

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**



**Bakalářská práce**

**Velký Bolevecký rybník – historie a vývoj kvality  
koupací vody**

**Vedoucí práce: Ing. Jana Soukupová, Ph.D.**

**Bakalant: Michaela Vachovcová**

© 2023 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michaela Vachovcová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Velký Bolevecký rybník – historie a vývoj kvality koupací vody**

Název anglicky

**Velky Bolevecký pond – history and bathing water quality**

---

### Cíle práce

V literární rešerši studentka popíše historii Velkého Boleveckého rybníka a požadavky na kvalitu koupacích vod obecně.

Ve druhé části práce bude studentka hodnotit vývoj kvality koupací vody v dané lokalitě. Provede srovnání vybraných ukazatelů v časovém období před 15 lety, 5 lety a koupací sezony v roce 2021, ve smyslu srovnání s vyhláškou na kvalitu koupacích vod. Data z hygienické stanice o kvalitě koupací vody bude mít k dispozici.

### Metodika

literární rešerše – kvalita vod se zvláštním zaměřením na koupací vody

historický vývoj Velkého Boleveckého rybníka

vlastní práce – srovnání a grafické znázornění vývoje kvality vody ve Velkém Boleveckém rybníce, opatření, která ke změnám vedla a jejich nastínění do budoucna

#### Doporučený rozsah práce

40

#### Klíčová slova

rybník, kvalita vody, přírodní koupací vody, revitalizace

---

#### Doporučené zdroje informací

- CASANOVAS-MASSANA, A., BLANCH, A.R., 2013. Characterization of microbial populations associated with natural and swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(2), 132 – 137 s.
- EUROPEAN COMMISSION, © 2021: Bathing water quality (citováno) [cit. 2021.12.01] <<https://ec.europa.eu/environment/water/waterbathing/summary.html>>
- JŮZA, T., DURAS, J., BLABOLIL, P., SAJDLOVÁ, Z., HESS, J., CHOCHOLOUŠKOVÁ, Z., KUBEČKA, J., 2019. Recovery of the Velky Bolevecký pond (Plzen, Czech Republic) via biomanipulation – Key study for management. *Ecological Engineering*, 136. 167 – 176 s.
- NOVÁK L., IBLOVÁ M., ŠKOPEK V., 1986: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. SNTL. Praha. 243 s.
- SZÚ, © 2021: Kvalita rekreačních vod v ČR (citováno) [cit. 2021.12.01] <[http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info\\_listy/Kvalita\\_rekreatni\\_vody\\_2013.pdf?highlightWords=r](http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/info_listy/Kvalita_rekreatni_vody_2013.pdf?highlightWords=r)>
- ŠÁLEK J., TLAPÁK V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT. Praha. 283 s.
- Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

---

#### Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

#### Vedoucí práce

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

#### Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 13. 12. 2021

**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2021

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Velký Bolevecký rybník – historie a vývoj kvality koupací vody vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Tmové dne 30. 3. 2023

Michaela Vachovcová

### **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala především vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Soukupové, Ph.D., za odborné rady, připomínky a čas, který mi věnovala. Dále mé poděkování patří rodině a všem nejbližším za podporu a trpělivost.

# Velký Bolevecký rybník – historie a vývoj kvality koupací vody

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje Velkému Boleveckému rybníku v Plzni, jeho historii, vývoji v čase, začlenění do krajiny a kvalitě koupacích vod. V teoretické části byla přednesena možná zdravotní rizika vzniklá z koupacích vod a hodnocení jakosti těchto vod. Rešeršní část se dále zabývá dvěma významnými projekty, které se v průběhu nedávné doby uskutečnily na rybníce, a jejich působením na jakost koupacích vod. Výsledková část porovnává data z jednotlivých let, jako např. teplotu, průhlednost, mikrobiální znečištění, sinice a chlorofyl-a. Dle souhrnných poznatků je patrné, že vliv projektu na zlepšení kvality vody byl úspěšný, avšak v průběhu let se potýkal s několika nepředpokládanými výzvami, a to především přemnožením nežádoucích rostlin, výskytem cercárií a úbytkem vody v celém povodí. Zdařilý projekt biomanipulace by mohl být příkladem pro další koupací plochy v ČR, které se vyznačují zhoršenou kvalitou koupacích vod z hlediska nadměrného výskytu sinic. Druhý projekt dopouštění vody z řeky Berounky byl spuštěn na podzim roku 2022 a teprve postupem času se ukáže, jak tento krok ovlivnil stabilitu ekosystému rybníka a jeho rekreační využití.

**Klíčová slova:** rybník, kvalita vody, přírodní koupací vody, revitalizace, zdravotní rizika, sinice, biomanipulace, cercárie

# **Velky Bolevecký pond – history and bathing water quality**

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on „Velký bolevecký” pond in Pilsen, its history, development over time, its part in landscape and the quality of the water. The theoretic part brings out possible health complications of the pond’s water and assessment of the quality. Theory also deals with two significant projects which have been recently done on the pond and their impact on the water’s quality. Results compare data throughout the years. The data is about water temperature, transparency, microbial pollution, cyanobacteria and chlorophyll-a. These results show that the project implemented to better the water’s quality has been successful, although it has been faced with several unexpected challenges. Namely the overpopulation of unwanted plants, occurrence of cercariae and water loss in the whole basin. The successful project of biomanipulation is a great example for other bathing areas in the Czech Republic, which are dealing with aggravated quality of waters in terms of cyanobacteria’s excessive occurrence. The second project, which deals with filling the pond with the water from Berounka river was launched in fall 2022 and only the time will show, how can this step affect the stability of the pond’s ecosystem and its recreational usage.

**Keywords:** pond, the quality of the water, natural bathing water, revitalization, health complications, cyanobacteria, biomanipulation, cercaria,

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Rešeršní (teoretická) část .....</b>	<b>3</b>
3.1 Definice pojmů .....	3
3.1.1 Vodní dílo .....	3
3.1.2 Rybník .....	3
3.1.3 Přírodní koupaliště .....	3
3.2 Historie Velkého Boleveckého rybníka .....	4
<b>4. Charakteristika studijního území.....</b>	<b>7</b>
4.1 Lokalizace a charakteristika území .....	7
4.1.1 Lokalizace .....	7
4.1.2 Hydrologie a hydrografie .....	8
4.1.3 Geomorfologie, geologie, půdní poměry .....	9
4.1.4 Klima .....	10
4.2 Přírodní památky a rezervace .....	10
4.3 Rekreační funkce .....	12
4.4 Projekt zlepšení jakosti vody rybníka .....	13
4.4.1 Ošetření sedimentu .....	14
4.4.2 Biomanipulace .....	14
4.5 Projekt dopouštění vody .....	18
<b>5. Obecné požadavky na jakost vody při koupání .....</b>	<b>22</b>
5.1 Voda a rekreace .....	22
5.1.1 Pozitivní funkce vody .....	22
5.1.2 Zdravotní rizika .....	23
5.2 Rozdělení koupacích vod .....	26
5.3 Způsob hodnocení jakosti vody .....	27
5.4 Monitorovací kalendář a četnost rozborů .....	30
<b>6. Výsledky .....</b>	<b>32</b>
6.1 Mikrobiální znečištění .....	32
6.2 Sinice a chlorofyl-a .....	33
6.3 Průhlednost vody .....	36
6.4 Teplota vody .....	37
6.5 Cerkáriová dermatitida .....	38
<b>7. Diskuze .....</b>	<b>39</b>



<b>8. Závěr a přínos práce .....</b>	<b>41</b>
<b>9. Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>42</b>
<b>10. Přílohy .....</b>	<b>49</b>
<b>11. Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>52</b>
Seznam obrázků .....	52
Seznam tabulek .....	53
<b>12. Seznam použitých zkratek .....</b>	<b>54</b>

## 1. Úvod

Práce si klade za cíl vypracovat sjednocený dokument, který čtenářům poskytne údaje o Velkém Boleveckém rybníku, jeho začlenění do krajiny, rekreační funkci a vývoji kvality koupací vody. Historie rybníka a celé rybníční soustavy je zpracována formou rešerše odborné literatury. V rámci teoretické části bude stručně popsána fauna a flóra ekosystému rybníka, zejména pak rostlinstvo, které se výrazně podílí na kvalitě vody. Dále jsou v práci představeny dva nejdůležitější projekty v rámci novodobé historie rybníka a jejich vliv na kvalitu vody. Podkladem pro analýzu a vývoj jakosti koupací vody a hodnocení některých ukazatelů jsou data poskytnutá Krajskou hygienickou stanicí v Plzni. V rámci pozorování byl proveden terénní průzkum dané lokality, proběhla fotodokumentace a fotky byly následně použity jako doplnění bakalářské práce.

## 2. Cíl práce a metodika

V první části práce bude provedena literární rešerše historie Velkého Boleveckého rybníka a požadavky na kvalitu koupacích vod obecně.

Ve druhé části práce bude hodnocen vývoj kvality koupací vody v dané lokalitě. Bude provedeno srovnání vybraných ukazatelů v časovém období v koupacích sezónách 2006, 2016 a 2021, ve smyslu srovnání s vyhláškou na kvalitu koupacích vod. Pro pochopení souvislostí vývoje ukazatele a znázornění situace je vždy daný ukazatel v grafu vyobrazen v období let 2004-2022. V rámci analýzy bude proveden průzkum vývoje jakosti koupací vody a bude potvrzena či vyvrácena hypotéza, zda projekt na zlepšení jakosti koupací vody spuštěný v roce 2006 měl významný vliv na kvalitu vody. Práce bude doplněna vlastním pozorováním a fotografiemi průzkumu lokality.

Autorka práce se v některých případech účastnila odbírání vzorků koupacích vod. Při odběru na místě je stanovována teplota vody a vzduchu, je zaznamenáno aktuální počasí, subjektivní hodnocení vody, znečištění organického a anorganického původu, přítomnost vodního květu a stanovení průhlednosti pomocí Seccioho desky, která je spouštěna do hloubky.

V rámci metodiky byla KHS Plzeň poskytnuta data o kvalitě koupacích vod, která byla rozříděna, chronologicky seřazena a použita pro vlastní práci. Pro hodnocení vývoje jakosti byly vybrány ukazatele mikrobiálního znečištění, a to zástupců *Escherichia coli* a intestinálních enterokoků, dále ukazatelů sinic, chlorofylu-a, průhlednosti a teploty vody. Předložené ukazatele jsou stanovovány na Velkém Boleveckém rybníce na dvou vzorkovacích místech, na pláži u restaurace Ostende a u hráze. Četnost odběrů je 1x nebo 2x měsíčně podle závislosti na výskytu sinic v předchozích čtyřech sezónách, počet odběrů před sezonou určuje monitorovací kalendář pro daný rok. U poskytnutých dat byl u každého ukazatele proveden aritmetický průměr, dalším krokem pak bylo vyhotovení grafu se znázorněním vývoje daného ukazatele za dané období.

### **3. Rešeršní (teoretická) část**

#### **3.1 Definice pojmů**

##### **3.1.1 Vodní dílo**

Vodní dílo definuje § 55 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Mezi vodní díla patří podle vodního zákona stavby, které například uměle usměřují odtok povrchových vod, slouží ke vzdouvání a zadržování povrchových vod, slouží k nakládání s vodami, případně i k ochraně škodlivých účinků povrchových vod, a dále i stavby, které využívají energetický potenciál vody. Jedná se zejména o přehradu, hráze, vodní nádrže, stavby na ochranu před povodněmi, kanalizační stoky, stavby odkališť, vodovodní řady, studny apod.

##### **3.1.2 Rybník**

Pojem rybník vymezuje § 2 zákona č. 99/2004., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství). Rybník je vodní dílo, které je určeno pro chov ryb, lze v něm regulovat vodní hladinu, je možno jej vypouštět a slovit. Rybník je vytvářen hrází, nádrží a dalšími technickými zařízeními.

Rybník je rovněž významným krajinným prvkem, který v krajině plní funkci ekologicko-stabilizační jako např. dočišťovací nádrže a nádrže s rekreačním významem (MŽP ©2020). Šálek (2006) zmiňuje, že rybník patří mezi malé vodní nádrže, které významně ovlivňují charakter krajiny, plní klimatické a estetické funkce v krajině a zadržují vodu v krajině.

##### **3.1.3 Přírodní koupaliště**

Definici přírodního koupaliště určuje § 6 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, který udává, že tímto termínem se rozumí stavba nebo nádrž povolená ke koupání a ve které je zároveň řízený odtok a přítok vody s pravidelnou výměnou vody. Zdrojem musí být buď pitná voda, neupravená podzemní nebo povrchová voda. Dále to je stavba, povolená k účelu koupání, která má přírodní způsob čištění vody, popř. povrchová voda, ve které nabízí službu provozovatel.

### 3.2 Historie Velkého Boleveckého rybníka

Historie Bolevecké rybníční soustavy sahá až do 15. století, kdy v roce 1460 se datuje založení prvního rybníka z celé soustavy, a to Velkého Boleveckého. Jedná se o pozdně gotickou soustavu, která svým stářím překonává i významné třeboňské rybníky. Nové rybníky byly na území Čech v této době v rozmachu, byly zakládány zejména k chovu sladkovodních ryb, v zimě pak sloužily k těžbě ledu (Zelený, 2021).

Jak uvádí Andrlé a kol. (2004) byl v roce 2002 proveden stavebně historický průzkum ve snaze blíže specifikovat založení Bolevecké rybníční soustavy, byla provedena dendrochronologická analýza dochovaných dřevěných zařízení rybníků s cílem přiblížit poznatky o rybníční soustavě. Soustava byla vybudována na katastrálním území vsi Bolevec, která je v písemných pramenech zmiňována již v roce 1382. Ves Bolevec (dříve zvaná Voleves, Olevec) patřila ještě počátkem 15. století kapitule u svatého Apolináře na Novém Městě pražském. V dubnu roku 1460 zakoupilo město Plzeň za 200 kop českých grošů a dále s ročním platem 20 kop obec, se kterou již v té době počítalo pro rybníční hospodářství. Rybníky byly budovány převážně na Boleveckém potoce, který je méně významným levostranným přítokem řeky Mže. Dnešní uspořádání soustavy je dáno historickými změnami v krajině, kdy některé rybníky zanikaly a jiné naopak vznikly. Od roku 1646 je Velký rybník uváděn jako nejvýznamnější co do chovu kaprů.

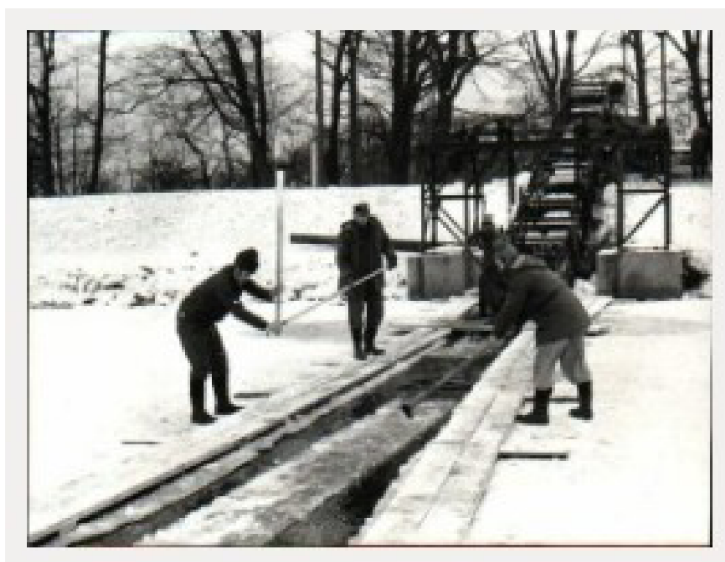
Na obr. č. 1 je výřez z mapy II. vojenského (Františkova) mapování z období 1806-1869, kde je vyobrazena obec Bolevec a soustava Boleveckých rybníků, z nichž na mapě je patrný Třemošenský, Senecký, Košinář a Velký Bolevecký (Oldmaps ©2023).

V roce 1881 je zaznamenána těžba ledových ker (obr. č. 2) z rybníka a jejich odvoz do ležáckých sklepů Měšťanského pivovaru, dnešního pivovaru Plzeňského Prazdroje. Studený vzduch a odkapávající voda z ledu se využívala k chlazení plzeňského piva. Led se v pivovaru skladoval za pomoci dřeva, popela, písku a lepenky natřené dehtem. Kolem roku 1920 významně narůstá spotřeba ledu, pivovar uvádí, že v rybníce je vytěženo 600 vagonů ledu. Poslední těžba je datována rokem 1987 (Plzeňský Prazdroj ©2023).



Obrázek 1: Bolevecká rybníční soustava na mapě II. vojenského mapování – Čechy, mapový list W\_10\_IV

*Zdroj: (Oldmaps, ©2023) a (Military Archive, Vienna)*



Obrázek 2: Těžba ledu na Boleveckém rybníce

*Zdroj: Plzeňský Prazdroj ©2023*

Rybník již pravděpodobně dříve sloužil i pro občasné koupání obyvatel okolních obcí, ale v roce 1921 je oficiálně uváděno, že Měšťanský pivovar si propachtoval vodní plochu pro provoz kluziště a plovárnu s cílem zřídit zde výletní místo. Za tímto účelem byla plocha rozčleněna na klidovou oblast určenou pro zimoviště ryb a na oblast pro rekreační účely. Pro koupání byly určeny plochy pod restaurací, u lesa pod Bílou Horou a u hráze. Na severní straně bylo zřízeno zázemí pro návštěvníky, převlékárny, půjčovna loděk, později i výletní restaurace Ostende (obr. č. 3). V roce 1956 byl na severozápadním břehu, v místě dřívějších malých rybníčků a domu ozdravovny, zřízen autokemp Ostende (Čadek, 2022).



Obrázek 3: Pohled na Velký Bolevecký rybník od výletní restaurace Ostende

*Zdroj: Bolevak ©2023a*

## 4. Charakteristika studijního území

### 4.1 Lokalizace a charakteristika území

#### 4.1.1 Lokalizace

Zájmové území se nachází v okrese Plzeň–město, který je součástí Plzeňského kraje, je to nejmenší a zároveň nelidnatější okres tohoto kraje. Již od roku 1295, kdy se datuje založení města Plzně, je místo významným centrem na křižovatce obchodních tras mezi Prahou, Norimberkem a Řeznem. Město bylo založeno na soutoku čtyř řek Mže, Úhlavy, Úslavy a Radbuzy, které se postupně na území města slévají v řeku Berounku. Město se nachází v nejjihnější části Plzeňské kotliny, která je obklopena několika homolemi – Radyní (567 m n. m), Chlumem (416 m n.m.), Sylvánským vrchem (414 m n.m.) a na severu Krkavcem (504 m n.m.). Okolí města je tvořeno četnými lesy a soustavou Boleveckých rybníků (ČSÚ ©2021).



Obrázek 4: Pohled na Velký Bolevecký rybník od hráze, uprostřed ostrůvek

*Zdroj: foto archiv Jana Soukupová, 2018*

Na obrázku č. 4 vpravo lze pozorovat vystoupení ostrůvku, což je způsobeno nízkou hladinou vody rybníka.

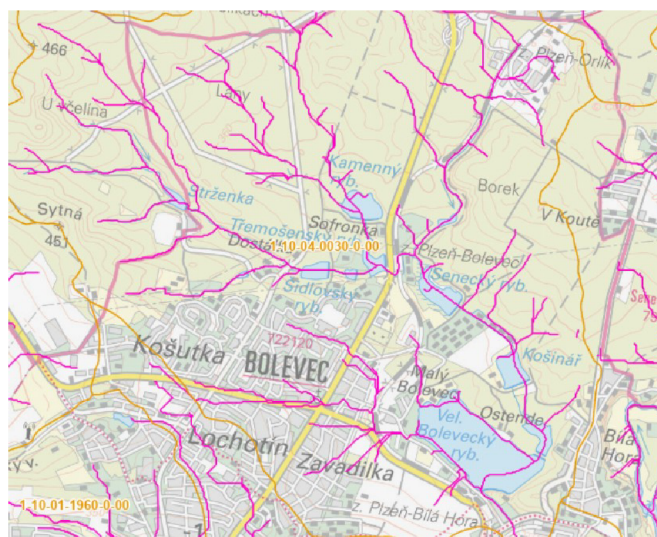


Velký Bolevecký rybník (obr. č. 4) je součástí Bolevecké rybníční soustavy, založené na Boleveckém potoce. Významný ekosystém rybníční soustavy je tvořen rybníky Strženka, Šídlovský, Nováček, Třemošenský, Senecký, Košinář, Velký Bolevecký a Malý Bolevecký (Chobot), Kamenný, Vydymáček a Rozkopaný (SVSMP ©2023a). V nadmořské výšce 312 m je vybudován Velký Bolevecký rybník, od kterého byl v roce 1954 oddělen Malý Bolevecký rybník. Dnešní rozloha rybníka je uváděna 43,3 ha.

#### 4.1.2 Hydrologie a hydrografie

Bolevecký potok, který je hlavním zdrojem vody pro Boleveckou rybníční soustavu pramení v sousedním katastru obce Chotíkov, v oblasti lesů mezi vrchy Sytná a Malý Krkavec, v nadmořské výšce 400 m. Potok je těžištěm oblasti Bolevecké rybníční soustavy, protéká kotlinou a v místě pod Masarykovým mostem se vlévá do řeky Berounky. Vzhledem k tomu, že vodnost potoka není nijak významná (pouze 0,004 m<sup>3</sup>/s), je s podivem, jak naši předci dokázali i přes tuto nepřízeň důmyslně využít po technické stránce omezený vodní zdroj a co nejvíce zadržet vodu v krajině (Janeček a kol. 2001).

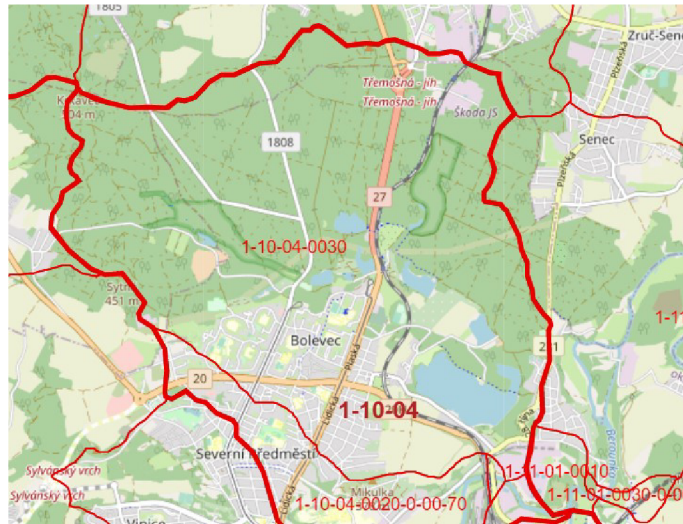
Dalším významným zdrojem pro rybník jsou infiltrace podzemní vody na severním konci nádrže. Podle vodnosti v daném období je uváděna doba zadržení vody v rozsahu cca 1-4 let.



Obrázek 5: Výřez odtokových poměrů Bolevecké rybníční soustavy

*Zdroj: Voda v krajině, 2023*

Zájmové území patří do úmoří Severního moře, povodí 1. řádu Labe, 2. řádu Berounka, 3. řádu Radbuza, 4. řádu Bolevecký potok. Plocha povodí Boleveckého potoka zaujímá plochu 16,73 km<sup>2</sup> (ČHMÚ ©2023).



Obrázek 6: Rozvodnice povodí 1.–4. řádu v oblasti Bolevecké rybníční soustavy

Zdroj: ČHMÚ ©2023

#### 4.1.3 Geomorfologie, geologie, půdní poměry

Z hlediska geomorfologického je předmětné území začleněno v těchto jednotkách (řazeno hierarchicky):

- provincie Česká vysočina
- subprovincie Poberounská
- oblast Plzeňská pahorkatina
- celek Plaská pahorkatina
- podcelek Kaznějovská pahorkatina
- Hornobřízská pahorkatina
- Třemošenská pahorkatina
- Bolevecká část (ČÚZK ©2023).

Plzeňská pánev je v severní části, kde se nachází i rybníční soustava, řazena do platformní jednotky limnického permokarbonu. Vyskytuje se zde mocné souvrství sedimentů mladšího paleozoika s výskytem slepence, pískovce, arkózy, jílovce, prachovce a uhelných slojek. Středně úrodné kambizemě jsou zde významně zastoupeny, dále se zde vyskytují

půdy spíše lehčí a chudší, hnědé lesní půdy a podzoly, u podmáčených lokalit rybníční soustavy jsou půdy oglejené, u Kamenného rybníka se objevují organozemě (MMP ©2023a).

#### 4.1.4 Klima

Klimatické podmínky v Plzeňské kotlině jsou dle Quitta (1971) zařazeny do mírně teplé oblasti MT11 s dlouhým a suchým létem, suchou zimou s krátkodobější sněhovou pokrývkou, přechodná období jara a podzimu jsou spíše mírně teplá.

Roční průměrné teploty se pohybují v rozmezí 7,3–8,0 °C a průměrné roční srážky dosahují hodnot 518–530,6 mm. V kotlině dochází vzhledem k jejímu tvaru často i k inverzím, které vznikají na rozhraní 350–500 m n.m (MMP ©2023a).

## 4.2 Přírodní památky a rezervace

Z přírodních památek v Bolevecké rybníční soustavě je možno navštívit přírodní památku Doubí u rybníka Vydymáček, která ochraňuje zbytky borové doubravy s dvěma sty let starými duby. Tato lokalita je zajímavá i výskytem vzácného hmyzu vázaného na staré listnaté porosty, např. tesařika *Acimerus schaefferi*. Při západním břehu Kamenného rybníka se nachází přírodní rezervace stejnojmenného názvu o výměře cca 11,4 ha, která chrání rašeliniště významné výskytem rašelinné fauny a flory, a pozůstatky přírodní slatinné louky s výskytem vzácných druhů rostlin, např. kosatec sibiřský a prha arnika. Podél Boleveckého potoka u rybníka Strženka se nachází další přírodní rezervace Petrovka s geomorfologickou zajímavostí Petrovská jáma. Nachází se zde jedno z nejstarších rašelinišť na Plzeňsku, z botanického hlediska je lokalita významná výskytem kapradě hřebenité, bělozářky liliové a vstavačem mužským (MMP ©2023b).

Za zmínku dále stojí Arboretum Sofronka (obr. č. 7), které bylo založeno roku 1956 jako pobočka pracoviště Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti se sídlem v Praze–Zbraslavi. Od roku 2010 přešla správa arboreta pod MMP odbor SVSmP, od té doby slouží arboretum jako areál pro lesní pedagogiku a vzdělávání v přírodě, a také jako sbírka borovic. Za dobu existence zahrady zde bylo vysázeno 61 různých druhů borovic, v současné době se zde nachází 16 druhů borovic trvale rostoucích a 14 druhů po jednom či dvou exemplářích. Sběrka pinií je významnou sbírkou na evropském kontinentu; arboretum bylo zařazeno na seznam nejvýznamnějších botanických zahrad a arboret v centrálním registru v Readingu (SVSmP ©2023b).



Obrázek 7: *Pinus hwangshanensis*, Arboretum Sofronka

*Zdroj: Arboretum Sofronka, Plzeň 2023*

Na hrázi Boleveckého rybníka se nacházejí tři původní duby letní pocházející z 15. století z doby založení rybníka (obr. č. 8). Památnými stromy byly vyhlášeny roku 1987, jsou významné svým stářím a vzrůstem, výška se udává 29 m, 17 m a 17 m, obvod kmene činí 7,1 m, 5,7 m a 4,6 m (MMP ©2023c).

Jak uvádí Novák (1986), vhodně složený vegetační fond na březích rybníků tvoří vyvážené přirozené pozadí a zlepšuje přírodní a životní prostředí dané lokality. Žádoucí je zejména osázení stromové a keřové vegetace na hrázích, jež podporuje její stabilitu, a zároveň plní funkci estetickou.



Obrázek 8: Duby na hrázi Boleveckého rybníka v zimním období, 2023

*Zdroj: foto autora, 2023*

#### **4.3 Rekreační funkce**

Vzhledem k blízkosti města Plzně je v dnešní době celá rybníční soustava, a zejména Velký Bolevecký rybník, hojně využívána k rekreačním účelům pro širokou veřejnost ve všech ročních obdobích. Okolí rybníků je protkáno mnoha turistickými cestami, pěšími naučnými stezkami, cyklostezkami, některé trasy jsou určeny i pro vozičkáře a kočárky (obr. č. 9). V současnosti se na severozápadním břehu rybníka nachází kemp Ostende, který nabízí ubytování ve 49 chatkách, 5 bungalovech, dále poskytuje 80 míst pro karavany a 100 míst pro stany. Pro hosty je k dispozici recepce, parkoviště, sociální zázemí, hřiště na volejbal a nohejbal, půjčovna sportovního vybavení a celoročně otevřená restaurace, sloužící i pro neubytované návštěvníky. Provozovatel kempu současně provozuje i písčnou pláž Ostende na severním okraji rybníka, která je určena pro širokou veřejnost. Součástí vybavení je bistro s venkovní terasou, půjčovna loděk, venkovní posilovna, převlékárny a veřejné WC. Bolevecký rybník je dobře dosažitelný MHD dopravou, dále jsou v okolí rybníka k dispozici tři parkovací plochy pro návštěvníky. Na jižní straně rybníka jsou situovány loděnice dvou jachetních oddílů (Autocamp Ostende Bolevák ©2022) a (Bolevák ©2023a).



Obrázek 9: Informační tabule s kondičními okruhy kolem Boleveckých rybníků – současnost

*Zdroj: foto autora, 2023*

#### 4.4 Projekt zlepšení jakosti vody rybníka

Dnešní sladké vody se vyznačují významným znečištěním rybníků a nádrží zejména zvýšeným fosforem a s ním spojeným výskytem vodního květu a řas. V roce 2006 byl na Velkém Boleveckém rybníce započat proces zlepšení jakosti vody, který si kládł za cíl snížení přísunu živin a převedení dříve eutrofického systému na systém oligotrofní. Jůza a kol. (2019) se zabývá myšlenkou, že tento přístup by mohl být příkladem i pro jiné lokality potýkající se se zhoršenou kvalitou vod. V současné době je eutrofizace vod vlivem vysokého zatížení živinami významným enviromentálním problémem po celém světě. V dokumentu autor popisuje hlavní aspekty projektu, kterými jsou především vysazování dravých ryb, použití koagulantů vázajících fosfor, a to vše za použití nevysokých finančních nákladů. Nejvyšší finanční výdaje představuje každoroční těžba makrofyt.

Problém eutrofizace povrchových vod zmiňuje i Xu (2022), který uvádí, že v důsledku antropogenní činnosti jsou dnes řeky, jezera a pobřežní oblasti zatíženy vysokým obsahem živin a organických látek. Vysoká eutrofizace má pak za následek neschopnost vody využívat živiny a organické látky a často vede k přemnožení řas a sinic

#### 4.4.1 Ošetření sedimentu

Úprava kvality koupací vody byla provedena za pomoci síranu hlinitého  $Al_2(SO_4)_3$ , který se využívá jako koagulant ve vodárenství a kterým lze zasáhnout do koloběhu fosforu. V červenci 2006 bylo v Boleveckém rybníce aplikováno na hladinu  $80\text{ m}^3$  roztoku  $Al_2(SO_4)_3$ , který fosfor pevně navázal a uložil na dně rybníka do sedimentu. Dále bylo provedeno zvýšení množství železa v sedimentu, k zamezení fosforu, aby se uvolňoval pro potřeby růstu sinic, řas a rostlin. Dodávka železa byla realizována za pomoci vody z vrtu s vysokým obsahem Fe (Duras 2007).

Sondergaard a kol. (2001) ve své studii uvádí, že fosfor uložený na dně jezer, může být ze sedimentu postupně uvolňován až několik desetiletí. Ke snížení fosforu v sedimentu doporučuje odstranění mechanickou cestou a to odbagrováním. Přímé odstranění sedimentu pomáhá účinně snížit zdroje živin ve vodě.

#### 4.4.2 Biomanipulace

Nejvýznamnější součástí projektu byly úpravy týkající se zásahu do rybního společenstva a podpora růstu vhodných vodních rostlin. Dle Vaška (2013) je nutno v takovém případě významně snížit rybí osádku býložravých ryb a za pomoci dravých ryb udržovat dobrou kvalitu vody v jezerech a nádržích. Jako nejvhodnější v našich podmínkách uvádí chov štiky obecné, candáta obecného, bolena dravého nebo sumce velkého. Vysazováním a podporou těchto druhů ryb je možno stabilizovat rybí osádku a udržovat planktožravé druhy ryb v optimálním rozmezí.

Duras (2007) zmiňuje, že v Boleveckém rybníce byla v roce 2006 odlovem regulována rybí osádka, zejména kaprů obecných, o 30 % a v dalších letech bude odlov těchto ryb nadále pokračovat. Nežádoucími druhy ryb jsou i plotice, perlín a cejni. V rybníce je nutno udržovat vhodné druhové složení ryb, kdy pro snížení fosforu je nutno zajistit alespoň 25 % populace dravých ryb. V roce 2012 se uvádí, že v letech 2008-2010 byla rybí osádka kaprů, plotic a cejnů snížena až na hranici 95 % biomasy.

Dalším důležitým faktorem ke zlepšení jakosti vody je regulace a osazování vhodných vodních rostlin. V rámci projektu bylo dále zvoleno doplnění vhodných druhů rostlin, podpora růstu, případně jejich dosázení. Jedná se o ponořené vodní rostliny, které významně přispívají k eutrofizaci vod. Jako nejvhodnější jsou uváděny tyto druhy: stolítek klasnatý, parožnatka, lakušník štítnatý, vodní mor kanadský, vodní mor americký (Bolevak, ©2023b).

Některé druhy se však ve vhodných podmínkách rychle šíří, jako např. vodní mor kanadský (obr. č. 10) nebo vodní mor americký, který se volně vznáší ve vodě a při odlomení vytvoří novou rostlinu a v krátkém čase se stane invazivní rostlinou. Dorůstá délky 50–300 cm, postupem času vytváří mohutnou biomasu, kterou je nutno podle Sedláka (2008) při přemnožení odstranit kosením.

Rozboru vodního moru se věnuje článek z časopisu *Journal Aqua Plant Management*, který v současnosti určuje již 5 druhů invazivního vodního moru – rodu *Elodea*. Jednotlivé druhy jsou obtížně rozpoznatelné, protože vzhledově jsou si velmi podobné. V ČR se nejvíce vyskytuje vodní mor kanadský, který má obvykle tři čárkovité listy v přeslenech a na rozdíl od ostatních druhů postrádá výrazné vroubkování listů (Bowmer, 1995).

Prvním důležitým druhem, který se po biomanipulaci uchýlil, byl domácí druh stolítek klasnatý. Dále byly na dně rybníka potvrzen výskyt úporu a zevaru (Duras, 2022).

Jedná se o vytrvalou vodní rostlinu s plazivým oddenkem (obr. č. 11), která dorůstá délky až 3 m. Při přemnožení je nežádoucím plevelem a je nutno ji regulovat kosením. Vyskytuje se v pomalu tekoucích a stojatých vodách, rybnících, tůních, lomech a slepých ramenech (Botany, 2023).





Obrázek 10: vodní mor kanadský

*Zdroj: Botany, 2023*



Obrázek 11: stolítek klasnatý

*Zdroj: Botany, 2023*

Od roku 2011 však docházelo k postupnému zvyšování biomasy, která se musela začít regulovat. Nejvíce se v rybníce rozšířil vodní mor kanadský, který svým vzrůstem začal obtěžovat plavce a jachtaře a při koupání působil neesteticky. V roce 2013 město zakoupilo speciální vyžínací loď typu Harvester ke kosení biomasy, tento postup je každý

rok nutno opakovat a neustále biomasu regulovat. Na obrázku č. 13 je vidět v provozu loď Bolek, která kosí rostliny až do hloubky 1,8 m.



Obrázek 12: Pohled na rybník od hráze, vlevo vyžínací loď Bolek

*Zdroj: foto Jana Soukupová, 2018*



Obrázek 13: Harvestor uložen v zimních měsících, současnost

*Zdroj: foto autora, 2023*

#### 4.5 Projekt dopouštění vody

V posledních letech dochází k tomu, že v Boleveckém rybníce je dlouhodobě nízká hladina vody, která v letních měsících ještě vlivem výparu z hladiny graduje. Příčin je dle autora článku RNDr. Jindřicha Durase (Asb-portal, ©2023) několik. Jednak je to dáno rozlohou povodí, které není nijak významně velké, rybník je zároveň poslední v soustavě – voda v rybníce se obměňuje velice pomalu, dále je to způsobeno dlouhodobým poklesem srážek v povodí. Dalším faktorem je, že v povodí vzniklo postupem let největší plzeňské sídliště (zaujímá až čtvrtinu plochy povodí), ze kterého je srážková voda ze zpevněných ploch odváděna přímo do jednotné kanalizace, a ne do Boleveckého potoka. Trend významného úbytku vody započal v roce 2017, a jak je patrné z obrázku č. 14, chybělo v roce 2021 ve vodním sloupci 1,2 m vody.

Problémem nedostatečného zadržení vody v krajině se zabývá i Šálek (2006), jenž upozorňuje na nutnost pečlivého plánování opatření vedoucích ke zvýšení ekologické funkce krajiny. Opatření by měla být vždy komplexní a měla by zahrnovat kombinace několik hledisek – biologické, agrotechnické, vodohospodářské, organizační apod.



Obrázek 14: Vývoj hladiny Velkého Boleveckého rybníka v letech 2017–2022 dle měření SVSmp.

Zdroj: Statutární město Plzeň, 2023

V roce 2019 začalo město Plzeň tuto situaci řešit a nechalo zpracovat studii o možnostech zlepšení vodohospodářské bilance v povodí Boleveckého potoka. V studii byly navrženy tyto 4 varianty:

- A – odvedení dešťových vod z horní části povodí
- B – využití podzemní vody
- C – využití vody z Berounky
- D – využití vyčištěných vod z ČOV.

U každé varianty byl vždy představen základní princip řešení, výhody a nevýhody a finanční bilance. Po zvážení variant vybralo město variantu C, tedy využití přečištěné vody z Berounky, a na jaře roku 2022 byla započata realizace projektu. Dokončení akce proběhlo na podzim 2022 a v září byla do rybníka přečerpána první upravená voda. Surová voda je jímána v řece Berounce, dále je mechanicky přečištěna přes automatické filtry, poté se dávkuje koagulant, který zapříčiňuje vysrážení většiny nečistot. Druhým stupněm čištění je pak keramická membrána s velikostí ok 0,1  $\mu\text{m}$ , která zachycuje z vody především fosfor, organické znečištění, zákal, barvu, bakterie, některé viry a račí mor. Třetím stupněm vody je její dezinfekce bez použití chemikálií pouze za pomoci UV záření. Pomocí výtlačného potrubí je voda z úpravní transportována do Velkého Boleveckého rybníka, na obr. č. 15 je vyobrazena výpust', ze které je voda dopouštěna do rybníka (Město Plzeň©2023a).



Obrázek 15: Vypouštění přečištěné vody z Berounky do Velkého Boleveckého rybníka – současnost

*Zdroj: foto autora, 2023*

Snížená hladina vody v rybníce působí také na rychlejší růst rostlin a jejich přemnožení, problém při nízkém stavu vody má rovněž sekací loď Bolek, která má vzhledem ke snížení plochy rybníka i sníženou možnost vykládat biomasu na určeném místě (SVSmP ©2023c).

V březnu 2023 byly městem Plzeň spuštěny internetové stránky pro veřejnost, které zobrazují denní a měsíční bilanci čerpání vody do rybníka, aktuální teplotu a každodenní výšku hladiny rybníka. Přecherpání vody neprobíhá denně, v úpravně jsou plánovány technické odstávky, kdy probíhá čištění filtrů. Dále k čerpání vody nedochází při zvýšeném zákalu v řece Berounce a ani při sníženém průtoku vody v řece. V řece je nutno zachovat minimální průtok vody. Dle dostupných informací se hladina rybníka od poloviny prosince do poloviny března po spuštění čerpání vody navýšila o 30 cm, do normální hladiny rybníka zbývá ještě 65 cm vody (Město Plzeň ©2023b).



Obrázek 16: Aktuální informace o stavu hladiny a teploty vody Velkého Boleveckého rybníka

Zdroj: Město Plzeň ©2023b

## 5. Obecné požadavky na jakost vody při koupání

### 5.1 Voda a rekreace

Vodní plochy jsou častokrát využívány ke koupání a různým rekreačním účelům dnešních obyvatel. S rozvojem moderní společnosti došlo k nárůstu volného času populace, a to vedlo k využívání volného času, mimo jiné i k činnostem spojeným s rekreací u vodních ploch. Člověk využívá vodní plochu k aktivnímu odpočinku, relaxaci, rozvoje osobnosti a zábavě. U vodních ploch je možno provozovat různé druhy činností – koupání, plavání, veslování, potápění, plachtění, slunění, krátkodobý pobyt ve vodě apod. Vodní plochy je dále možno využívat celoročně, např. i v zimních měsících – otužování a zimní plavání, bruslení, lední hokej apod. (Říha, 1987).

Jak uvádí Casanova-Massanas (2013), jsou v dnešní době přírodní koupací plochy bez chemické dezinfekce veřejností velmi žádané, v těchto koupacích vodách je voda přečišťována pouze za pomoci mechanických technik, biologických filtrů a vhodných rostlin. Lidé se přiklánějí ke koupání v přírodních vodách s absencí chemikálií a chloru, které mohou způsobovat podráždění očí a pokožky.

#### 5.1.1 Pozitivní funkce vody

Jak popisuje Říha (1987), mají činnosti spojené s koupáním ve vodách přírodního charakteru řadu pozitivních, ale i negativních účinků. Pozitivní funkce vody pro člověka spočívá zejména v podpoře a upevňování zdraví, aktivním odpočinku, regeneraci sil a rozvoji tělesné a duševní zdatnosti.

Dle Pokorné (2007) mají plavání a pohybové aktivity ve vodě význam pro tělesné i duševní zdraví člověka. Tyto aktivity nejsou prakticky omezeny věkem, dají se přizpůsobit možnostem jedince, působí pozitivně na motorické schopnosti, všestranně zatěžují organismus, přispívají k udržení vytrvalostní síly. Ve vodě dochází za pomoci hydrostatického vztlaku ke snížení hmotnosti těla, a tím zároveň k odlehčení kloubního aparátu. Dále voda svým odporem brání vykonávat prudké a nepřírozené pohyby těla a tím poškozovat klouby a svaly. Při ponořování do vody se rovněž snižuje srdeční frekvence a voda tak působí pozitivně i na kardiovaskulární systém. Celkově pak pohyb ve vodě je jedním z faktorů, které blahodárně působí na stres a zdravý životní styl.

### 5.1.2 Zdravotní rizika

Při koupání ve volné přírodě však nesmíme opomíjet i negativní účinky, a to zejména přílišné slunění a opalování, potenciální úrazy, utonutí, nákazu infekčními chorobami, expozice látek, které produkují sinice nebo vznik cerkáriové dermatitidy. Pumann (2008) uvádí, že koupající se člověk může při této činnosti požit až 200 ml vody denně. Kromě ústního podání dochází při koupání i k inhalaci a dermální expozici, velmi ovšem záleží na době pobytu ve vodě. Onemocnění spojená s koupáním jsou většinou žaludečního a střevního charakteru, dále se vyskytují onemocnění otolaryngologická (uší, nosu a hrtanu), gynekologická a dermální. Převážně se jedná o onemocnění, která přímo neohrožují člověka na životě, avšak ve vzácných případech se i tyto komplikace mohou vyskytnout. Nejohroženější kategorií jsou v tomto případě velmi malé děti.

Z důvodu rizika výskytu onemocnění střevního charakteru se sleduje mikrobiální znečištění, pro které byli určeni zástupci dvou ukazatelů patogenních organismů značících mikrobiální znečištění. Jedná se o indikátorové ukazatele přenášené fekálně-orální cestou, a to *E. coli* a intestinální enterokoky. Jsou to mikroorganismy, které se běžně vyskytují v trávicím traktu člověka a teplotně odolných živočichů. Jejich výskyt v koupacích vodách naznačuje možné znečištění koupacích vod fekáliemi, a to buď z vnějších zdrojů – vypouštění odpadních vod, splachy z chovu hospodářských zvířat apod., nebo z vnitřního zdroje – chov drůbeže, hnízdění kolonie ptáků, exkrementy zvířat apod. (Bobková a kol., 2022).

Na rizika spojená s koupáním upozorňuje i Chvátalová (2013), která zmiňuje, že koupací vodu není možné dokonale ochránit před kontaminací z vnějšího prostředí a že kvalitu vody mohou negativně ovlivnit i koupající se osoby.

Farrell a kol. (2021) upozorňuje na další mikroorganismy a viry, které se vyskytují v přírodních koupacích vodách a jsou možným zdrojem infekcí. Jedná se především o bakterie *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Pseudomonas spp.*, různé typy virů jako např. *Hepatitis spp.*, enteroviry, rotaviry a prvoků *Giardia spp.* a *Cryptosporidium spp.* apod. Tyto ukazatele bohužel nejsou zařazeny na seznam sledovaných ukazatelů.

Nejvíce diskutovatelným tématem v letní koupací sezoně jsou však sinice (cyanobakterie). Ty se v přírodních koupacích vodách v našich podmínkách vyskytují v poměrně masovém počtu. Některé cyanobakterie jsou ze zdravotního hlediska více či méně závažné, některé pouze zhoršují kvalitu vody. Cyanobakterie mohou vylučovat látky negativně ovlivňující zdraví člověka, pokud jsou požitý v pitné vodě, mohou způsobovat i otravu organismu. U



koupačí vody nejsou tyto otravy tak časně, k užití vody dochází v malém množství a před vstupem do vody odradí koupající už většinou nepřítažlivý vzhled vodní hladiny s vodním květem. Významným činitelem se rovněž uvádí vdechování aerosolů obsažených v sinicích, popř. jejich cyanotoxiny, a jejich vliv na respirační onemocnění způsobující u člověka pneumonie. Cyanobakterie rovněž působí negativně na pokožku člověka, mohou způsobovat kožní reakce (Fojtík, 2021).

Dalším významným zdrojem kožních reakcí na člověka je výskyt cercáriové dermatitidy.



Obrázek 17: Cercáriová dermatitida

*Zdroj: Macháček T., 2018*

Cercáriová dermatitida je označována jako vyrážka z koupání. Jedná se o parazitární onemocnění vyvolané průnikem larev ptačích motolic do kůže člověka (obr. č. 17). Cercárie je larvální stádium ptačí motolice, u nás v ČR nejčastěji způsobená rodem *Trichobilharzia*. Ty se do vody uvolňují z mezihostitelů – vodních plžů, volně plavou a pronikají do kůže koupajících se osob. Cílovým hostitelem jsou však pro cercárie vodní ptáci, především vrubozubí (Kalinová, 2009).

Zbikowska a kol. (2001) prováděla výzkum ptačích motolic na 57 jedincích plovatky bahenní a 25 jedincích okružáka ploského. Ve své studii uvádí, že 54 % odebraných plžů bylo infikováno motolicemi, z nich infikované plovatky bahenní byly schopny v laboratorních podmínkách vyloučit až 8000 larev rodu *Trichobilharzia*.

Cercárie se vyskytuje celosvětově ve sladkých vodách. Cercáriová dermatitida bývá někdy označována také jako vyrážka sběračů škeblí, vyrážka z tůní, jezer a rybníků či dermatitida z rýžových polí (Čapková, 2010).

SZÚ (2019) uvádí, že v našich podmínkách jsou nejčastějšími druhy přenášejícími cercárie plži rodu plovatky, levatky a okružákovití. Sběr plžů se doporučuje provádět v denní době mezi 10–17 hodinou, ideálně za slunečného počasí. Sbírat lze nejlépe plže přichycené na vodní vegetaci, kamenech a větvích. Nedoporučuje se sběr mláďat plžů, neboť dle souhrnu znalostí bývají na cercárie negativní. U větších a rozlehlejších nádrží je doporučeno sbírat přednostně na místech, kde byl hlášen výskyt cercáriové dermatitidy od koupajících se osob.

Chvátalová a kol. (2013) zmiňuje výskyt cercáriové dermatitidy v ČR v letech 1985-2012, kdy bylo zaznamenáno celkem 215 hlášených případů. Jednalo se o koupací lokality v Novém rybníce u Příbrami, v Zákupích na Českolipsku, na Slapech v Županovicích a ve Velkém Boleveckém rybníce v Plzni.

Preventivní opatření proti cercáriové dermatitidě neexistuje. Doporučuje se pouze ošetření pokožky před koupáním vhodným mastným voděodolným opalovacím krémem, omezit dobu pobytu ve vodě a vyhnout se zvýšenému kontaktu s vodními rostlinami (Duras a kol., 2014).

Použitím vhodných ochranných krémů proti cercáriové dermatitidě se zabývala zahraniční studie Wulffa a kol. (2006). Odborný článek analyzoval 9 druhů přípravků, přičemž za vhodnou ochranu by se dalo považovat 6 přípravků obsahujících zejména niklosamid a úplná ochrana byla zajištěna pouze přípravkem proti medúzám.



Obrázek 18: Odchyt cercárií pro výzkum v laboratoři

*Zdroj: foto archiv Jana Soukupová, 2022*

## 5.2 Rozdělení koupacích vod

Kvalitu vody pro koupání na některých lokalitách sleduje a vyhodnocuje místně příslušná krajská hygienická stanice (KHS). Podle zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů a prováděcího předpisu vyhlášky č. 238/2011 Sb., o stanovení požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch se venkovní přírodní koupací vody dělí takto:

- **Povrchové vody využívané ke koupání bez provozovatele (koupací oblasti)**

Koupací oblasti nemají provozovatele, jsou však v hojné míře využívány pro koupání většího množství osob. Jedná se o vytipovaná místa, která MZd ve spolupráci s MŽP a MZe zařadili na soupis sledovaných míst. Vstup na tato místa je pro veřejnost zdarma, vybavení těchto míst bývá omezené. Kontrolu jakosti vody na těchto lokalitách má v kompetenci KHS, četnost a rozsah sledovaných indikátorů je stanovena vyhláškou. Počet koupacích míst se v současné době v ČR ustálil na cca 120 zařazených na seznam.

- **Přírodní koupaliště provozovaná na povrchových vodách**

Na těchto koupacích plochách je jakost vody sledována přímo provozovatelem koupaliště, který prostřednictvím akreditované nebo autorizované laboratoře je dle výše uvedené vyhlášky povinen sledovat jakost koupací vody v dané četnosti a rozsahu. Výsledky rozborů je provozovatel, prostřednictvím laboratoře, povinen zasílat do centrálního registru koupacích vod (PIVO). V případě zjištění překročení hygienických limitů vydá KHS zákaz koupání na těchto lokalitách, který je povinná vyvěsit na úřední desce místně příslušné obce s rozšířenou působností a na úředních deskách všech obcí tvořících její správní obvod. KHS dále nekontroluje dodržování zákazu koupání, je na každém návštěvníkovi, zda bude toto opatření respektovat. Provozovatel koupaliště má povinnost udržovat navazující plochy kolem koupaliště, stará se o přilehlé plochy, sběr odpadků, zajišťuje vybavenost (sprechy, WC, převlékárny) a dodržuje jejich čistotu.

- **Ostatní vodní plochy**

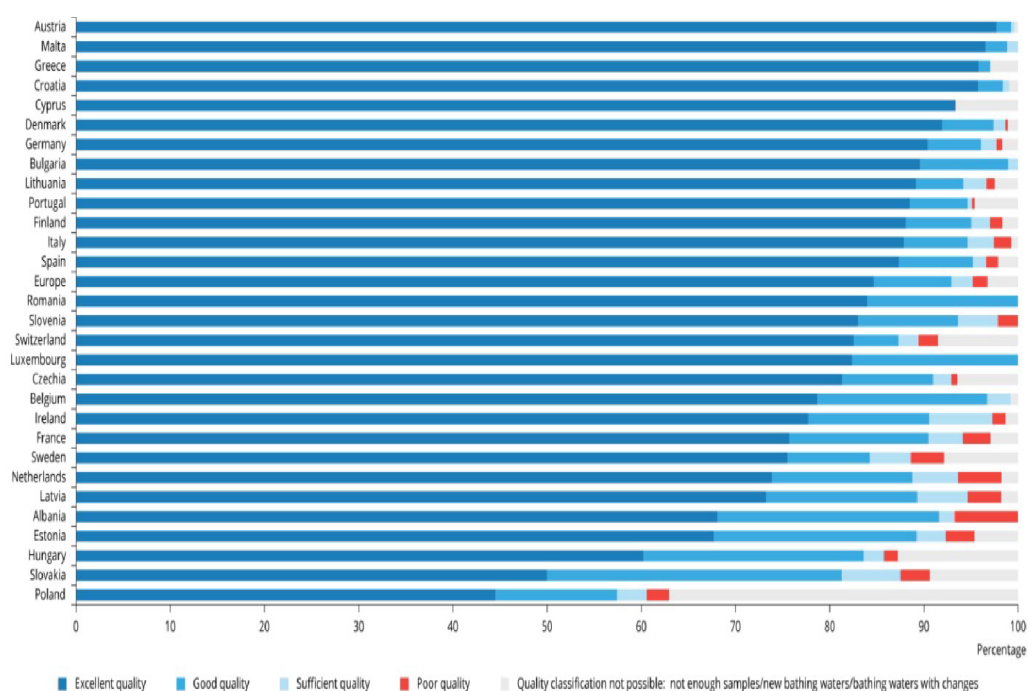
V rámci naší republiky se vyskytuje nespočet venkovních vodních ploch, které nejsou nikým sledovány a nejsou zde prováděny žádné laboratorní rozborů. V těchto nádržích, rybnících a ostatních vodních plochách je koupání „na vlastní nebezpečí“.

### 5.3 Způsob hodnocení jakosti vody

Stěžejním dokumentem pro všechny členské státy EU, které řeší problematiku koupacích vod, je směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15.2.2006, o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS. Směrnice vymezuje dvě prioritní oblasti, a to ochranu přírodních zdrojů a veřejného zdraví. Dle směrnice jsou nejvíce ohroženými druhy, na které dopadá negativní lidská činnost, vody povrchové. Oblasti kompetencí, na které se směrnice zaměřuje, jsou pak monitorování a klasifikace jakosti vod ke koupání, řízení jakosti vod ke koupání s důrazem na informovanost veřejnosti o koupacích vodách.

Prostřednictvím webových stránek Evropská agentura pro životní prostředí (EEA) každoročně sděluje, jaká je kvalita evropských vod ke koupání a kde se lze koupat bez zdravotních rizik, v seznamu jsou zahrnuty jak pobřežní, tak i vnitrozemské koupací vody. V současné době lze na stránkách EEA najít informace o 21 551 ověřených lokalitách ke koupání v rámci EU, 119 lokalitách v Albánii a 189 místech ve Švýcarsku. Kvalita

pobřežních vod je obecně vyšší než kvalita vnitrozemských vod, EEA pro srovnání uvádí, že mimořádně kvalitních bylo v roce 2021 pobřežních vod 88,0 %, zatímco vnitrozemských bylo 78,2 %. Na obrázku č. 19 je zobrazena kvalita koupacích vod v roce 2021 v členských zemích EU, ve Švýcarsku a Albánii. Z celkového počtu 155 sledovaných lokalit v ČR je dle EEA 81,0 % koupacích vod zařazeno jako vody vhodné ke koupání, 10 % jako vody vhodné ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi. Jako voda nebezpečná ke koupání byla v ČR v roce 2021 klasifikována pouze 1 lokalita, což představuje 0,6 % sledovaných koupacích vod (EEA ©2023).



Obrázek 19: Jakost vod ke koupání v roce 2021 v zemích EU, ve Švýcarsku a Albánii

Zdroj: EEA ©2023

Způsob hodnocení koupacích vod vychází ze souboru zhodnocení mikrobiologických, biologických a fyzikálních ukazatelů. Jedná se o přehledné hodnocení, určené především pro informování široké veřejnosti, které uveřejňují jednotlivé KHS na svých internetových stránkách, na mapovém portálu koupacích vod a dalších místech. Podle vyhlášky č. 238/2011 Sb. se jakost koupací vody řadí do těchto kategorií:



### ***Jakost vody = 1***

***Voda vhodná ke koupání*** – Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci s vyhovujícími smyslově postižitelnými vlastnostmi.

Tohoto stupně se použije, pokud nastanou všechny uvedené skutečnosti:

mikrobiologické ukazatele v minulé sezoně klasifikovány jako výborné, sinice nedosahují hodnot stupně I, voda nemá smyslově postižitelné vlastnosti, průhlednost je >1 m, lokalita s nízkým nebo středním rizikem cercáriové dermatitidy.



### ***Jakost vody = 2***

***Voda vhodná ke koupání s mírně zhoršenými vlastnostmi*** – Nezávadná voda s nízkou pravděpodobností vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci především se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi, v případě možnosti je vhodné se osprchovat.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z uvedených skutečností a není dosažen stupeň 3, 4, 5:

průhlednost snížena < 1 m, přítomnost přírodního znečištění, mikrobiologické ukazatele v minulé sezoně hodnoceny stupněm dobrá.



### ***Jakost vody = 3***

***Zhoršená jakost vody*** – Mírně zvýšená pravděpodobnost vzniku zdravotních problémů při vodní rekreaci, u některých vnímavých jedinců by se již mohly vyskytnout zdravotní obtíže, po koupání se doporučuje osprchovat.

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z uvedených skutečností a není dosažen stupeň 4, 5:

sinice a chlorofyl překračují limit I. stupně, mikrobiologické ukazatele v minulé sezoně hodnoceny stupněm přijatelná, zjištěna střední závažnost cercáriové dermatitidy



#### ***Jakost vody = 4***

*Voda nevhodná ke koupání – Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a pro uživatele představuje zdravotní riziko, koupání a provozování vodních sportů nelze doporučit zejména pro děti, těhotné ženy, osoby trpící alergií a osoby s oslabeným imunitním systémem.*

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z uvedených skutečností, ale není dosažen stupeň 5:

sinice a chlorofyl překračují limit II. stupně, mikrobiologické ukazatele v minulé sezoně hodnoceny stupněm – nevyhovující, výskyt zápachu, olejového filmu; zjištěna vysoká závažnost cerkáriové dermatitidy.



#### ***Jakost vody = 5***

*Voda nebezpečná ke koupání – Voda neodpovídá hygienickým požadavkům a hrozí akutní poškození zdraví, vyhláší se zákaz koupání.*

Tohoto stupně se použije, pokud nastane alespoň jedna z uvedených skutečností:

Vodní květ nebo sinice a chlorofylu-a vykazují překročení III. stupně, existuje důvodné podezření na vážné poškození zdraví koupajících, z dané lokality jsou hlášena podezření na výskyt akutního onemocnění, zjištěna vysoká závažnost původců cerkáriové dermatitidy.

#### **5.4 Monitorovací kalendář a četnost rozborů**

Na základě zákona č. 258/ 2000 Sb., vydává každoročně na jaře místně příslušná KHS monitorovací kalendář, který stanovuje termíny jednotlivých odběrů, četnost a rozsah ukazatelů na přírodních povrchových vodách, jejichž seznam uvádí MZd. Tento kalendář je závazný pro provozovatele přírodních koupališť provozovaných na povrchových vodách využívaných ke koupání a pro KHS, která provádí dozor nad koupališti bez provozovatele. Koupací sezona je zpravidla dle zákona 258/2000 Sb., stanovena s ohledem na větší počet koupajících se osob od 30. 5. do 1. 9. daného roku.

Četnost rozborů je prováděna:

- 1x za 28 dní; u lokalit, kde není předpoklad rozvoje sinic se odebírají vzorky pro stanovení mikrobiálního znečištění, zjišťuje se průhlednost, vizuální zhodnocení vodních květů, přírodního znečištění a znečištění odpady
- 1x za 14 dní; u lokalit, u kterých lze předpokládat zvýšený výskyt sinic se navíc odebírají vzorky chlorofylu-a, sinic a mikroskopického obrazu; zjišťuje se průhlednost, vizuální zhodnocení vodních květů, přírodního znečištění a znečištění odpady
- 1x za 7 dní, u lokalit, kde byl zaznamenán výskyt sinic I. stupně
- u lokalit, s vysokým předpokladem výskytu původců cercárie dermatitidy, se provede jeden sběr plžů před koupací sezonou a následně v časovém rozmezí 3-5 týdnů.



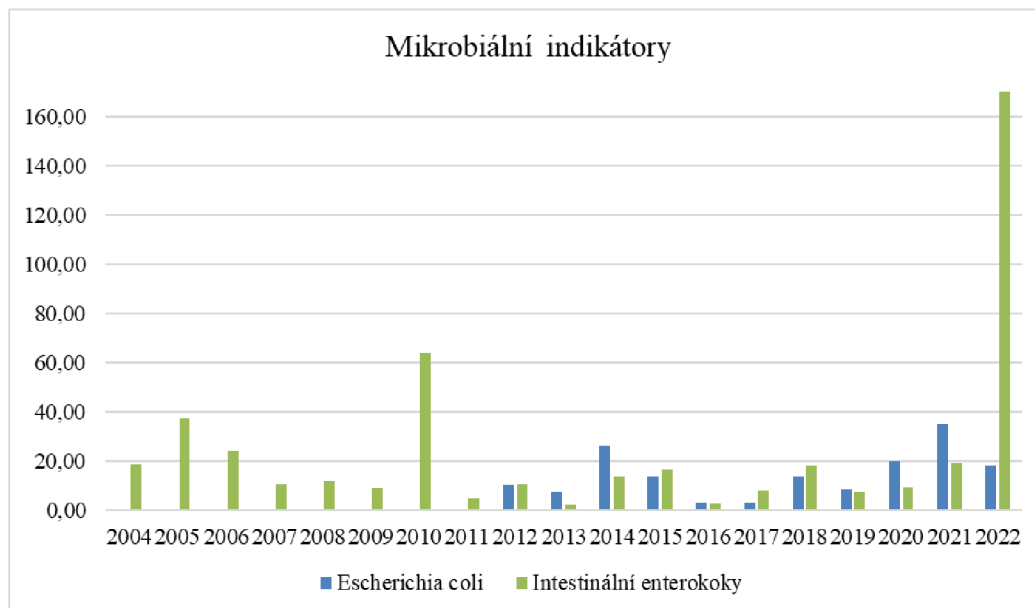
## 6. Výsledky

### 6.1 Mikrobiální znečištění

Na obrázku č. 20 je patrný vývoj průměrných hodnot mikrobiálních indikátorů na sledované lokalitě v koupacích sezónách 2004–2022. Ukazatele intestinálních enterokoků byly poskytnuty KHS za období 2004–2022, *E. coli* jsou sledovány až od roku 2011. *E. coli* se ve sledovaném období nachází v hodnotách do 40 KTJ/100 ml, dle tabulky č. 1 je lze tedy hodnotit stupněm 1 – výborná jakost. Intestinální enterokoky se ve sledované době pohybovaly v hodnotách do 100 KTJ/ml, tedy stupeň hodnocení 1 – výborná jakost. K mírnému nárůstu dochází u intestinálních enterokoků v roce 2022, kdy u dvou vzorků ze dne 15. 8. 2022, byly stanoveny hodnoty 1000 KTJ/ml, tedy stupeň hodnocení 2 – dobrá jakost.

Tabulka 1: Limity a hodnocení mikrobiálních indikátorů dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.

ukazatel	výborná jakost	dobrá jakost	přijatelná jakost
Intestinální enterokoky (KTJ/100 ml)	200	400	330
<i>Escherichia coli</i> (KTJ/100 ml)	500	1000	900
stupeň	1	2	3



Obrázek 20: Graf mikrobiálního znečištění, průměrné hodnoty za rok (KTJ/100 ml)

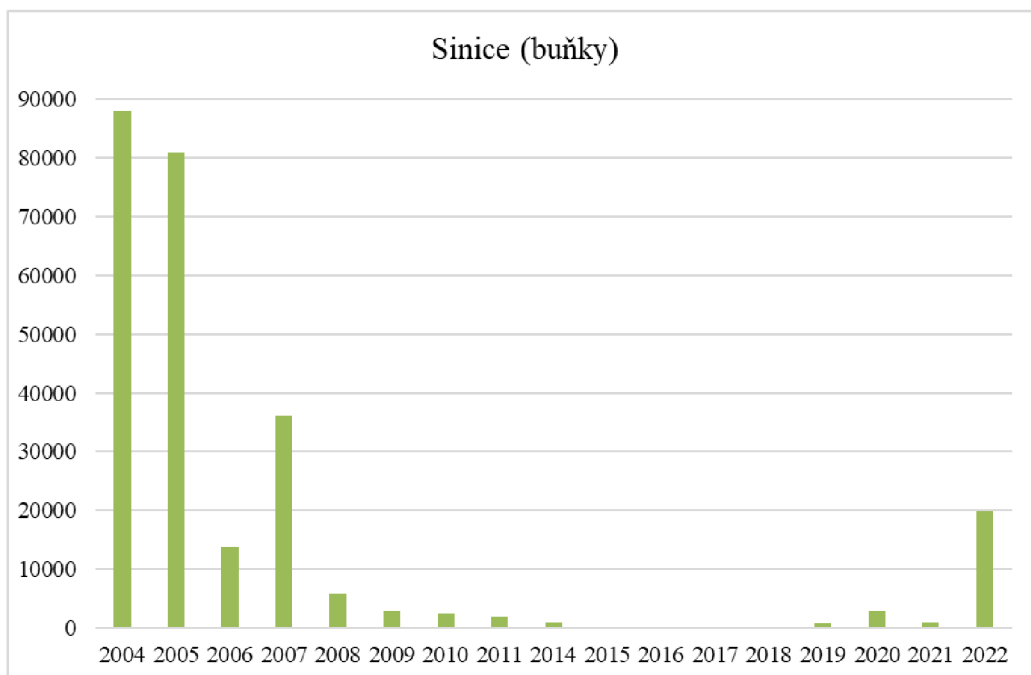
*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

## 6.2 Sinice a chlorofyl-a

Hodnocení sinic a řas je založeno na kombinaci ukazatelů sinic a chlorofylu-a. Zařazení do příslušného stupně dle tabulky č. 2 musí být splněno pro oba ukazatele. Podle obrázku č. 21 docházelo v letech 2004 a 2005 k významnému znečištění vodním květem, kdy průměrný počet sinic v koupací sezoně se pohyboval okolo 80–90 tisíc buněk/ml, v roce 2006 byly hodnoty ukazatele do 15 tisíc buněk/ml a v roce 2007 do 35 tisíc buněk/ml. Od roku 2008 došlo ke stabilizování situace, kdy se hodnoty pohybovaly do 6 000 buněk/ml, v dalších letech jen do 1 000 buněk/ml. Zaznamenaný nárůst je dle obr. č. 21 vidět v roce 2022, kdy se průměrné roční hodnoty blížily hranici 20 tis buněk/ml.

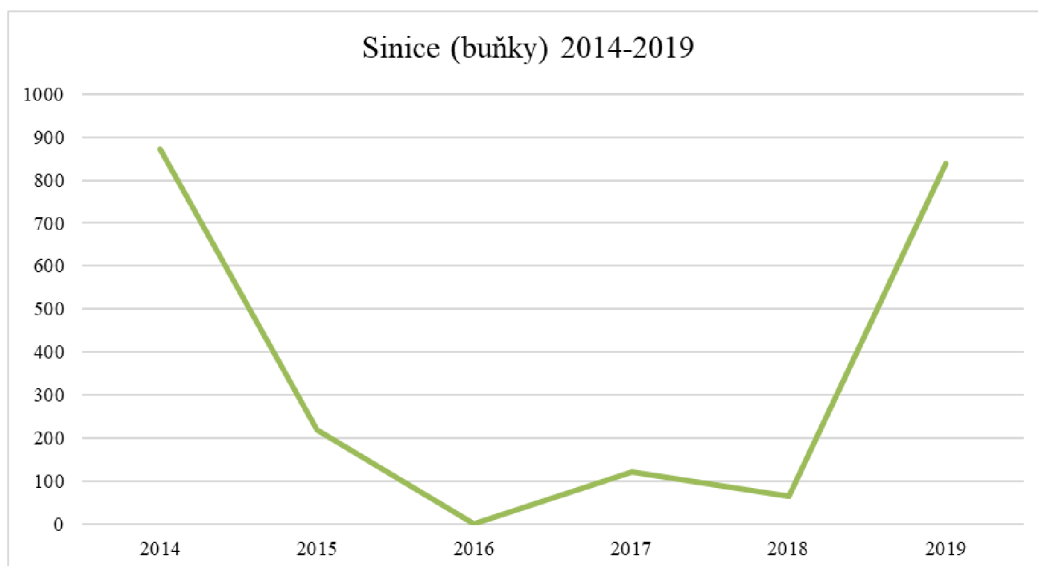
Tabulka 2: Hodnocení výskytu sinic, řas a chlorofylu-a dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.

Ukazatel	jednotka	I. stupeň	II. stupeň	III. stupeň
sinice	Buňky/ml	20000	100000	250000
Chlorofyl-a	ug/l	10	50	100



Obrázek 21: Graf sinic, průměrné hodnoty za rok (počet buněk/ml)

*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

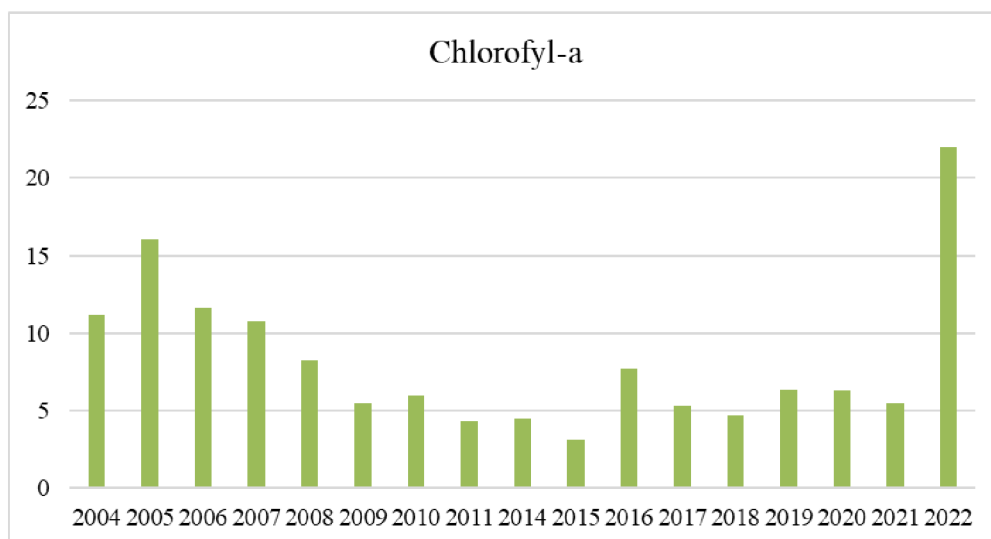


Obrázek 22: Graf sinic, průměrné hodnoty za rok, výčet let 2014-2019 (počet buněk/ml)

*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

V grafu č. 21 nebylo patrné, jaký byl průběh hodnot sinic v letech 2015-2018, pro lepší znázornění situace byl doplněn graf č. 22. V roce 2015 proběhlo pouze jedno měření a to 15. 6. s hodnotou 220, rok 2016 byl bez sinic. Následujícího roku proběhlo také jen jedno měření, a to v srpnu, kdy sinice vyšly 120. V roce 2019 byl v květnu výskyt sinic též nulový, nicméně situace se v srpnu mírně zhoršila na hodnotu 840. Porovnáním let 2006, 2016 a 2021 bylo zjištěno, že v roce 2006 byl průměrný výskyt sinic 13 741 buněk/ml, v roce 2016 nebyl výskyt zaznamenán vůbec a v roce 2021 bylo sinic stanoveno jen 840 buněk/ml. Z hlediska výskytu sinic lze nejlépe hodnotit sezony let 2008-2021.

Vývoj chlorofylu-a je patrný z obrázku č. 23, který ukazuje průměrné hodnoty za koupací sezonu 2004-2022. Hodnoty >10 ug/l jsou dosaženy v letech 2004, 2006 a 2007, hodnota >15 ug/l pak v roce 2005. Od roku 2008 dochází k ustálení situace, kdy všechny průměrné hodnoty za sezony 2008-2021 jsou <10 ug/l, v sezoně 2022 dochází opět k významnému zvýšení chlorofylu-a na průměrnou hodnotu 22,03 ug/l. Porovnáním období 2006, 2016 a 2021 vychází nejlépe sezona 2021 s průměrnou hodnotou 5,45 ug/l, následuje rok 2016 s hodnotou 7,7 ug/l a 2006 s hodnotou 11,62 ug/l.



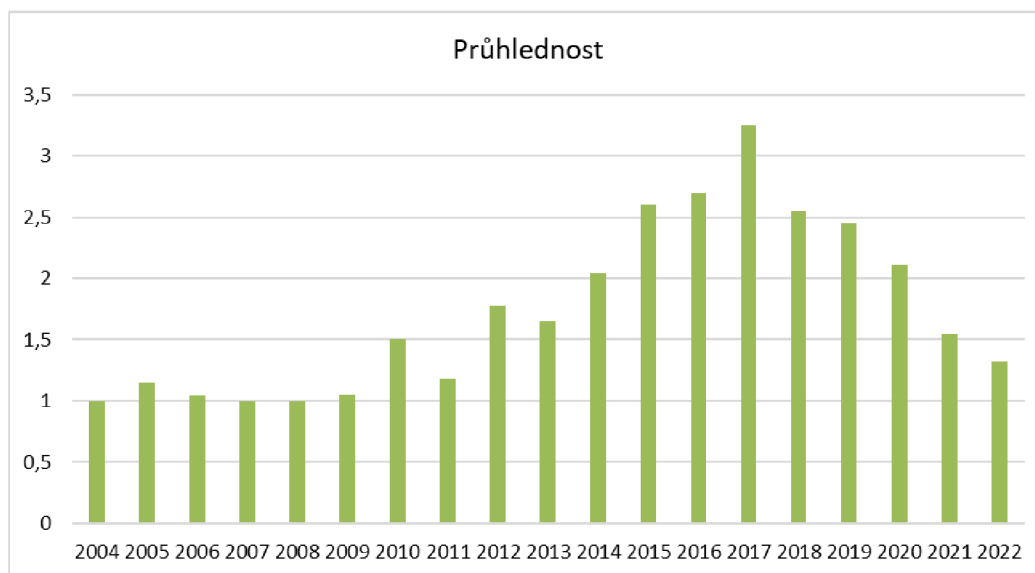
Obrázek 23: Graf chlorofylu-a, průměrné hodnoty za rok (ug/l)

*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

### 6.3 Průhlednost vody

Na obrázku č. 24 je vyobrazen graf vývoje průměrné průhlednosti v koupacích sezonách 2004–2022. Nejnižších hodnot je dosaženo v sezonách 2004, 2007 a 2008, kdy se hodnoty průhlednosti pohybovaly okolo 1 m, od roku 2012 dochází k postupnému zvyšování, kdy nejvyšší hodnoty 3,5 m byly opakovaně zaznamenány při odběrech v měsících srpnu 2015, květnu a srpnu 2017 a květnu 2018. Od roku 2019 dochází k postupnému snižování průhlednosti, kdy v srpnu 2022 byla průhlednost po dlouhé době stanovena pouhých 1,1 m. Z hlediska porovnání sezon 2006, 2016 a 2021 lze pozorovat, že v roce 2006 byla průměrná průhlednost 1,04 m, po deseti letech činila průměrná průhlednost 2,7 m, na počátku této koupací sezony byly zaznamenány hodnoty 3,3 m. V roce 2021 již probíhal trend snižování průhlednosti, kdy hodnoty dosahovaly průměru 1,55 m. Z hlediska vysoké kvality vody lze tedy hodnotit nejlépe sezony v rozmezí let 2014–2020.

Hodnocení průhlednosti probíhá přiřazením ke stupni jakosti 1–5. Kdy hodnoty  $\geq 1$  m znamenají stupeň jakosti 1, hodnoty  $< 1$  m pak stupeň 2 a horší, v závislosti na dalších hodnotách sinic a chlorofylu-a (viz kapitola 5.3 Způsob stanovení jakosti vody).



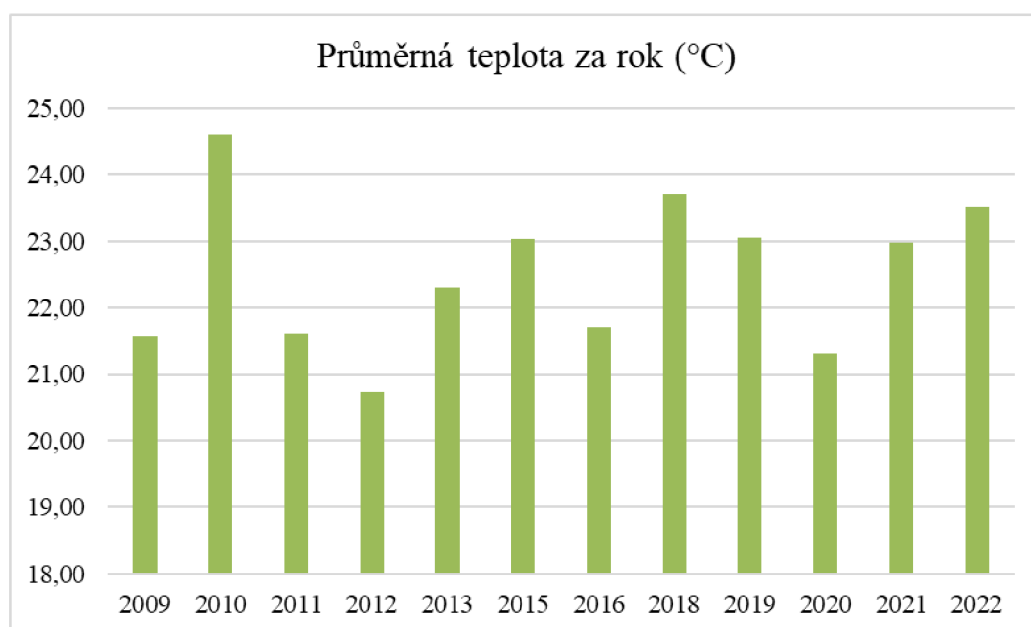
Obrázek 24: Graf průhlednosti, průměrné hodnoty za rok (m)

*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

Průhlednost je jednoduchým ukazatelem, který se stanovuje přímo na místě odběru pomocí Seccioho desky, která je spouštěna do hloubky. Hodnota průhlednosti je ovlivněna množstvím rozpuštěných částic ve vodě, obvykle se jedná o sinice a řasy. Obecně se dá konstatovat, že čím je vyšší průhlednost, tím je kvalitnější jakost vody. Dále je z obrázku č. 24 patrné, že snížená průhlednost vody, jejíž hodnota začala od roku 2017 klesat, souvisí s úbytkem vody v rybníce (obr. č. 14). Při nízkém stavu hladiny, kdy v roce 2021 chybělo v rybníce 1,2 m vody, docházelo ke zvýšenému růstu vodních rostlin, které mají blíže k hladině. Dále při nízké hladině dochází k většímu rozvíření sedimentu dna při koupání a zároveň má rybník menší samočisticí schopnosti.

#### 6.4 Teplota vody

Hodnoty průměrné teploty v rybníce byly poskytnuty za období koupací sezony 2009-2022, mimo sezonu 2014, která nebyla k dispozici. Z grafu na obrázku č. 25 je zřejmé, že nejnižší průměrné hodnoty byly zjištěny v roce 2012, kdy teplota dosahovala hodnot 20,73 °C, nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v roce v roce 2010, a to 24,61 °C.



Obrázek 25: Graf průměrné teploty za rok ve °C

*Zdroj: vlastní zpracování a výpočet z dat KHS, 2023*

## 6.5 Cerkáriová dermatitida

Dle poskytnutých dat KHS byl v průběhu měsíce června a července 2013 hlášen ve Velkém Boleveckém rybníce pravděpodobný výskyt cercáriové dermatitidy. U 19 osob se vyskytly potíže po koupání, výskyt vyrážky na těle a dalších symptomů, tvorba skvrn a puchýřků na kůži, výskyt horečky, zduření lymfatických uzlin a střevní potíže. Osoby uváděly dlouhodobější pobyt ve vodě, kontakt s vodními rostlinami, především s vodním morem. KHS na základě zvýšeného rizika po koupání v této oblasti zařadila v červenci 2013 tuto lokalitu jako vodu nevhodnou ke koupání – stupeň č. 4. Koupání nedoporučila zejména citlivým jedincům, především dětem, těhotným ženám, osobám trpícím alergií a osobám s oslabeným imunitním systémem. Po mikrobiologické stránce byla voda klasifikována jako výborná, bez přítomnosti sinic a s vysokou průhledností, která dosahovala hodnot na počátku sezony 3 m. V dalších letech nebyl již výskyt cercáriové dermatitidy z této lokality hlášen.

## 7. Diskuze

Tato bakalářská práce se věnovala Velkému Boleveckému rybníku, jeho historii, možnostem rekreačního využití, přírodním a turistickým zajímavostem a vývoji jakosti koupací vody v průběhu posledních patnácti let. Jak uvádí Zelený (2021), byl Velký Bolevecký rybník založen v 15. století jako první ze soustavy Boleveckých rybníků. Jeho funkce byla od počátku určena k chovu ryb pro obživu obyvatelstva, postupem času se přidával i rekreační účel a od poloviny 20. století vlivem nárůstu populace ve městě začala tato funkce převažovat.

To potvrzuje i Čadek (2022), který zmiňuje, že kolem roku 1950 došlo k rozvoji rekreačních ploch v okolí rybníka, k výstavbě výletní restaurace a kempu a ke zvýšení návštěvnosti Boleveckých rybníků. Dnes toto místo slouží široké veřejnosti k trávení volného času, v létě ke koupání a cykloturistice, v zimě převážně k procházkám.

V průběhu let s rozvojem koupacích ploch začal vyvstávat problém zvýšeného výskytu vodního květu na povrchových vodách, který je při koupání nežádoucí. Opatření, jak zabránit masovému výskytu sinic, je několik, vždy je však na místě individuální přístup (Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny ©2023).

Na Velkém Boleveckém rybníce byl zvolen postup biomanipulace s využitím živých organismů, se zaměřením na vhodné složení rostlin a ryb, za přispění koagulantu. Kvalita koupací vody po tomto zásahu výrazně vzrostla a vykazovala poměrně stabilní výsledky v její jakosti. Odborným garantem tohoto projektu byl RNDr. Jindřich Duras, PhD., jenž pracuje jako hydrobiolog ve státní podniku Povodí Vltavy. Díky jeho úsilí a zkušenostem a díky práci kolektivu SVSmP, který se každoročně stará o údržbu rybníka, má město Plzeň koupací vodu ve výborné kvalitě.

Toto je potvrzeno i ve výsledcích bakalářské práce, kde jsou vyhodnocena data o kvalitě vody od roku 2004. K výraznému zlepšení docházelo zejména u ukazatelů sinic a průhlednosti vody. Ukazatel průhlednosti je sice jednoduchým indikátorem, ale po vizuální stránce významným estetickým ukazatelem. Průhlednost až 3 m, která byla v některých letech zaznamenána, svědčí o nízké přítomnosti částic řas a sinic ve vodě.

Fojtík a kol. (2021) uvádí, že s rozvojem technologií v oblastech dálkového průzkumu země dochází k využití těchto technologií i na úseku sledování jakosti vod, jedná se o tzv. distanční monitoring bez přítomnosti pracovníků na lokalitě za použití dálkových metod



nástrojů GIS. Tímto způsobem se dají sledovat jednotlivé ukazatele, jako jsou sinice a řasy, teplota, zákal a chlorofyl-a a predikovat pomocí výpočtových modelů jejich vývoj.

Tento způsob hodnocení jakosti by mohl být do budoucna cestou, jak získat potřebná data i na lokalitách, které jsou rovněž využívány ke koupání ve volné přírodě, ale nejsou v současné době sledovány.

Již doba nedávno minulá, kdy jsme se jako společnost potýkali s epidemií COVID-19 bez možnosti cestovat do zahraničí, naznačila, že turistický ruch v rámci ČR je opět na vzestupu. Stále více osob začíná trávit volný čas v místě bydliště či v jeho blízkém okolí. I současná ekonomická situace pro mnoho lidí představuje omezení v podobě cest k moři. Z tohoto důvodu se dá pro letošní rok předpokládat opět zvýšený zájem o domácí lokality určené k rekreaci. Soustava rybníků je pro obyvatele Plzně vítanou rekreační oblastí. Přednostmi jsou zejména výborná dopravní dostupnost, vybavenost okolí, dobrá kvalita koupací vody, upravenost cesty a cyklostezek a za horkých letních dnů je toto místo jedno z míst vhodných k trávení volného času.

## 8. Závěr a přínos práce

Rešeršní část obsahovala dostupné poznatky z domácích i zahraničních zdrojů a legislativní požadavky na jakost koupacích vod v rámci ČR a EU. V práci byly představeny pozitivní i negativní funkce vody z hlediska koupajících se osob, přínosy a zdravotní rizika spojená s koupáním, dále byly v práci představeny dva hlavní projekty, které se v průběhu posledních let realizovaly na rybníce, a to projekt biomanipulace a projekt dopouštění vody z řeky Berounky.

Hlavním cílem práce pak bylo zjištění, jak se po biomanipulaci vyvíjela jakost vody ke koupání a zda došlo ke zlepšení situace. Hodnocen byl rok 2006, kdy začal proces úpravy vody odlovem rybí osádky, a dále roky 2016 a 2021. Pro tuto analýzu byly vyhodnoceny vybrané ukazatele rozborů vody, které pro studijní účely poskytla KHS Plzeň. Pro větší přehled o vývoji situace byly v grafech zpracovány výsledky již od roku 2004, tedy 2 roky před započítáním úprav, kdy například výskyt sinic byl hodnocen jako masový. Z poznatků vyplývalo, že biomanipulace byla úspěšná. Hypotéza byla tedy potvrzena. V letech 2008-2021 došlo k výraznému omezení sinic na výrazně nízké nebo nulové hodnoty, průhlednost vody se zvýšila až na 3 m a voda byla klasifikována jako výborná. V průběhu realizace se však projekt musel vyrovnat s nadměrným výskytem vodních rostlin, které se postupně staly invazivním druhem. To se podařilo v roce 2013 eliminovat, kdy s pomocí speciální lodě Bolek bylo započato s pravidelným sekáním vodních rostlin a jejich odklizením, ročně se odklidí až 3 000 m<sup>3</sup> biomasy.

V průběhu let vlivem nízkých srážek a špatných mikroklimatických podmínek, kdy odpar z hladiny rybníka byl vlivem vysokých teplot výrazně vyšší, docházelo od roku 2017 ke snížení hladiny rybníka až o 1,2 m, a tím i k mírnému zhoršování kvality vody. Na podzim roku 2022 se podařilo zprovoznit projekt dopouštění přečištěné vody z Berounky a od té doby dochází k postupnému zvyšování hladiny vody v rybníce. Množství vody je však závislé na množství vody v Berounce, ve které musí být zachován minimální průtok. Jak průběh dopouštění vody ovlivní kvalitu koupací vody, bude však známo nejdříve až po skončení koupací sezony 2023.

Jako možnost dalšího výzkumu do budoucna autorka navrhuje zhodnotit, zda a jak konkrétně se dopouštění vody z Berounky daří uskutečňovat, jaký je vliv na ekosystém rybníka, a především jak dalece tento projekt ovlivňuje jakost koupací vody.

## 9. Seznam použitých zdrojů

### Odborné publikace

Bobková, Š., Baudišová, D., Mayerová, M., Myšáková, M., Kothan, F., Pouzarová, T., Pumann, P., 2022: Přístupy při monitorování mikrobiálního znečištění koupacích vod. *Acta Hyg Epidemiol Microbiol* 2/2022., 1-41.

Bowmer, H. K., Jacobs, S. W. L., Sainty G. R., 1995: Identification, Biology and Management of *Elodea canadensis*, Hydrocharitaceae. *Journal of Aquatic Plant management*, 33: 13-19 p.

Casanova-Massana, A., Blanch, A.R., 2013: Characterization of microbial populations associated with natural and swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(2), 132–137 s.

Čadek, M., 2022: Bolevecký rybník Západočeské Ostende. *Bazén a sauna* 7-8/2022., 32–33.

Čapková, Š., 2010: Dětské dermatózy v letním období. *Pediatric pro praxi* 11/2010., 150-153.

Duras, J., 2022: Živa 03, Jak (ne)snadné je mít rybník s čistou vodou – příběh Velkého Boleveckého rybníka v Plzni., 129-132 s.

Farrell, L., Joyce, A., Duane, S., Fitzhenry, K., Hooban, B., Burke, L. P., Morris, D., 2021: Evaluating the potential for exposure to organisms of public health concern in naturally occurring bathing waters in Europe: A scoping review. *Water Research*, 206, 117711 p.

Fojtík T., Jašíková L., Kothan F., Makovcová M., Maťašovská V., Mayerová L., Nováková H., Pumann P., Šuhájková P., 2021: Atlas koupacích vod České republiky. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M, v. v. i., Praha, 212 s.

Chvátalová, M., Pumann, P., Kožíšek, F., Jeligová, H., 2013: Onemocnění z koupacích vod v České republice. Sborník konference Vodárenská biologie 2013, Praha, 152-157 s.

Janeček M., Beneda S., Bílek P., Bořík S., Braun P., Břicháček P., Čechová A., Čechura J., Čihák J., Doležalová Y., Domanický P., Domanický P., Foud K., Hanzlíčková E., Horáček P., Hostýnek J., Hostičková A., Kabát V., Kaňák J., Kaňák K., Karel T., Kavina p., Král B., Kreuzová B., Merkl M., Novotný S., Nový M., Pech J., Pytlík M., Rauch S., Royová B., Smolák M., Sofron J., Sposta J., Velebná L., 2001: Bolevec a okolí. Starý most. s. r o. ve spolupráci se Sdružením boleveckých rodáků, Plzeň, 343 s.

Jůza, T., Duras, J., Blabolil, P., Sajdlová, Z., Hess, J., Chocholoušková, Z., Kubečka, J., 2019: Recovery of the Velky Bolevecký pond (Plzen, Czech Republic) via biomanipulation – Key study for management. Ecological Engineering, 136. 167–176 s.

Kalinová, M., Baudišová, D., Grünwaldová, H., Rosendorf, P., Pumann, P., Šašek, J., Duras, J., 2009. Profil vod ke koupání, jeho náplň a popis. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 86 s.

Novák L., Iblová M., Škopek V., 1986: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., Praha, 243 s.

Macháček, T., Turjanicová, L., Bulantová, J., Hrdý, J., Horák, P., Mikeš, L., 2018: Cercarial dermatitis: a systematic follow-up study of human cases with implications for diagnostics. Parasitologi Research 117: 3881-3895 p.

Quitt E. 1971: Klimatické oblasti Československa, Stud. Geogr. ČSAV fasc. 16, Geogr. Úst. ČSAV Brno.

Pokorná, J., 2007: Formy pohybových aktivit ve vodě v biosociálním kontextu. Sport a kvalita života 2007., Masarykova Univerzita Brno, 109 s.

Řiha J., 1987: Voda a společnost. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., Praha, 338 s.

Šálek J., Tlapák V., 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT. Praha. 283 s.

Sedlák J., 2008: Koupací jezírka. Grada, Praha, 128 s.

Sondergaard, M., Jensen, J. P., Jeppesen E., 2001: Retention and Internal Loading of Phosphorus in Shallow, Eutrophic Lakes. *TheScientificWorld* 1: 427-442 p.

Vašek, M., Prchalová, M., Peterka, J., Ketelaars, H., Wagenvoort, A., Čech, M., Drašík, V., Říha, M., Jůza, T., Kratochvíl, M., Mrkvička, T., Blabolil, P., Boukal, D., Duras, J., Kubečka, J., 2013: The utility of predatory fish in biomanipulation of deep reservoirs. In *Ecological Engineering* 52: 104-111 p.

Wulff, C., Haeberlein, S., Haas, W., 2006: Cream formulations protecting against cercarial dermatitis by *Trichobilharzia*. *Parazitol Res*, 101: 91-97 p.

Xu, J., Huang, Y., Li, Z., Ni, S., Huang, F., Jia, J., 2022: Demonstration study of bypass stabilization pond system in the treatment of eutrophic water body. *Water Sci Technol* 85: 2601-2612 p.

Zbikowska, E., Franckiewicz-Grygon, B., Wojcik, A.R., 2001: Przypadek dermatitis u człowieka wywołany przez cerkarię ptasich schistosom. *Wiadomosci parazytologiczne* 47(3): 427-431 p.

Zelený, L., 2021: Bolevecká rybniční soustava Modré srdce Plzně. *Magazín státního podniku povodí Vltavy Racek* 2/2021., 18-23.

### **Legislativní zdroje**

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/7/ES ze dne 15.2.2006, o řízení jakosti vod ke koupání a o zrušení směrnice 76/160/EHS.

Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Zákon č. 99/2004 Sb., Zákon o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské strážní, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění

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

### **Internetové zdroje**

Autokemp Ostende Bolevák, ©2022: Úvod (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z: <http://bolevak.eu/index.php/o-nas/>.

Asb-portal, ©2023: Hospodaření s vodou ve městě: případ Velkého Boleveckého rybníka v Plzni (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/energie/hospodareni-s-vodou-ve-meste-pripad-velkeho-boleveckeho-rybnika-v-plzni>

Bolevak, ©2023a: Fotogalerie (online) [cit. 2023.03.19], dostupné z <https://www.bolevak.cz/fotogalerie/minulost/>.

Bolevak, ©2023b: Bolevecké rybníky a vodní rostliny (online) [cit. 2023.03.19], dostupné z <https://www.bolevak.cz/wp-content/uploads/2014/03/Boleveck%C4%9B-rybn%C3%ADky-a-vodn%C3%AD-rostliny.pdf>

Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny, ©2023 [cit. 2023.03.28], dostupné z <<http://www.sinice.cz/index.php?pg=akce--pripravky-pro-potlaceni-masoveho-rozvoje-sinic-2006>>.

ČHMÚ, ©2023: Rozvodnice (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z: <<https://chmi.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a4830145c5304cc0a0089c1cb35ffb6f>>.

ČSÚ, ©2023: Charakteristika okresu Plzeň-město (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z: <[https://www.czso.cz/csu/xp/charakteristika\\_okresu\\_plzen\\_mesto](https://www.czso.cz/csu/xp/charakteristika_okresu_plzen_mesto)>.

ČÚZK, ©2023: Prohlížeč služba WMS – Geomorfologické jednotky ČR (online) [cit. 2023.01.17], dostupné z: <<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=84>>.

EUROPEAN COMMISSION, © 2023: Bathing water quality (citováno) [cit. 2023.03.20] <<https://www.eea.europa.eu/publications/bathing-water-quality-in-2021/european-bathing-water-quality-in-2021>>.

Město Plzeň, ©2023a: Aktuality z města (online) [cit. 2023.03.25], dostupné z: <[Bolevecké rybníky | Bolevak Web \(plzen.eu\)](#)>.

Město Plzeň, ©2023b: Aktuality z města (online) [cit. 2023.03.25], dostupné z: <[Bolevecké rybníky | Bolevak Web \(plzen.eu\)](#)>.

MMP, ©2023a: Přírodní charakteristika Plzně (online) [cit. 2023.03.06], dostupné z: <<https://ozp.plzen.eu/priroda/prirodni-charakteristika-plzne/prirodni-charakteristika-plzne.aspx>>.

MMP, ©2023b: Chráněná území (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z: <<https://ozp.plzen.eu/priroda/chranena-uzemi/chranena-uzemi.aspx>>.

MMP, ©2023c: Památné stromy (online) [cit. 2023.03.15], dostupné z: <<https://ozp.plzen.eu/priroda/pamatne-stromy/pamatne-stromy.aspx>>.

MŽP ČR, ©2023: Významné krajinné prvky (online) [cit. 2023.01.06], dostupné z: <[https://www.mzp.cz/cz/rybnik\\_definice](https://www.mzp.cz/cz/rybnik_definice)>.

Plzeňský Prazdroj a.s., ©2023: Historie (online) [cit. 2023.01.18], dostupné z: <<https://www.prazdroj.cz/nas-pribeh/historie>>.

Správa veřejného statku města Plzně, ©2023a: Bolevecká rybníční soustava (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z: <[https://www.svsmp.cz/rybniky-a-vodni-toky/bolevecka-rybnicni-soustava.aspx#velky\\_a\\_maly\\_bolevecky\\_rybnik](https://www.svsmp.cz/rybniky-a-vodni-toky/bolevecka-rybnicni-soustava.aspx#velky_a_maly_bolevecky_rybnik)>.

Správa veřejného statku města Plzně, ©2023b: Arboretum Sofronka jako součást SVSMP a perspektivy dalšího rozvoje (online) [cit. 2023.03.12], dostupné z: <<https://www.svsmp.cz/archiv/2012/arboretum-sofronka-jako-soucast-svsmp-a-perspektivy-dalsiho-rozvoje.aspx>>.

Správa veřejného statku města Plzně, ©2023c: Zpráva o kvalitě vody v rybnících Bolevecké soustavy (online) [cit. 2023.03.20], dostupné z: <<https://www.svsmp.cz/archiv/2019/zprava-o-kvalite-vody-v-rybnicich-bolevecke-soustavy-cerven-2019.aspx>>.

SZÚ, ©2023: Kvalita rekreačních vod v ČR (citováno) [cit. 2023.01.20], dostupné z: <<https://archiv.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/kvalita-vody/kvalita-rekrecnich-vod-v-cr>>.

#### **Ostatní zdroje:**

KHS, 2022: Hygienická data – výsledky rozborů vody Velkého Boleveckého rybníka z období 2004-2022 provedené a vyhodnocené Zdravotním ústavem se sídlem v Ústí nad Labem. „nepublikováno“. Dep.: Krajská hygienická stanice se sídlem v Plzni

Duras J., Chanová M., Pumann P., Koubová R., 2014: Cerkáriová dermatitida a jak k ní přistupovat, „nepublikováno“. Dep.: Krajská hygienická stanice se sídlem v Plzni



Duras J., 2007: Projekt zlepšení jakosti vody Velkého Boleveckého rybníka. Výsledky roku 2006 a návrh na rok 2007, „nepublikováno“. Dep.: Krajská hygienická stanice se sídlem v Plzni

SZÚ, 2019: Metodické doporučení Národního referenčního centra pro sběr vodních plžů a jejich vyšetřování na cercárie ptačích schistosom působících cercáriovou dermatitidu a postup hodnocení lokalit pro koupací sezonu 2019. SZÚ, Praha, 10 s.

## 10. Přílohy

Příloha 1: Tabulka průměrných hodnot mikrobiálních ukazatelů za rok 2004-2022

Rok	Escherichia coli	Intestinální enterokoky
2004	/	18,50
2005	/	37,00
2006	/	23,90
2007	/	10,60
2008	/	11,70
2009	/	8,80
2010	/	64,00
2011	/	4,70
2012	10,00	10,50
2013	7,25	2,00
2014	26,25	13,60
2015	13,75	16,30
2016	3,00	2,60
2017	3,13	7,75
2018	13,63	18,25
2019	8,25	7,60
2020	20,00	9,25
2021	34,90	18,90
2022	18,29	170,25

Příloha 2: Tabulka průměrných hodnot sinic a chlorofylu za rok 2004-2022

Rok	Sinice (buňky)	Chlorofyl -a (ug/l)
2004	87971	11,22
2005	80980	16
2006	13741	11,62
2007	36048	10,77
2008	5780	8,25
2009	2765	5,45
2010	2546	5,98
2011	1937	4,31
2014	873	4,5
2015	220	3,1
2016	0	7,7

2017	120	5,3
2018	64	4,7
2019	840	6,35
2020	2785	6,28
2021	910	5,45
2022	19885	22,03

Příloha 3: Tabulka průměrných hodnot průhlednosti za rok 2004-2022

Rok	Průměrná průhlednost za rok
2004	1,00
2005	1,15
2006	1,04
2007	1,00
2008	1,00
2009	1,05
2010	1,50
2011	1,18
2012	1,77
2013	1,65
2014	2,04
2015	2,60
2016	2,70
2017	3,25
2018	2,55
2019	2,45
2020	2,11
2021	1,55
2022	1,32

Příloha 4: Tabulka průměrných hodnot teplot za rok 2009–2022 ve °C

Rok	Průměrná teplota za rok °C
2009	21,58
2010	24,61
2011	21,60
2012	20,73
2013	22,30
2015	23,03
2016	21,70
2018	23,71
2019	23,05
2020	21,30
2021	22,98
2022	23,52

## 11. Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Bolevecká rybníční soustava na mapě II. vojenského mapování – Čechy, mapový list W_10_IV.....	5
Obrázek 2: Těžba ledu na Boleveckém rybníce.....	5
Obrázek 3: Pohled na Velký Bolevecký rybník od výletní restaurace Ostende.....	6
Obrázek 4: Pohled na Velký Bolevecký rybník od hráze, uprostřed ostrůvek.....	7
Obrázek 5: Výřez odtokových poměrů Bolevecké rybníční soustavy.....	8
Obrázek 6: Rozvodnice povodí 1.–4. řádu v oblasti Bolevecké rybníční soustavy.....	9
Obrázek 7: Pinus hwangshanensis, Arboretum Sofronka.....	11
Obrázek 8: Duby na hrázi Boleveckého rybníka v zimním období, 2023.....	11
Obrázek 9: Informační tabule s kondičními okruhy kolem Boleveckých rybníků – současnost.....	13
Obrázek 10: vodní mor kanadský Zdroj: Botany, 2023.....	15
Obrázek 11: stolítek klasnatý Zdroj: Botany, 2023.....	16
Obrázek 12: Pohled na rybník od hráze, vlevo vyžínací loď Bolek.....	17
Obrázek 13: Harvestor uložen v zimních měsících, současnost .....	17
Obrázek 14: Vývoj hladiny Velkého Boleveckého rybníka v letech 2017–2022 dle měření SVSmP.....	18
Obrázek 15: Vypouštění přečištěné vody z Berounky do Velkého Boleveckého rybníka – současnost.....	20
Obrázek 16: Aktuální informace o stavu hladiny a teploty vody Velkého Boleveckého rybníka.....	21
Obrázek 17: Cerkáriová dermatitida.....	24
Obrázek 18: Odchyt cercárií pro výzkum v laboratoři.....	26
Obrázek 19: Jakost vod ke koupání v roce 2021 v zemích EU, ve Švýcarsku a Albánii.....	28
Obrázek 20: Graf mikrobiálního znečištění, průměrné hodnoty za rok (KTJ/100 ml) .....	33
Obrázek 21: Graf sinic, průměrné hodnoty za rok (počet buněk/ml).....	34
Obrázek 22: Graf sinic, průměrné hodnoty za rok, výčet let 2014-2019 (počet buněk/ml)....	34
Obrázek 23: Graf chlorofylu-a, průměrné hodnoty za rok (ug/l) .....	35
Obrázek 24: Graf průhlednosti, průměrné hodnoty za rok (m).....	36
Obrázek 25: Graf průměrné teploty za rok ve °C.....	37

### **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Limity a hodnocení mikrobiálních indikátorů dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.....	32
Tabulka 2: Hodnocení výskytu sinic, řas, chlorofylu-a a průhlednosti dle vyhlášky č. 238/2011 Sb.....	33

### **Seznam příloh:**

Příloha 1: Tabulka průměrných hodnot mikrobiálních ukazatelů za rok 2004-2022.....	49
Příloha 2: Tabulka průměrných hodnot sinic a chlorofylu za rok 2004-2022.....	49
Příloha 3: Tabulka průměrných hodnot průhlednosti za rok 2004-2022.....	50
Příloha 4: Tabulka průměrných hodnot teplot za rok 2009–2022 ve °C.....	51

## **12. Seznam použitých zkratk**

EEA Evropská agentura pro životní prostředí

EU Evropská unie

GIS Geografický informační systém

KHS Krajská hygienická stanice

MMP Magistrát města Plzně

MZe Ministerstvo zemědělství

MZd Ministerstvo zdravotnictví

MŽP Ministerstvo životního prostředí

PIVO Registr pitných a koupacích vod

SZÚ Státní zdravotní ústav