hranici 50 % u pěti, resp. čtyř odběrů z celkových osmi během roku, ve vzorcích z oddělené tůň (odběrové místo O) dosáhla třída se středem 0,075 mm více než 50% podílu pouze v jednom odběru ze sedmi (pouze v březnovém vzorku, kde při velmi nízké druhové diverzitě dominoval druh *Keratella cochlearis*).

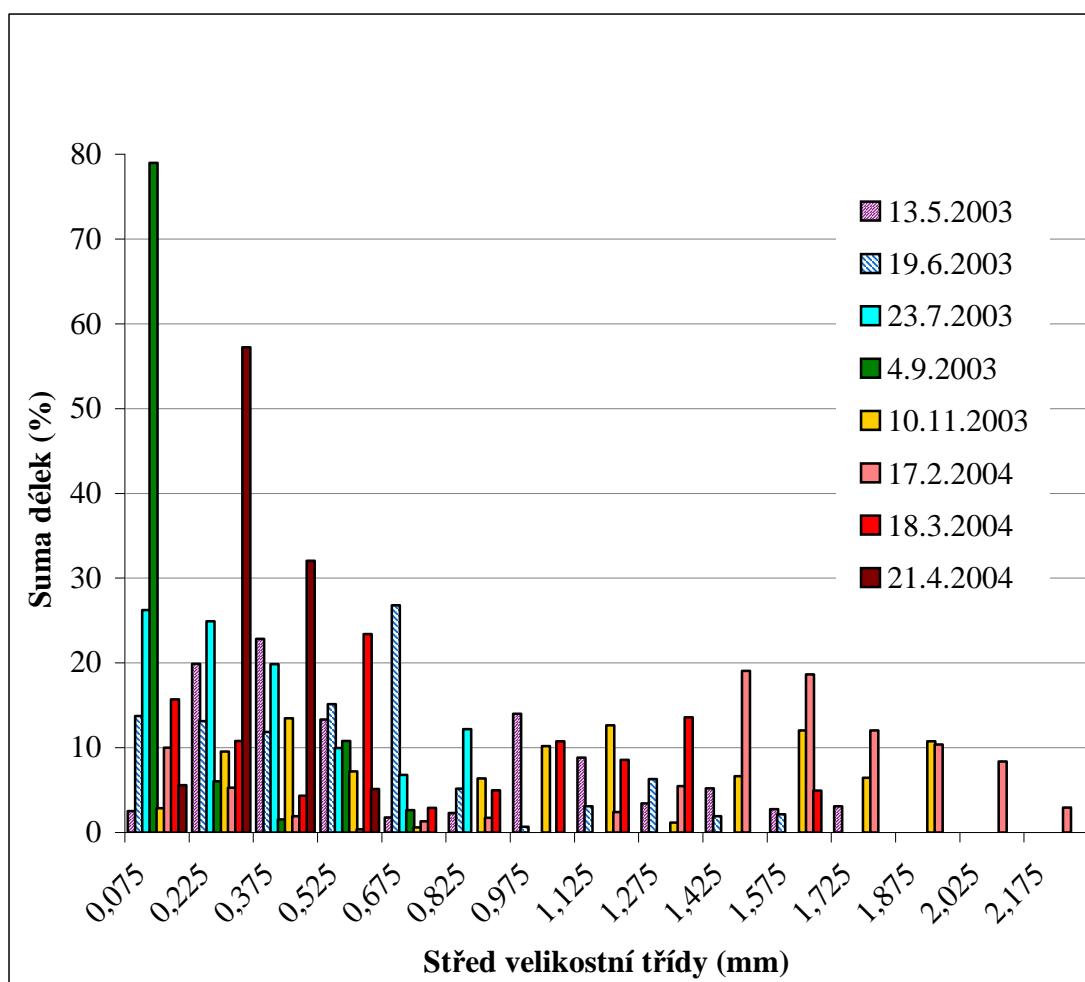
Obrázek 11.5: Vývoj velikostní struktury zooplanktonu podle relativního početního zastoupení v odběrovém místě O



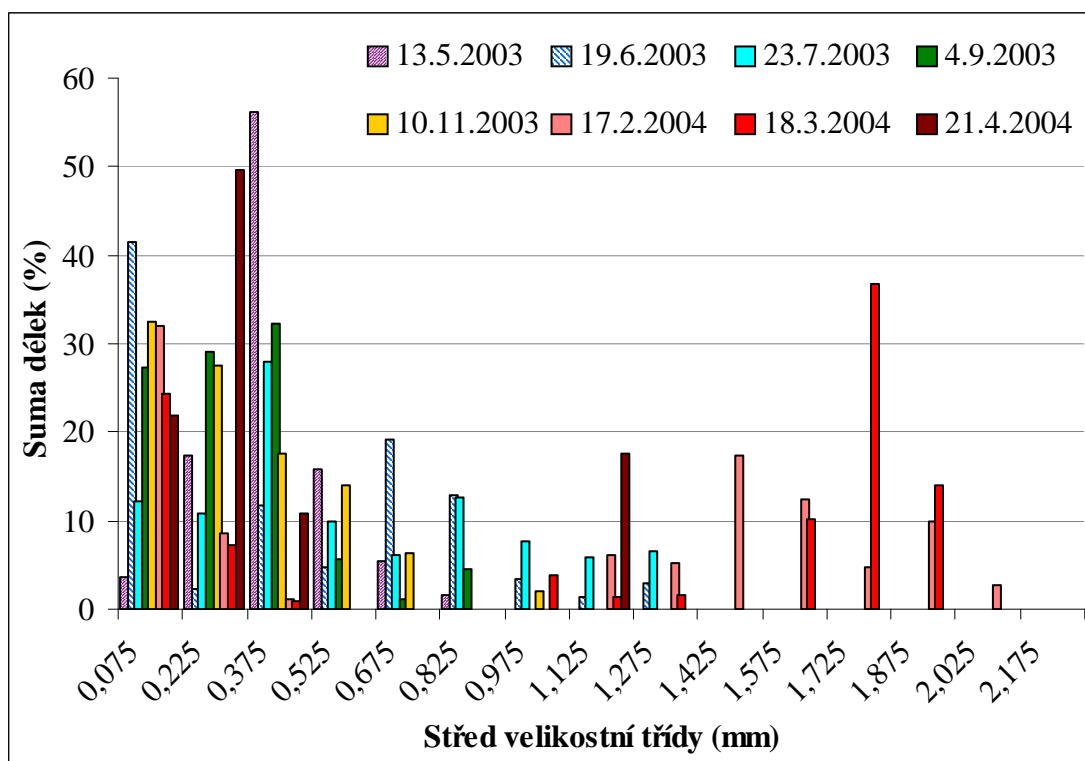
Zřetelně vyšší podíly četnosti jednotlivých organizmů ve třídách nad 1 mm byly zaznamenány ve vzorcích odebraných ze severní části ramene a z oddělené tůně. V místě S byly početně významněji zastoupeny velikostní třídy se středy většími než 1 mm zejména ve vzorcích z listopadu a z února (významný podíl dospělých jedinců skupiny *Copepoda*, hlavně buchanek), v místě O pak ve vzorcích z května, února a března (opět díky přítomnosti buchanek, v květnu byl čteně zastoupen i relativně velký druh *Daphnia pulex* ze skupiny *Cladocera*). Naopak na odběrovém místě J nebyla pozorována (nebo jen velmi malá) přítomnost druhů náležících do velikostních tříd nad 1 mm. Celkově lze říci, že nejvyrovnanější velikostní struktura zooplanktonu byla zaznamenána ve vzorcích z oddělené tůně. Tento fakt je nejzřetelnější z obrázku 11.8, kde histogram zobrazuje relativní podíl sumy délek všech jedinců ve velikostní třídě.

Výsledky hodnocení velikostní struktury poukazují na zvýšený predanční tlak rybí osádky na zooplankton v Libišské tůni. Predanční tlak planktonožravých ryb popisuje řada autorů (např. Hrbáček, 1965; Fott et al., 1980; Černý, 1986). Přestože je v oddělené tůni četnost větších (delších) jedinců zjevně vyšší než v odstaveném ramenu, je predanční tlak na větší druhy zooplanktonu zřetelný i zde. V tůni zřejmě rybí cenóza chybí (z prostého pozorování tůně i vzhledem k výrazné anoxii v létě a na podzim), v některých vzorcích však byly pozorovány např. larvy rodu *Chaoborus*, lovící některé větší druhy zooplanktonu, a v tůni mohl být přítomen i rybí potěr.

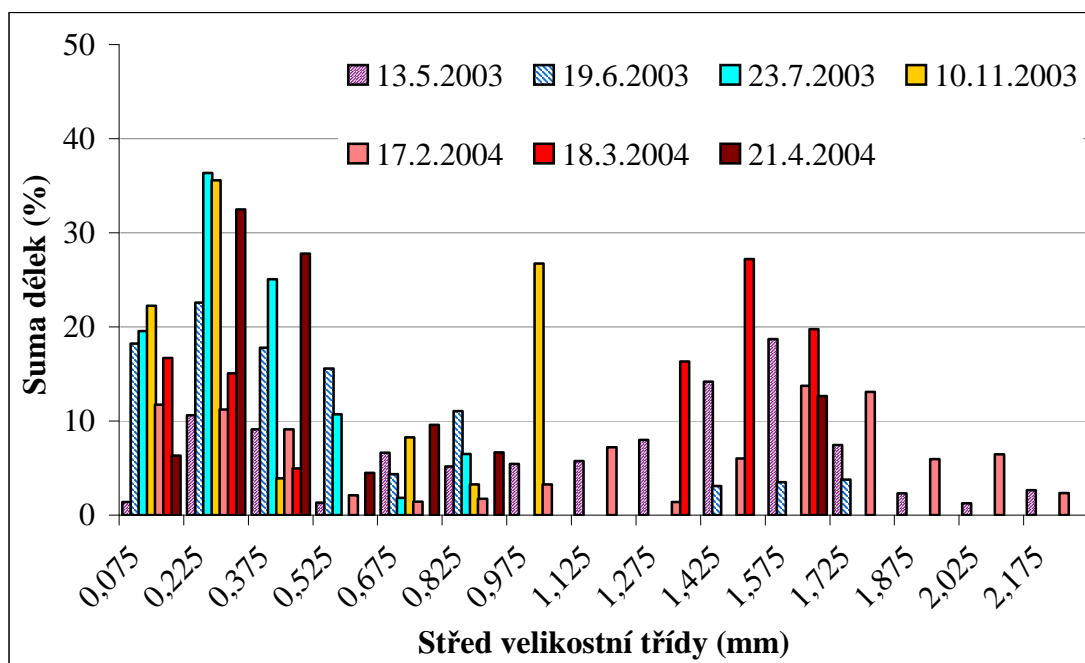
Obrázek 11.6: Vývoj velikostní struktury zooplanktonu podle sumy délek v odběrovém místě S



Obrázek 11.7: Vývoj velikostní struktury zooplanktonu podle sumy délek v odběrovém místě J



Obrázek 11.8: Vývoj velikostní struktury zooplanktonu podle sumy délek odběrovém místě O



## 12. Rozbor sedimentů Libišské tůně

### 12.1 Funkce a využití sedimentů pro hodnocení znečištění říčních ekosystémů těžkými kovy

Těžké kovy patří mezi prioritní sledované polutanty ve všech složkách životního prostředí – tedy i v říční krajině a vodních ekosystémech. Z fyzikálně chemického hlediska jsou definovány jako kovy s měrnou hmotností vyšší než  $5\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , nebo že jejich soli jsou sráženy sulfidem sodným za vzniku málo rozpustných sulfidů (Pitter, 1999). Většina těžkých kovů vykazuje, již při nízkých dávkách, toxické účinky na organizmech. Jejich podstatnou vlastností je jejich vysoká schopnost adsorbace na plaveniny unášené tokem. Relativně nedaleko od zdroje, zejména v místech zpomalení rychlosti proudění (např. vlivem jezů na Labi) či při poklesu vodních stavů, dochází k ukládání těžkých kovů do sedimentů toku, resp. akumulacních teras. V sedimentech se tak těžké kovy dlouhodobě kumulují, zejména v jejich jemnozrnnějších frakcích (viz níže). Při změně externích podmínek, kdy dochází buď mechanickými vlivy k resuspendaci sedimentu (např. za zvýšeného vodního stavu či při plavební činnosti) nebo chemickými procesy k uvolňování těžkých kovů ze sedimentu (zejména při změně oxidačně- redukčních podmínek na rozhraní sediment – voda a při poklesu pH), stávají se sedimenty případným zdrojem kontaminace vody. Těžké kovy pocházejí především z bodových zdrojů znečištění (hlavně průmyslové podniky), ale nezanedbatelný je i vliv geologického obrazu povodí (zejména okolí rudných ložisek). Možné zdroje vybraných těžkých kovů a hlavní znečišťující průmyslové podniky v povodí toku Labe nad Libišskou tůň uvádí tabulka 12.5.

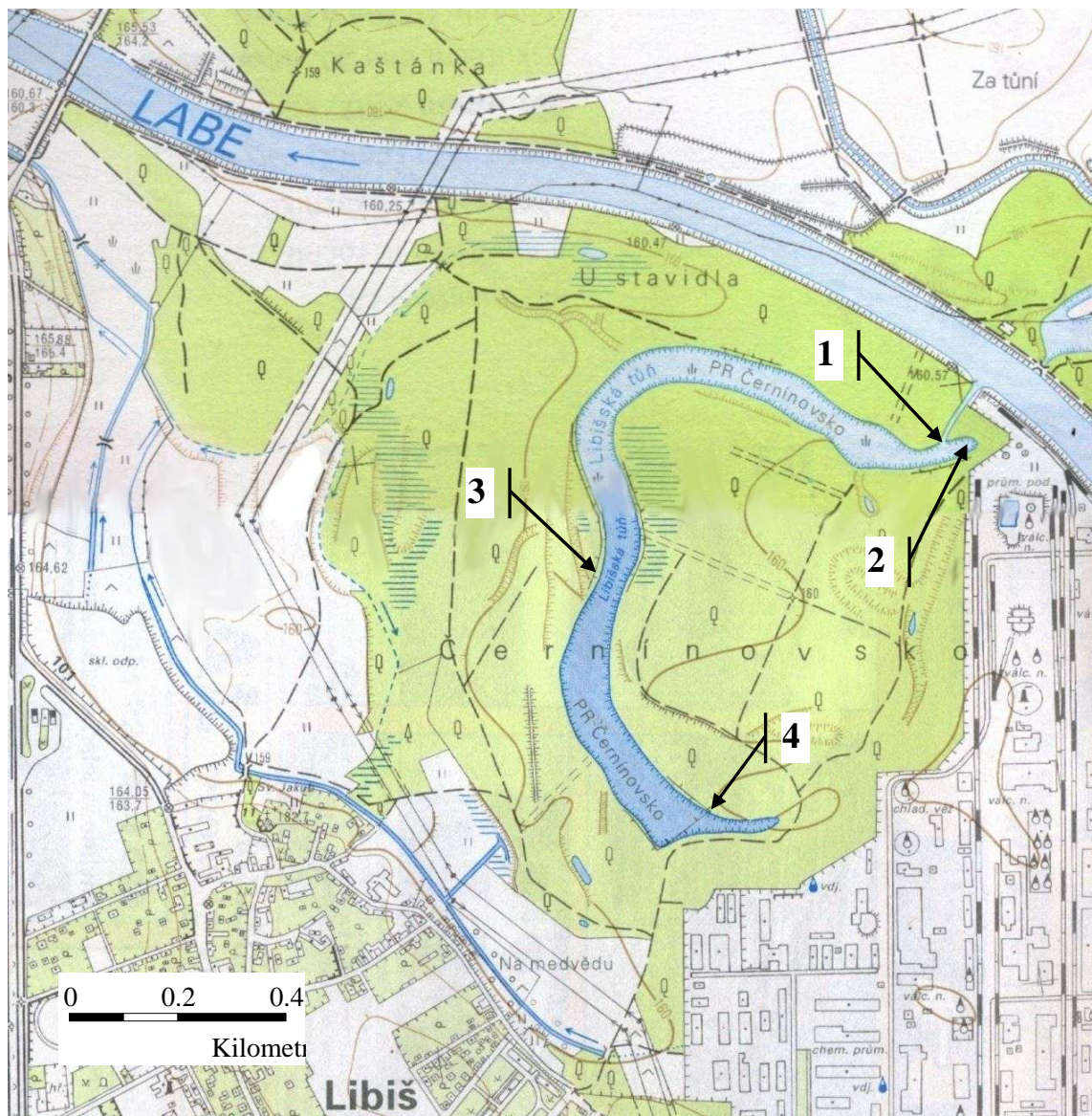
Zatížením sedimentů Labe vybranými těžkými kovy se zabývá Povodí Labe, s.p. Hradec Králové i ČHMÚ. Od roku 1999 je vývoj zatížení kontinuálně sledován, v souvislosti se zaváděním Rámcové směrnice a požadavky EU, na 12 profilech českého Labe (Hypr, D. et al., 2002, Martínek, P. et al., 2002)



## 12.2 Lokalizace odběrových míst a odběr vzorků

Na studované lokalitě byly ve spolupráci s Povodím Labe, s.p. odebrány 18. 6. 2004 vzorky sedimentu pro zrnitostní analýzu a určení obsahu těžkých kovů. Sediment byl za pomoci odběrového zařízení odebrán ze čtyřech míst, jež jsou vyznačena v mapě (obrázek 12.1). Místa 1 a 2 se nacházejí v “oddělené tůni“, která je s ramenem během roku dočasně propojena, a přes kterou přitéká, hlavně za mimořádně vysokých vodních stavů, voda z Labe do Libišské tůně (podrobněji kapitola 7.).

Obrázek 12.1: Odběrová místa sedimentu



ČÚZK (1996)

Místa 1 a 2 jsou nejbližší korytu Labe a areálu Spolany a.s. Místo 3 leží v prostřední části odstaveného ramena při jeho západním břehu. Místo 4 se nachází na jižním konci jezera, v největší vzdálenosti od koryta Labe. Mocnost odebraného sedimentu činila na všech čtyřech odběrových místech 55 – 65 cm. Sloupec sedimentu byl rozdělen na třetiny, přičemž k následným analýzám byly z každého odběru použity pouze třetiny vrchní a spodní (dále jen označení např. 1 vrchní a 1 spodní).

### **12.3 Metodika zpracování vzorků**

Veškeré práce při zpracování odebraných vzorků probíhaly, díky spolupráci s Povodím Labe, s.p. v Hradci Králové, v tamních akreditovaných vodohospodářských laboratořích. Tam byly vzorky ve vymrazovacích miskách zamrazeny a lyofilizací vysušeny. Do sady sít pro suché sítování bylo naváženo přibližně 200 g dokonale suchého vzorku a síta byla umístěna do laboratorní prosévačky. Jednotlivé podíly ze sít byly zváženy a byl vyjádřen procentuální obsah jednotlivých velikostních frakcí v sedimentu (tzn., nad 0,63 mm, 0,2 – 0,63 mm a pod 0,2 mm). Mokrá sítování následně probíhala v kruhové ultrazvukové lázni. Všechny suspendované frakce (0,06 – 0,2 mm, 0,02 – 0,06 mm a méně než 0,02 mm) byly odstředěny a zbytek vody odstraněn lyofilizací. Frakce byly opět zváženy a bylo vypočítáno jejich procentuelní zastoupení (Petřík et Heldes, 1999).

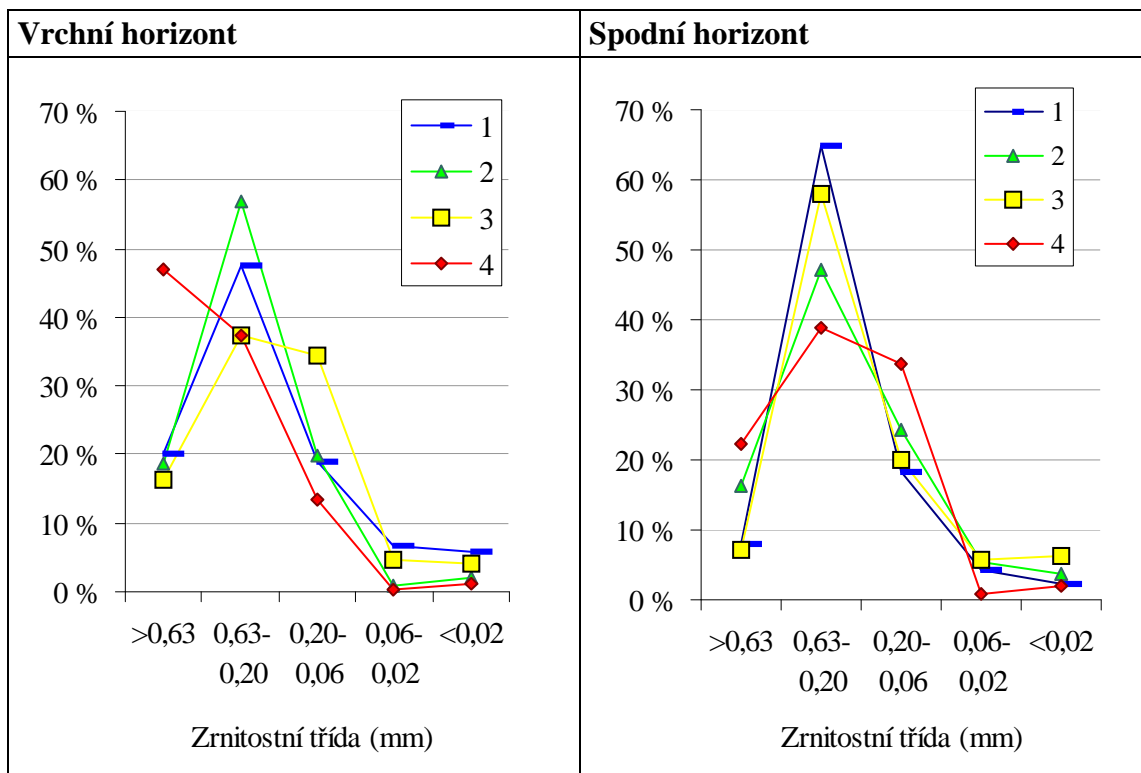
Následné analýzy obsahu těžkých kovů v sedimentu byly provedeny v separované velikostní frakci do 0,02 mm jednotlivých vzorků. Pro stanovení rtuti byla použita metoda TNV 757440, pro stanovení koncentrace kadmia a stříbra metody stanovení kovů AAS/ETA – ČSN ISO 5961, ČSN EN 1233, ČSN 757400, TNV 757422, TNV 5 a pro stanovení obsahu ostatních kovů bylo použito metody - Stanovení kovů a fosforu ICP/OES – DIN 38406-E22.

### **12.4 Výsledky analýz odebraných vzorků sedimentu**

#### **12.4.1 Zrnitostní struktura sedimentu**

Podíl hmotnosti jednotlivých velikostních frakcí (tříd) ve vzorcích z horního a dolního horizontu ukazují velikostní křivky na obrázku 12.2. Z grafů je tak zřejmé, že nejvyšší hmotnostní podíl se u všech vzorků (s výjimkou vrchního horizontu u místa 4)

nacházel ve velikostní třídě 0,2 – 0,63 mm, zejména u vzorků z oddělené tůně (1 a 2).



Obrázek 12.2: Zrnitostní křivky sedimentu z vrchního a spodního horizontu

Od ostatních vzorků se velikostní struktura výrazněji liší u vzorků odebraných z jižního konce odstaveného ramene (4), zvláště z horního horizontu, kde výrazně dominuje podíl nejhrubší frakce (téměř 50 %) přičemž podíl dvou nejjemnějších frakcí je minimální. Pravděpodobně je to způsobeno vyšším obsahem abradovaného materiálu šterkopísčitého břehu (v minulosti v této oblasti došlo k zasypání části odstaveného ramene), přičemž menší částice jsou zřejmě vymývány a ukládány ve větších hloubkách jezera. Podíl hmotnosti velikostní třídy méně než 0,02 mm se ve všech vzorcích pohyboval od 1 do 6 %.

#### 12.4.2 Obsah těžkých kovů a některých dalších prvků ve vzorcích sedimentu

Výsledné koncentrace jednotlivých kovů ve velikostních frakcích vzorků méně než 0,02 mm jsou uvedeny v tabulce 12.1.

Tabulka 12.1: Koncentrace těžkých kovů a vybraných dalších prvků v sedimentech Libišské tůně ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

<b>Vzorek</b>	<b>Ag</b>	<b>As</b>	<b>Al</b>	<b>B</b>	<b>Ba</b>	<b>Be</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>
1 spodní	<1	43	36 700	50	204	2,0	2,2	12	105	47	28 400
1 vrchní	<1	42	43 400	38	304	2,3	4,3	14	132	133	33 500
2 spodní	<1	18	39 600	36	173	1,6	0,8	12	62	15	25 300
2 vrchní	<1	21	44 300	40	166	1,8	0,8	13	76	22	24 000
3 spodní	<1	23	62 800	53	324	2,6	1,0	15	88	25	33 000
3 vrchní	<1	17	41 200	39	161	1,8	0,4	11	68	17	25 800
4 spodní	<1	50	54 400	40	282	2,3	2,5	20	79	20	35 300
4 vrchní	<1	23	44 600	38	233	1,5	1,0	11	65	20	19 600
<b>Vzorek</b>	<b>Hg</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>		<b>Pb</b>	<b>Se</b>	<b>Sb</b>	<b>V</b>	<b>Zn</b>	
1 spodní	1,8	508	<2	38	1 090	97	<0,5	2,1	58	1 030	
1 vrchní	3,8	822	<2	46	2 260	121	<0,5	2,7	66	708	
2 spodní	0,1	369	<2	34	843	31	<0,5	1,1	60	133	
2 vrchní	0,4	360	<2	38	859	44	0,5	1,0	66	204	
3 spodní	0,1	336	<2	51	661	47	1,4	1,5	93	189	
3 vrchní	0,1	340	<2	34	468	41	<0,5	1,9	68	139	
4 spodní	0,5	379	<2	49	629	49	0,7	2,2	79	221	
4 vrchní	0,2	248	<2	36	410	44	<0,5	1,7	67	158	

K hodnocení relativního zatížení sedimentů těžkými kovy bylo použito geoakumulačního indexu  $I_{geo}$  podle Müllera (1979). Ten vychází z koncentrací prvků v přirozeném geogenním pozadí a počítá se podle vztahu:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times B_n}$$

kde  $C_n$  je změřená koncentrace příslušného prvku v sedimentu,  $B_n$  je jeho koncentrace v přirozeném pozadí v jílovitých sedimentů, koeficient 1,5 zahrnuje přirozené variace prostředí. Podle geoakumulačního indexu se pak klasifikuje zatížení sedmi třídami  $I_{geo}$ , od sedimentu nekontaminovaného po sediment velmi silně kontaminovaný (tabulka 12.4). Jako koncentrace vybraných prvků v přirozeném pozadí jílovitého sedimentu jsou použity hodnoty definované Turekianem a Wedepohlem (1961), uvedené v tabulce 12.2.

Průměrné pozad'ové koncentrace v sedimentech celého Labe jsou oproti geogenním koncentracím uváděným Turekianem a Wedepohlem (1961) v případě některých prvků

Tabulka 12.2: Koncentrace vybraných prvků v přirozeném pozadí jílovitého sedimentu (mg.kg<sup>-1</sup>) (Turekian et Wedepohl, 1961)

Prvek	Ag	As	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Koncentrace	0,07	13	80 000	0,3	19	90	45	47 200	0,4	850	68	20	95

Tabulka 12.3: Geoakumulační indexy vybraných prvků obsažených v sedimentu Libišské tůně

Vzorek	Ag	As	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
1 spodní *)	1,1	-1,7	2,3	-1,2	-0,4	-0,5	-1,3	1,6	-1,3	-1,4	1,7	2,9	
1 vrchní *)	1,1	-1,5	3,3	-1,0	0,0	1,0	-1,1	2,7	-0,6	-1,1	2,0	2,3	
2 spodní *)	-0,1	-1,6	0,8	-1,2	-1,1	-2,2	-1,5	-2,6	-1,8	-1,6	0,0	-0,1	
2 vrchní *)	0,1	-1,4	0,8	-1,1	-0,8	-1,6	-1,6	-0,6	-1,8	-1,4	0,6	0,5	
3 spodní *)	0,2	-0,9	1,2	-0,9	-0,6	-1,4	-1,1	-2,6	-1,9	-1,0	0,6	0,4	
3 vrchní *)	-0,2	-1,5	-0,2	-1,4	-1,0	-2,0	-1,5	-2,6	-1,9	-1,6	0,5	0,0	
4 spodní *)	1,4	-1,1	2,5	-0,5	-0,8	-1,8	-1,0	-0,3	-1,8	-1,1	0,7	0,6	
4 vrchní *)	0,2	-1,4	1,2	-1,4	-1,1	-1,8	-1,9	-1,6	-2,4	-1,5	0,6	0,1	

Třída I<sub>geo</sub>      0      1      2      3      4

\*) – koncentrace stříbra v sedimentu se nachází pod hranicí stanovitelnosti, přičemž hodnota I<sub>geo</sub> vypočítaná z hodnoty hranice stanovitelnosti (1,0 mg.kg<sup>-1</sup>) se řadí do 3. třídy I<sub>geo</sub>. Proto není u stříbra hodnota I<sub>geo</sub> uváděna.

Tabulka 12.4: Hodnocení znečištění sedimentu podle geoakumulačního indexu I<sub>geo</sub> (Müller,1981)

Hodnota I <sub>geo</sub>	Třída I <sub>geo</sub>	
≤ 0	0	nekontaminovaný
≤ 1	1	nekontaminovaný až středně kontaminovaný
≤ 2	2	středně kontaminovaný
≤ 3	3	středně kontaminovaný až silně kontaminovaný
≤ 4	4	silně kontaminovaný
≤ 5	5	silně kontaminovaný až velmi silně kontaminovaný
> 5	6	velmi silně kontaminovaný

výrazně vyšší. Jedná se zejména o obsah stříbra (o 330 % vyšší v sedimentech Labe, kde kontaminace pochází již ze středověké těžby a zpracování stříbra (Veselý et Gürtlerová, 1996)), ale i o koncentraci arsenu (+ 80 %), zinku (+ 60 %), olova (+ 50 %) či chrómu a kadmia (+ 30 %). Naopak měď či nikl vykazují v sedimentech Labe asi o 30 % hodnoty nižší (Furrer, 2000).

Ze dvanácti hodnocených těžkých kovů – jejich obsahů v sedimentu – jich šest patřilo, na všech čtyřech odběrových místech, podle hodnocení geoakumulačního indexu ( $I_{geo}$ ) do třídy 0, tedy nekontaminovaný sediment. Největší znečištění sedimentu způsobuje kadmium, a to jak z hlediska prostorového (na všech odběrových místech), tak i z pohledu koncentrace kovu v sedimentu (vrchní vrstva z místa 1 dosahuje 4. třídy  $I_{geo}$ , jedná se tedy o silnou kontaminaci, také spodní vrstvy z odběrových míst 1 a 4 jsou kontaminovány středně až silně - 3. třída  $I_{geo}$ ). Středně kontaminovaný arsenem byl sediment v celém vertikálním profilu odběrového místa 1 a ve spodním horizontu místa 4. Kontaminace sedimentu rtutí byla prokázána pouze v místě 1, zejm. ve vrchní vrstvě (střední až silná). Koncentrace kadmia a rtuti ve vrchní vrstvě odběrového místa 1 dosáhla devítinásobku limitu stanoveného MŽP, ten činí  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  pro kadmium a  $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  pro rtuť (Internet 2). Výraznější zatížení olovem a hlavně zinkem vykazuje opět celý hloubkový profil sedimentu v místě 1 (3. třída  $I_{geo}$  střední až silná kontaminace). Mírné zatížení mědí bylo prokázáno pouze ve vrchní vrstvě z odběrového místa 1.

Nejzatíženějším odběrovým místem je tak evidentně místo 1 při oddělené tůni (počtem obsažených těžkých kovů i jejich množstvím). S výjimkou zinku je tu více kontaminována vrchní vrstva. Naopak v dělených vzorcích sedimentu z ramena (místo 3 a 4) a z 2. odběrového místa u oddělené tůně byly prokázány vyšší (popř. stejné) hodnoty  $I_{geo}$  ve spodní vrstvě u všech hodnocených těžkých kovů. Vzhledem k tomu, že se odběrové místo 1 nachází v ústí propojovacího kanálu od Labe do oddělené tůně, kde je vrstva sedimentu relativně mocná, lze předpokládat, že znečištění horní vrstvy je poměrně čerstvé a pochází z Labe či z areálu Spolany a.s., kolem něhož kanál v bezprostřední blízkosti protéká. Naopak vrchní vrstva sedimentů byla pravděpodobně při povodni v roce 2002 buď odplavena, nebo přikryta novou vrstvou sedimentovaných, těžkými kovy výrazně méně zatížených, plavenin. V tabulce 12.3 jsou uvedeny možné zdroje těžkých kovů, které nejvíce kontaminují sedimenty Libišské tůně a hlavní průmyslové podniky, jež těžké kovy do toků v povodí Labe nad



Libišskou tůň vypouštějí. Zjevný je tak například možný vztah mezi některými těžkými kovy, kontaminujícími sediment Libišské tůň a existencí (i bývalou) výrobního procesu ve Spolaně a.s. (kapitola 5.), z něhož konkrétní těžký kov pochází. Pravděpodobný je tak například vztah zvýšeného obsahu rtuti v sedimentu a přítomnost amalgámové elektrolýzy či obsah zinku a výroba viskózní stříže

Tabulka 12.5: Možné zdroje vybraných těžkých kovů a hlavní znečišťující průmyslové podniky v povodí toku Labe nad Libišskou tůň

<b>Rtut'</b>	Z Chemického průmyslu (elektrolytická výroba chloru a alkalických hydroxidů, výroba jiných organických a anorganických sloučenin rtuti, zpracování odpadů z org. syntéz), ze spalovny toxických odpadů s obsahem rtuti, z cementáren, z čistírenských kalů, z elektrotechnického průmyslu, z farmaceutického průmyslu (diuretika, antiseptika, dermatologika, amalgam atd.) z textilního průmyslu, do roku 1993 též ve výrobcích k moření osiva (chlorid fenylrtuťnatý).
	> než příp.hod NV 82/99: Aliachem,a.s. Pardubice; ČEZ (elektrárny, teplárny); Technosklo, s.r.o Držkov; Exatherm-LT,s.r.o.Železný Brod (Pelechov), VÚK - Kovohutě s.r.o. Panenské Břežany
<b>Měď</b>	V přírodě jako sulfidy chalkopyrit $CuFeS_2$ a chalkosin $Cu_2S$ (oxidačním rozkladem do vody). Strojírenství, stavební průmysl, elektrotechnický průmysl
	VÚK - Kovohutě s.r.o. Panenské Břežany; Kovohutě Čelákovice
<b>Zinek</b>	Chemický průmysl (výroba pryže, barev a laků, mýdel), strojírenství (kovohutě, kovoobrábění, povrchová úprava kovů), elektrotechnický průmysl, textilní průmysl (výroba viskozy), rudné doly.
	Aliachem,a.s. Synthesia Pardubice; Adast,a.s. Adamov
<b>Kadmium</b>	Doprovází Zn ve vodách z rudných ložisek, z povrchové úpravy kovů, z keramického, sklářského,fotografického a polygrafického průmyslu, průmyslu výroby plastických hmot, z výroby záporné akumulátorové hmoty, při výrobě Ni-Cd článků. Z exhalátů vznikajících při spalování nafty, topných olejů a odpadků, z fosforečnanových hnojiv.
	AXL a.s. Semily
<b>Arsen</b>	V přírodě jako arzenopyrit (např. ložisko Koroužné), jako nerost auripigment, ve formě sloučenin s kovy, i jako ryzí prvek. Odpadní vody z koželužen, z textilního průmyslu (praní, zušlechťování, barvení) z rudného průmyslu, ze sklářského průmyslu(zakalená bižuterní skla – kaliva, surovina pro výrobu skla), z výroby barviv, ze zemědělství ( z arsenových pesticidů), z velkoprádelen (As doprovází P), v hutnictví (legující přísada).
	Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav; Ornela,a.s. Zásada, Liglass a.s. Č. Brod
<b>Olovo</b>	V přírodě v galenitu ( $PbS$ nepodléhá oxidaci), anglesitu a cerrusitu. Sklářský průmysl (olovnatý křišťál), v elektrotechnickém průmyslu (olověné akumulátory, elektronika-konstrukční material), chemický průmysl (nátěrové hmoty -pigmenty, plastikářský průmysl-pomocný komponent při výrobě a zpracování plastů, strojírenství (kovohutě, pokovování, při pyrotechnické výrobě, zpracování kovového odpadu)
	Aliachem,a.s.Synthesia Pardubice, Sklářny Bohemia a.s. Poděbrady; Železárny a strojírny a.s., Č.Třebová

Zdroj: Internet (1), Pitter, 1981

### 13. Shrnutí a diskuse

Cílem diplomové práce bylo zpracování komplexní limnologické studie odstaveného labského ramene Libišská tůň v PR Černínovsko. Lokalita byla sledována jeden rok od května 2003 do dubna 2004. V průběhu sledování byl odečítán vodní stav v jezeře, měřeny fyzikální vlastnosti jezera, odebírány vzorky pro analýzu jakosti vody, hydrobiologické rozbory a rozbory sedimentu. Výsledky analýz byly srovnány s ekvivalentními parametry z řeky Labe, případně z podzemní vody. Provedeno bylo i srovnání výsledků jednotlivých analýz vzorků z odstaveného ramena a oddělené tůně (před zazemněním severního konce bývalou částí ramena), jež je s ramenem propojená jen za vyšších vodních stavů. Výsledky chemických a hydrobiologických analýz byly při srovnání ramena a oddělené tůně nejvyrovnanější v období propojení hladin, v dalších odběrech byly hodnoty i výrazně rozdílné.

Úvodní, popisná část práce je zaměřena na geografickou polohu jezera. Je zde popsáno okolí odstaveného ramene z hlediska klimatického, geomorfologického, geologického či biologického. Právě biologická druhová diverzita jezera a jeho bezprostředního okolí vedla k vyhlášení nejprve odstaveného ramena samotného a následně i přilehlého okolí přírodní rezervací Černínovsko, tvořenou zachovalým lužním lesem. V úvodní části je dále stručně popsán současný stav i historický vývoj řeky Labe, neboť právě tok Labe hraje ve všech dílčích hodnocení Libišské tůně zásadní roli, od samotné geneze jezera, přes jeho vývoj až po současný stav. Podstatné tak bylo i pro Libišskou tůň výrazné zlepšení kvality vody v Labi v průběhu 90. let.

Kapitola popisující možné zdroje antropogenního znečištění vody a sedimentů Libišské tůně umožňuje poukázat na pravděpodobný původ kontaminace. Jako významný možný zdroj znečištění jezera je stanoven areál chemického podniku Spolana a.s., jenž se rozkládá v bezprostřední blízkosti odstaveného ramena. V areálu jsou stále ještě přítomny staré průmyslové zátěže (amalgámová elektrolýza a dioxiny kontaminované objekty).

Zejména podle starých mapových podkladů bylo přibližně určeno období vzniku jezera. Stalo se tak zřejmě někdy od počátku 19. století do roku 1842 napřímením koryta Labe, čímž došlo k odstavení meandru, jehož část dnes tvoří Libišskou tůň – „horní“ konec původního odděleného meandru byl totiž několikrát zavezen a tím celé odstavené rameno několikrát zkráceno. Zejména v oblasti severního



konce jezera dochází k jeho významnému zazemňování (díky rozsáhlému porostu rákosin a nejnižší vzdálenosti od Labe, při jehož vybřežení dochází v této oblasti k významnému ukládání plavenin).

Jedním z hlavních dílčích cílů bylo morfometrické zmapování jezera, resp. jeho pánve. Výsledkem počítačového zpracování naměřených dat je batymetrická mapa jezera a stanovení základních morfometrických parametrů Libišské tůně. Mnohonásobně větší (15x) maximální délka jezera oproti jeho šířce, stejně jako relativně malá hloubka (průměrně 1 m), odpovídají hodnotám běžným pro jezera tohoto genetického typu. V batymetrické mapy je dobře patrný průběh proudnice v korytě v době, kdy bývala Libišská tůň ještě aktivní částí toku Labe.

Sledování jezera v průběhu jednoho roku prokázalo výrazné ovlivnění vodního stavu v Libišské tůni výškou hladiny podzemní vody v oblasti. Za vysokých vodních stavů v Labi však dočasně převládá vliv řeky na výšku hladiny v jezeře. V průběhu roku nedochází v Libišské tůni k vertikální stratifikaci jezera na epi- a hypolimnion. Z výsledků měření některých fyzikálních parametrů v různých hloubkách vodního sloupce lze usuzovat, že v jezeře dochází k neustálému promíchávání celého objemu vlivem driftového proudění.

Analýzy chemismu vody v Libišské tůni ukázaly významný obsah organického znečištění vody ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{Mn}$ ). Vysoké hodnoty konduktivity (průměrně  $139 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) způsobila značná mineralizace jezerní vody. Z analyzovaných elektrolytů způsobená zejména zvýšeným obsahem chloridových aniontů. Zvýšené byly i hodnoty manganu ( $1,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Naopak koncentrace hlavních živin v podobě celkového anorg. dusíku a fosforečnanového fosforu byly nízké. V jezeře také zřejmě proto nedocházelo k většímu rozvoji řas a sinic, o čemž svědčí i relativně nízké koncentrace chlorofylu *a* (v porovnání s jezery stejného typu) i počet jedinců fytoplanktonu v mililitru vody. Hydrobiologický rozbor dále prokázal výrazné ovlivnění druhové i velikostní struktury zooplanktonu predaním tlakem planktonožravých ryb. Ty jsou do Libišské tůně každoročně místním rybářským svazem vysazovány. Zooplanktonu tak absolutně dominují jedinci s délkou těla menší než 0,3 mm. Větší druhy (zejména velcí filtrátoři ze skupiny Cladocera, např. rod *Daphnia*) jsou téměř úplně ze zooplanktonní cenózy eliminováni.

Zatížení sedimentů Libišské tůně těžkými kovy je největší v její severní části, ve vrchní vrstvě sedimentu. Jedná se především o střední až silnou kontaminaci kadmíem, rtutí, zinkem a olovem.

Je pravděpodobné, že znečištění vody (např. chloridy) a sedimentu (např. rtuť a zinek) Libišské tůně má původ v současných nebo i dřívějších výrobních procesech v chemickém podniku Spolana Neratovice a.s.

Autor si je vědom malého počtu analyzovaných vzorků v průběhu roku, stejně tak i relativně krátkého období, po které bylo jezero sledováno. Například pro plnohodnotné srovnání kvality vody s ČSN 75 7221 - klasifikace jakosti vod by bylo zapotřebí kvalitu vody v Libišské tůni sledovat po dva roky v měsíčních intervalech. Vzorky pro analýzu chemismu vody byly odebírány sezónně (jednou za roční období), je tedy pravděpodobné, že hodnoty vzešlé z četnějších odběrů během roku by se od hodnot uváděných v této práci v ročním průměru výrazně nelišily.

## 14. Závěr

Odstavené rameno Libišská tůň v přírodní rezervaci Černínovsko je příkladem doposud geomorfologicky zachovalé části odstaveného meandru Labe se zachovalým refugiem okolního lužního lesa.

Mezi vnějšími vlivy, působícími na ekosystém jezera, hraje významnou roli člověk. Zejména intenzivní chemická průmyslová výroba v posledních sto letech ve Spolaně Neratovice a.s., jejíž areál se rozkládá v bezprostřední blízkosti Libišské tůně, je jedním z antropogenních faktorů, narušujících přirozený stav jezera.

Severní část ramena je značně zazemněna a tento proces naustále pokračuje. Mají na něj vliv zejména rozsáhlé plochy rákosin, které se neustále zvětšují. Jednou z podmínek zachování stávajícího jezera je tak jejich potlačení, tedy občasná redukce. Pro zachování přirozeného společenstva planktonu je nutné výrazně omezit vysazování planktonožravých ryb do Libišské tůně a současně zvýšit podíl dravců. Nadměrné využívání jezera sportovními rybáři má negativní dopad i na břehovou strukturu jezera (sešlapávání a terénní úpravy břehu).

Revitalizace odstavených ramen je prováděná obvykle, tam, kde se již nevyskytují ohrožené druhy rostlin a živočichů, umělým navrácením sukcesního vývoje částečným nebo úplným vybagrováním. U některých odstavených ramen i přímým zprůčněním napojením na vodní tok. Při tomto opatření je nezbytné vzít v úvahu jakost vody v řece a zhodnotit možné negativní dopady. U dalších je možné provést odtěžení nánosů, které se většinou vyskytují v místech bývalého spojení s řekou. Na Libišskou tůň jsou však vázány chráněné druhy rostlin i živočichů, resp. voda v odstaveném ramenu vykazuje oproti vodě v Labi v některých parametrech výrazně odlišné hodnoty jakosti vody. Například vyšší obsah živin v labské vodě by mohl při opětovném propojení odstaveného ramena s řekou způsobit výraznější rozvoj fytoplanktonních organizmů v Libišské tůni. Z hlediska možných revitalizačních opatření se zdá, že ponechání odstaveného ramena přirozenému vývoji (s občasnou redukcí porostu rákosin) je, za současného stavu Libišské tůně, variantou nejlepší.

## 16. Literatura

Aigle, M. (1996): Size distribution in zooplankton by means of an image analysis system. Diplomová práce. PŘF UK, Praha. 147 pp.

Balátka, B., Loučková, J., Sládek, J. (1966) Vývoj hlavní erozní báze českých řek. Rozpravy ČSAV 76 (9): 75 pp.

Barnet, I. et al. (1992): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000 List 12 – 22 Mělník. ČGÚ, Praha. 39 pp.

Benefield, L. D., Judkins, J. F. (1982): Process chemistry for water and wastewater treatment. Prentice – Hall, Englewood Cliffs.

Bican, J. et al. (1986): Ecology of fishpond vegetation. In Hejný, S. et al.: Shallow lakes and ponds. Academia. Praha. 171 - 230

Boguszak, F., Císař, J (1961): Vývoj mapového zobrazení Československé socialistické republiky III. díl. Mapování a měření Českých zemí od poloviny 18. stol. do počátku 20. stol. Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha, 140 pp.

Brooks, J. L., Dodson, S. J. (1965): Predation, body size and composition of plankton. Science 150: 28 – 35.

Cole, G. A. (1979): Textbook of Limnology. The C.V. Mosby Company, St. Louis, Toronto, London. 426 pp

Czudek, T. (ed.) (1972): Geomorfologické členění ČSR. Studia geographica 23. Geografický ústav ČSAV, Brno. 137 pp + suppl.

Černý, M. (1986): Experimentální studie vlivu predace ryb na strukturu zooplanktonu: Copepoda. Diplomová práce. PŘF UK, Praha. 73 pp.

ČÚZK (1996): Základní mapa ČR 1 : 10 000. Český ústav zeměměřičský a katastrální, Praha

Fott, J. et al. (1980): Fish as a factor controlling water quality in pounds. In: Barica, J., Mur, L. R. [eds.], Hypertrophic ecosystems. Developm. Hydrobiol. 2: 255 – 261.

Furrer, R. (2000): Hintergrundbelastung der Elbe und ihrer Nebenflüsse mit Schwermetallen. In: ATV-DVWK: Gewässer Landschaften, BMBF Symposium Elbeforschung. ATV-DVWK, Hennef. 21 - 32

Gabriel, P. (2002): Metody splavňování Labe a jejich vliv na řeku a okolní prostředí. In: Geller, W. et al. (eds.): 10. Magdeburský seminář o ochraně vod. VÚV TGM, Povodí Labe s.p., 243 – 247.

Hlušička, A. et al. (1977): Okres Mělník. Textová část. Kartografie Praha. 32 pp

Hofmann, P. et al. (1965): Jednotné metody chemického rozboru vod. SNTL, Praha. 449 pp

Horáková, M. et al. (1986): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. SNTL, Praha. 475 pp.

Horník, S. et al. (1986): Fyzická geografie II. SPN Praha. 320 pp

Horne, A. J., Goldmann, Ch. R. (1994): Limnology. International editions, Mc. Graw Hill, Inc. 576 pp.

Hrbáček, J., Novotná, M. (1965): Plankton of four backwaters related to their size and fishstock. Rozpravy ČSAV 73 (13): 1 – 65.

Hrbáček, J. (1966): A morphometrical study of some backwater in relation to the representative plankton samples. In Hrbáček, J. [ed.] Hydrobiological Studies 1. Academia, Praha: 221 – 297.

Hrbáček, J. et al. (1972) Limnologické metody. SPN, Praha. 208 pp.

Husák, Š, Květ, J. (2000): Terminologie přirozených a umělých biotopů toků s odhadem počtu stojatých vod v aluviích v ČR. In: Pithart, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůní a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, p.16 – 20.

Hypr, D. et al. (2002): Hodnocení zatížení plavenin a sedimentů na českém úseku povodí Labe v letech 1999 – 2001. In: Geller, W. et al. (eds.): 10. Magdeburský seminář o ochraně vod. VÚV TGM, Povodí Labe s.p., 148 – 152.

Chalupová, D. (2003) Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů ve starém labském rameni u Doleháj u Kolína. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 102 pp + suppl.

Internet (1): Český hydrometeorologický úřad, <http://www.chmi.cz>

Internet (2): Ministerstvo životního prostředí ČR, <http://www.env.cz>

Internet (3): Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, <http://www.vuv.cz>

Internet (4): Labské luhy, <http://botany.natur.cuni.cz/cerny>

Internet (5): Obec Libiš, <http://www.libis.cz>

Janský, B. (1975) Mladotické hrazené jezero. Rigorosní práce. PřF UK, Praha. 96 pp + suppl.

Janský, B., Urbanová, H. (1994) Mladotice Lake – Siltation dynamics in the lake basin. *Acta Universitatis Carolinae – Geographica* 2: 95 – 109.

Janský, B. (1996) Tradice geografických výzkumů jezer na Karlově univerzitě. *Geografie – Sborník ČGS*, 101 (1): 59 – 63.

Janský, B., Šobr, M. et al. (2003): Jezera České republiky – současný stav geografického výzkumu. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK. 199 pp + suppl.

Kalina (2001): Systéma vývoj sinic a řas, Karolinum, Praha

KČT (2002): Mělnicko a Křivoklátsko. Soubor turistických map 1 : 50 000. Klub českých turistů, Praha

Kalff, J. (2002) Limnology. Prentice - Hall, Englewood Cliffs. 592 st ran.

Kubec, J.(1996): Vodní cesty světa. Aventinum, Praha

Kunský, J.(1974): Československo fyzicky zeměpisně. SPN, Praha

Langhammer, J. (2002): Modelování plošných zdrojů znečištění v českém povodí Labe. In: Geller, W. et al. (eds.): 10. Magdeburský seminář o ochraně vod. VÚV TGM, Povodí Labe s.p., 243 – 247.

Lellák, J. (1966) Influence of the removal of the fish population on the bottom animals of the five Elbe backwaters. In Hrbáček, J. [ed.] Hydrobiological Studies 1. Academia, Praha. 323 – 381.

Lellák, J., Kubíček, F. (1992): Hydrobiologie. Karolinum, Praha. 257 pp.

Ložek, V. (1951): Malakozoologické poměry luhu Černínovsko u Libiše. Ochrana přírody, 6, (1): 18 – 19.

Martínek, P. et al. (2002): Zatížení sedimentů vodních toků těžkými kovy a organickými látkami. In: Geller, W. et al. (eds.): 10. Magdeburský seminář o ochraně vod. VÚV TGM, Povodí Labe s.p., 95

Mc Cauley, E. (1984) The Estimation of the Abundance and Biomass of Zooplankton in Samples. In A Manual for the Assesment of Secondary Productivity in Fresh Water. IBP Hand Book. Chapt. 7: 228 – 265.

Miláček, J. (1994) Historie splavňovacích prací na středním Labi, Povodí Labe, Hradec Králové. 21 pp.

Mísař, Z. et al. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. SPN, Praha. 333 pp.

MKOL (1995 a) Labe a jeho povodí. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg. 47 pp.

MKOL (1995 b): Labe, cenný přírodní klenot Evropy. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg. 64 pp.

Morávková, M. (2000): Plán péče pro PR Černínovsko. OÚ Mělník, Mělník. 16 pp

Müller, G. (1979) Schwermetalle in den sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. Umschau 24: 778 – 783.

Nesměrák, I. et al. (1995) Projekt Labe. Výsledky a přínosy. VÚV TGM, Praha. 40 pp.

Němec, J. (1996) Chráněná území ČR. Střední Čechy. Consult, Praha. 320 pp.

Netopil, R. (1972): Hydrologie pevnin. Academia, Praha

Odum, E. P. (1977): Základy ekologie. SPN, Praha. 733 pp

Oulehle, F. (2002) Limnologie a hydrochemismus v NPR Rejvíz. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 62 pp + suppl.

Petřík et Heldes (1999): Frakcionace sedimentu. SPP č.PA02. Povodí Labe, s.p., Hradec Králové

Pithart, D., Pechar, L., Hrbáček, J. (2000): Fenomén tůň, úvod do morfologie, hydrologie a limnologie – In: Pithart, D. (ed.): Ekologie aluviálních tůň a říčních ramen., Botanický ústav AVČR, p.9-12

Pitter, P. (1981) Hydrochemie. VSTL, Praha. 568 pp.



Punčochář, P. et al. (1994) Ekologická studie k ochraně a utváření vodních struktur a břehových zón Labe. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg. 99 pp + suppl.

Pusch, M., Garcia, X. F (2002): Možnosti jednání pro zlepšení ekologického stavu Labe. In: Geller, W. et al. (eds.): 10. Magdeburský seminář o ochraně vod. VÚV TGM, Povodí Labe s.p., 99 – 100.

Quitt, E. (1971) Klimatické oblasti Československa. Studia Geographica 16. Geografický ústav ČSAV, Brno. 82 pp + suppl.

Reincke, (2000): Bewertung organischer Belastungen der Wasserphase und der Schwebstoffe in der Elbe. In: ATV-DVWK: Gewässer Landschaften, BMBF Symposium Elbeforschung. ATV-DVWK, Hennef. 119 – 131.

Slavík, B. (1988): Květena České socialistické republiky 1. Academia, Praha. 560 pp + suppl.

Šindlar, M. et al. (1992) Ekologická studie o ochraně a utváření vodních struktur a břehových zón Labe. Povodí Labe, Hradec Králové. 50 pp.

Šnajdr, M. (2002) Limnologické poměry, kvalita vody a sedimentů v mrtvém labském rameni u Obříství. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 86 pp + suppl.

Šobr, M. (1999) Jezero Laka. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 89 pp + suppl.

TOCOEN (2003): Shrnutí měření kontaminace okolí Spolany Neratovice polychlorovanými dibenzo-p-dioxiny, dibenzofurany a bifenyly po povodních 2002, podklady pro jednání meziresortní skupiny expertů, TOCOEN Report No. 236, Brno

Tomczak, G. (1963): Der Einfluss des Windes auf Oberflächenströmungen in Meer. Umschau 1963: 401 - 402

Trejtner, K. et al. (1978) Střední Labe. Povodí Labe, Hradec Králové. 236 pp.

Turekian, K. K., Wedepohl, K. H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Bull. Geol. Soc. Am. 72: 175 – 192.

Veselý, J., Görtlerová, P. (1996) Medieval Pollution of Fluvial Sediment in the Labe (Elbe) River, Bohemia. Věstník ČGÚ 71 (1): 51 – 56.

Vránek, T. (1999) Plešné jezero. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 96 pp + suppl.

Wetzel, R. G. (1983) Limnology. GBS College Publishing. 76 pp.

Zbořil, A. (1994) Prášilské jezero. Diplomová práce. PřF UK, Praha. 91 pp + suppl.