

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Zlepšení kvality povrchových vod
Národní přírodní památka Zhejral

Bakalářská práce

František Prokeš

Školitel: RNDr. Petr Blabolil, Ph.D.

České Budějovice 2022

Prokeš, F., 2022: Zlepšení kvality povrchových vod Národní přírodní památky Zhejral. [Improving the quality of surface waters of the Zhejral National Natural Monument; Bc. Thesis, in Czech] – 37 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá problematikou stresorů působících na ekologickou kvalitu vodních ekosystémů a možnostmi náprav nevyhovujícího stavu. Součástí této práce je návrh projektu, který je zaměřen na úpravu rybí obsádky na vodní nádrži Karhov a rybníce Zhejral a revitalizaci toku, jímž jsou obě nádrže propojené.

Annotation:

The bachelor thesis deals with the topic of stressors affecting the ecological quality of aquatic ecosystems and the ways to correct the unsatisfactory condition. Part of this work is a project proposal aimed at adjusting the fish population in Karhov Reservoir and Zhejral Pond, and revitalizing the stream connecting the two water bodies.

Klíčová slova:

Biomanipulace, eutrofizace, Karhov, národní přírodní památka, revitalizace toku, stresory vody

Key words:

Biomanipulation, eutrophication, Karhov, National natural monument, revitalization stream, stressors of water,

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 7. prosince 2022

František Prokeš

Poděkování:

Tímto bych velmi rád poděkoval svému školiteli RNDr. Petru Blabolilovi, Ph.D. za ohromnou trpělivost, cenné rady a připomínky a věnovaný čas. Dále bych rád poděkoval týmu z Hydrobiologického ústavu za spolupráci při výzkumu na obou nádržích. V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům za celoživotní podporu nejen ve studiu, ale i v životě.

Ichtyologický průzkum byl podpořen Akademií věd ČR v rámci programu Strategie AV 21, Záchrana a obnova krajiny.

Obsah

1	Úvod	1
2	Literární rešerše	1
2.1	Voda na Zemi.....	1
2.2	Voda a člověk	2
2.3	Acidifikace	3
2.3.1	Možnosti nápravy acidifikace	4
2.4	Eutrofizace	4
2.4.1	Možnosti nápravy eutrofizace	5
2.5	Bio-manipulace	7
2.6	Nadměrný rybolov	7
2.6.1	Možnosti nápravy nadměrného rybolovu.....	8
2.7	Morfologické úpravy	8
2.7.1	Možnosti nápravy.....	9
2.8	Závěr	9
2.9	Metodika	9
2.9.1	Popis lokality.....	9
2.9.2	Metodika odlovů ryb	10
2.9.3	Stanovení ekologického potenciálu.....	13
2.10	Výsledky	14
2.10.1	Karhov.....	14
2.10.2	Zhejral	15
2.10.3	Ekologický potenciál.....	16
2.11	Diskuse.....	17
2.11.1	Karhov.....	17
2.11.2	Zhejral	17
2.11.3	Ekologický potenciál.....	18

3	Projekt.....	19
3.1	Cíl projektu	19
3.2	Hypotézy	19
3.3	Návrh projektu	19
3.3.1	Metodika realizace projektu	20
3.3.2	Časový harmonogram	25
3.3.3	Náklady	27
3.4	Závěr	29
4	Literatura	30

1 Úvod

Dostupnost kvalitní vody je esenciální pro lidskou společnost a veškerý život na Zemi (WWF, 2022). O ochraně vodních ekosystémů se učí od základní školní docházky a velmi podobná témata jsou předmětem významných mezinárodních dohod. Stále zůstává pravidlem, že nejdůležitější je začít u každého z nás a ochrana každého vodního zdroje je zásadní pro globální cyklus vody (Buytaert et al., 2016). Tato práce se věnuje poukázáním na klíčovou úlohu vody pro život na Zemi a pro lidskou společnost. Na druhou stranu lidské vlivy mají často za následek degradaci vodních ekosystémů acidifikací, eutrofizací, morfologickými úpravami, přelovením klíčových druhů a dalšími stresory (Ritterbusch et al., 2022). Zároveň dnes máme k dispozici možnosti ke zlepšení stavu vodních ekosystémů zásahy do potravního řetězce (Jůza, Kubečka, et al., 2022).

Cílem rešerše je popsat základní informace o fungování vodních ekosystémů v našem prostředí a přiblížit problematiku stresorů negativně působících na vodu. V praktické části se podílet na ichtyologickém průzkumu nádrže Karhov a rybníka Zhejral v Národní přírodní památce (NPP) Zhejral a vyhodnotit získané údaje. V části projektové pak navrhnout managementové zásahy vedoucí ke zlepšení kvality povrchových vod.

2 Literární rešerše

2.1 Voda na Zemi

Voda je základním pilířem života na naší planetě (Westall & Brack, 2018). Existence vody v kapalném skupenství odlišuje Zemi od ostatních planet Sluneční soustavy. Její molekula je jednoduchá, a přitom jedinečná, složená z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku, které vzájemně svírají úhel 104 °. Hustotní anomálie vody umožňuje přežívání organismů v hlubších vodách v kapalně vodě (při 4 °C) i když je teplota vzduchu pod bodem mrazu a opačně během vysokých teplot letní teplotní stratifikace udržuje vody v hloubkách chladnější než vrstvy u hladiny (Franzese & Stanley, 2002). Vodní organismy tak mohou obývat oblast s preferovanou teplotou (pokud jim přežití dovolí i další faktory, především koncentrace rozpuštěného kyslíku). Voda je nejdůležitější složkou na Zemi, nedá se ničím nahradit a prakticky je nepostradatelná pro existenci života. Voda se na Zemi objevuje ve třech skupenstvích (plynném, kapalném a pevném), a to v atmosféře, podzemí a na jejím povrchu (Píšťková, 2008; Schimánek, 2015).

Sluneční záření a otáčení Země okolo své osy jsou hlavní příčiny výparu vody a jejího pohybu v malém a velkém vodním cyklu (Schmitt, 1995). Cyklus vody má několik důležitých složek. Vodní pára je hlavním pohlcovačem záření. Vlivem záření dochází ke kondenzaci vody, která uvolní energii do prostředí. Velké množství uvolněné energie ovlivňuje cirkulaci v atmosféře. Kondenzovaná voda se dostane na povrch Země v podobě srážek. Z povrchu se evapotranspirací dostává zpět do atmosféry, případně se odtokem dostává do nejdůležitější složky globálního vodního cyklu, kterou jsou oceány (Oki et al., 2004). Klimatické modely i satelitní pozorování naznačují, že celkové množství vody v atmosféře se bude stále zvyšovat. Pozorování naznačují, že odtok, výpar a srážky se zvýšily a budou se zvyšovat nadále a cyklus vody tak zrychlovat (Wentz et al., 2007). Odpařování se může při rostoucích koncentracích CO₂ i snižovat, neboť při zvýšených koncentracích CO₂ rostliny uzavírají průduchy a snižují transpiraci. Změna klimatu bude mít rovněž dopad i na využívání vodních zdrojů (Harding et al., 2011). Další z klíčových významů vody (především v oceánech) je absorpce uhlíku z atmosféry, což přispívá ke zpomalení globálního oteplování (Abas & Khan, 2014). Velká měrná tepelná kapacita rovněž přispívá k zadržení uhlíku v permafrostu, který ovšem vlivem změny klimatu pomalu ztrácí svou funkci rezervoáru (Tanski et al., 2019). Voda je tak stále v pohybu a péče o ni je důležitá od sebemenších povodí.

2.2 Voda a člověk

Pro člověka je pitná voda esenciální a vodní biotopy poskytují i další ekosystémové služby (Grizzetti et al., 2016). energii vody lidé využívali v minulosti k roztáčení mlýnských kol na energii mechanickou. Dnes se využívá především její kinetická a polohová energie k roztáčení turbín ve vodních elektrárnách, za pomoci alternátoru dochází k její přeměně na energii elektrickou (von Sperling, 2012). Využívá se i v jaderných elektrárnách, kde slouží k ochlazení jaderných reaktorů. Po desetiletí se vodní toky od horských partií využívaly ke splavování dřeva. Široká síť převážně nížinných toků je dnes využívána i k vodní dopravě. Vodní dopravou je možné převážet velké množství nákladu najednou, což z ní dělá jeden z levnějších způsobů dopravy (Lister, 2015).

Především v letním období člověk využívá vodu i pro své rekreační potřeby. Plavání a koupání představuje jednu z nejoblíbenějších letních rekreačních aktivit. Na mnoha turisticky oblíbených místech vznikla centra vodních sportů (Stott, 2019). Další významnou službou vodních biotopů je rybolov. Rybolov z moří, řek a jezer poskytoval lidem obživu odjakživa.

V České republice, především na Třeboňsku v jižních Čechách, lidé začali na počátku 17. století budovat umělé nádrže, rybníky. Rybníky jsou určeny především, ale ne výhradně, k chovu ryb. Kvůli navýšení produkce ryb přidávají rybáři často do rybníků živiny ve formě hnojiv či příkrmováním ryb, což přispívá k eutrofizaci vod (Boyd, 2018).

Energetické a dopravní využití vody je silně závislé na přírodních podmínkách. Rekreační a rybolovné využití je zase silně závislé na kvalitě vody. Antropogenní znečišťování povrchových vod je jedním z velmi závažných problémů dnešní doby. Kvůli zásahům člověka do životního prostředí mnohdy dochází ke zhoršení kvality vody, a proto je ochrana vodních zdrojů stále důležitější, aby nedocházelo ke gradování ztráty kvality vod (Píšťková, 2008; Schimánek, 2015).

2.3 Acidifikace

Acidifikace je proces, při kterém dochází k okyselení vod či půd, často se děje současně (Hradecký, 2008). K acidifikaci může docházet dvěma způsoby. První příčinou acidifikace může být dodávání látek do prostředí, které zvyšují koncentraci vodíkových kationtů, k čemuž dochází například u kyselých dešťů. Druhotnou příčinou může být ztráta bazických kationtů, které standardně neutralizují vodíkové ionty. Při acidifikaci dochází i k vyvazování hliníku a železa, což má za následek degradaci půd (Novák, 2014).

Kyselé deště obsahují vodu s $\text{pH} < 5,6$ a obsahují tedy vyšší koncentraci kyselin. Přirozený zemský déšť má obvykle pH v rozmezí 5,6 – 6. Nejčastějším zdrojem kyselých dešťů jsou kyseliny sírové a dusičné (Singh & Agrawal, 2008). Kyselina sírová a kyselina dusičná vznikají v atmosféře fotochemickými reakcemi z oxidu siřičitého a oxidu dusíku. Oxidy se do atmosféry dostávají sopečnou aktivitou, mikrobiálními procesy probíhajícími v biosféře nebo antropogenní činností. Nejčastěji k uvolňování oxidů dochází spalováním materiálů s vysokým obsahem síry a dusíku, jako je například hnědé uhlí (Hradecký, 2008).

Voda s vyšším obsahem kyselin je nebezpečná pro životní prostředí. V našich podmínkách je ideální pH vody pro život ryb 6 až 8. Ve vodě s pH nižším než 4,5 ryby našich vod nepřežívají. Konkrétně larvy pstruhů obecných (*Salmo trutta*) se nemohou vykultit z jiker, neboť je přerušena produkce enzymů, které narušují jikerné obaly. Kyselina také mobilizuje kovy, které jsou v iontové formě toxické, například hliník. Hliník u ryb způsobuje nadbytečnou tvorbu slizu, který pak rybám obaluje žábry a tím znemožňuje dýchání. Zároveň

kyselina potlačuje růst fytoplanktonu. Nedostatek fytoplanktonu má za následek nedostatek potravy pro živočichy, kteří se jím živí (Sayer et al., 1993).

Některá místa jsou výrazně citlivá k acidifikaci. Známým příkladem je pohoří Šumavy, kterou v polovině minulého století acidifikace zasáhla s vrcholem v osmdesátých letech (Ungermanová, 2007). Šumavská jezera leží na geologickém podloží pararuly bohaté na biotit, spolu s rulami, kvarcitem a žulou. Zmíněné horniny jsou citlivé na atmosférické depozice, což přispělo k tomu, že se všechna tato jezera začala v minulém století okyselovat. V důsledku zrychlené acidifikace došlo v sedmdesátých letech minulého století k úhynu posledních přežívajících ryb (Vrba et al., 2003). Následně téměř vymizely planktonní korýši a zásadně se změnila četnost a druhová skladba rostlinných druhů (Čtvrtlíková et al., 2009). V devadesátých letech došlo ke snížení emisí síry a dusíku. V souladu se snížením emisí došlo na šumavských jezerech k vzrůstu pH (Ungermanová, 2007).

2.3.1 Možnosti nápravy acidifikace

Záleží na geologickém podloží a stavu okolní krajiny. Pokud dojde k odumření lesa v povodí je efekt acidifikace umocněn (Kopáček et al., 2019). Pokud je podloží chudé na kationty, mohou být dodány vápněním v lokální stanici na toku či plošně např. z letadla. Vápnění surové vody pomocí letadla probíhá například v Jizerských horách na vodní nádrž Souš (Podrázský et al., 2001) . K vápnění se využívá přírodní jemně mletý vápenec, který je vhodným materiálem pro nápravu pitné vody. V době leteckého zásahu je nádrž několik hodin podrobně monitorována a průběžně se vyhodnocují změny jakosti vody.

2.4 Eutrofizace

Eutrofizace se stala primárním problémem kvality vody pro většinu sladkovodních a příbřežních mořských ekosystémů na světě (Smith & Schindler, 2009). Eutrofizace je proces, který popisuje stav nadměrného přísunu živin do vodního ekosystému. Většinou jde o sloučeniny dusíku a fosforu, které se do vody dostávají v podobě splavů z pastvin a polí (plošné zdroje) a ze sídel (bodové zdroje) (Conley et al., 2009). Ve vodách s nadměrným množstvím živin nejčastěji dochází k vysoké primární produkci fytoplanktonu (u mělkých vod i vodních makrofyt), které během světelné části dne produkují kyslík, během něhož odebírají oxid uhličitý a mění pH do zásadité oblasti, a naopak v noci dýcháním koncentraci

rozpuštěného kyslíku výrazně snižují (Dlouhá et al., 2006). V eutrofizovaných vodách dochází k rozvoji sinic a řas, které mohou být toxické a/nebo nepoživatelné. Přísun živin obvykle stimuluje růst a početnost vodních organismů, které bývají nejplastičtější z daného společenstva, čímž se narušují ustálené vazby. Některé druhy fytoplanktonu využívající nadbytečných živin ve vodě ke zvětšení své velikosti či tvorbě kolonií, které jsou příliš velké k využití zooplanktonem (de Bernardi & Giussani, 1990). Tento fytoplankton se následně hromadí jako vodní květ. Různorodý soubor druhů řas, včetně rozsivek (*Bacillariophyceae sp.*), bičíkovců (*Flagellate sp.*), a obrněnek (*Dinoflagellate sp.*), může způsobit nepříjemné květy, které produkují toxiny poškozující jiné organismy, včetně lidí (Smith & Schindler, 2009).

2.4.1 Možnosti nápravy eutrofizace

Pro snížení efektu eutrofizace existuje několik metod. Nejdůležitější je omezit externí přísun živin, v našich podmínkách zejména fosforu. Omezení externího přísunu živin je možné docílit omezením hnojiv v zemědělství, včetně rybníkářství nebo správným nakládáním s odpadními vodami pomocí oddělené kanalizace a/nebo terciárního čištění vod (Schindler et al., 2016). Pokud se již živiny do vodního systému dostaly, jejich hlavním zdrojem bývá sediment, z něhož se zejména fosfor může uvolňovat při omezené koncentraci kyslíku. Omezení toho efektu lze docílit například metodou chemického srážení fosforu přímo ve vodní nádrži nebo jezeře. Touto metodou dojde k vysrážení nadměrného fosforu ve vodním sloupci použitím hlinitých, železitých nebo vápenatých solí. Srážecí metoda se dá aplikovat i na dnové sedimenty. Nejčastěji se používají hlinité soli (síran hlinitý), protože jsou ekonomicky i ekologicky nejvhodnější (Kennedy et al., 1987). Při reakci s fosforem vznikají vločky hydroxidu hlinitého a zároveň tvoří nerozpustné komplexy s fosforem. Nerozpustnost komplexů zamezuje fosforu další uvolňování do vodního sloupce. Vločky následně sedimentují na dně a vytváří pokryv, který zabraňuje fosforu uvolňování ze sedimentů. Během sedimentace do sebe vzniklé vločky zachytávají nežádoucí částice řas a sinic a tím zlepšují průhlednost vody. Důležité u této metody je, aby byla používána za správných podmínek. Jezero nebo vodní nádrž se musí před použitím zmonitorovat a následně se posoudí použití srážecí metody na základě alkality vody, ovlivnění rybí obsádky, omezení externího přísunu živin a pH větším než 5,5. V případě, že by pH bylo nižší než 5,5 začne se hliník rozpouštět ve formě iontů, které jsou pro organismy vysoce toxické (Klouček & Vaverová, 2005).

Pro srážecí metodu je možné používat i železité nebo vápenaté soli. Železo a vápník mají stejně jako hliník bohaté zastoupení v zemské kůře a dochází tedy k jejich uvolňování do vody z půdy nebo sedimentů. Díky jejich vlastnostem přirozeně sráží fosfor ve vodách (Zamparas & Zacharias, 2014). Železo a vápník mají oproti hlinitým koagulantům značné nevýhody. U železitých koagulantů vzniká nebezpečí, že při vzniku anoxického prostředí začne docházet ke zpětnému uvolňování fosforu do vodního sloupce. Vápenaté koagulanty zase účinkují pouze za předpokladu extrémně vysokých hodnot pH (Klouček & Vaverová, 2005).

Efekt eutrofizace se dá snížit i aerací vody nebo destratifikací pomocí mechanických míchadel. Aerací vody či destratifikací pomocí mechanických míchadel chceme docílit okysličení celého vodního sloupce (Hanson & Austin, 2012). Tento jev by měl podpořit růst organismů ve vodě, primárně tedy zooplanktonu, který následně potlačí růst sinic (Sluše, 2020).

Další metody používané pro obnovu jezer a vodních nádrží jsou algicidy nebo těžba a deponace sedimentu (Smolders et al., 2006). Těžba sedimentu je nezbytně důležitá, protože sedimenty mají neblahý vliv na většinu vodních děl. Sedimenty kromě zrychlování koloběhu živin, čímž podporují eutrofizaci, také zhoršují přítokové funkce a zanáší koryta. Zanesením koryt dochází ke snížení akumulace vody v nádrži a tím klesá i doba zadržení vody. Mechanické odtěžení je nejvhodnější po výlovu (Knollová, 2012).

Mezi další možné způsoby pro nápravu eutrofizace se řadí umělé plovoucí ostrovy porostlé vegetací (Zhao et al., 2012). Ostrovy se vyrábí z různých materiálů odolných vůči mechanickým deformacím a zároveň umožňující kořenování rostlin, jako jsou dřevěné rošty, bambusová stébla, síť nebo rámy z ocele, plastu nebo sklolaminátu. Systém vysazených rostlin plovoucích na volné vodě umožňuje přijímat živiny přímo z vodního sloupce. Samotné rostliny však neplní kompletní funkci odstraňování nadbytečných živin. Důležitá je funkce ponořených kořenů, které vylučováním enzymů a kyslíku tvoří ideální prostředí pro rozvoj bakterií, prvoků, hub a přisedlých autotrofů. Tyto složky významně napomáhají rozkladu organických látek a příjmu živin. Nicméně tento způsob je funkční pouze ve vegetačním období, které v mírném pásu není zrovna dlouhé. Zároveň je však důležité dbát na vhodné druhové složení rostlin. Existují totiž rizika, že se z plovoucích ostrovů rozšíří invazivní druhy do místních mokřadů. Je tedy nutné vybírat vhodné rostliny na základě druhů vyskytujících se v přílehlých mokřadech (Čtvrtlíková et al., 2020).

2.5 Biomanipulace

Nevhodný vliv na kvalitu vody může mít i rybí obsádka, která postrádá vrcholové predátory. Proto je nutné vodní nádrže monitorovat a provádět včasné zásahy (Jůza, Blabolil, et al., 2022). Hlavní záměr biomanipulace je ovlivnění potravního řetězce ve vodní nádrži. Manipulace s potravním řetězcem může do jisté míry zmírnit i projevy eutrofizace (Smith & Schindler, 2009). Biomanipulace se obvykle realizuje odlovy planktonožravých ryb a vysazováním dravých druhů ryb. Princip zlepšení kvality vody je založen na snaze zvýšit počet zooplanktonu s velkým tělem (též označován jako hrubý), který svou filtrační aktivitou potlačuje fytoplankton (Jůza et al., 2019; Smith & Schindler, 2009). Zooplankton je tak schopen udržet velikost kolonie sinic dostatečně malou na to, aby se začaly tvořit heterocyty, které navíc fixují atmosférický dusík (Smith & Schindler, 2009). Problém je, že velký zooplankton ve většině nádrží podléhá tlaku planktonožravých ryb, zejména plotice obecné (*Rutilus rutilus*) a cejna velkého (*Abramis brama*), jejichž jediný zástupce je schopen spořádat desetitisíce jedinců zooplanktonu za den. Zmiňované odlovy planktonožravých ryb a vysazování dravých druhů ryb by měly snížit predanční tlak na zooplankton a zlepšit tak kvalitu vody (Jůza et al., 2019).

2.6 Nadměrný rybolov

Nadměrné odlovy ryb se většinou zmiňují u mořských ekosystémů, mezi které patří chalužové lesy, korálové útesy i hluboká chladná moře. Nadměrné lovení velkých dravých ryb může způsobit kaskádové účinky na trofickou síť (Scheffer et al., 2005). Nejčastěji je popisován vztah tresky obecné (*Gadus morhua*) a šprota obecného (*Sprattus sprattus*) v Baltském moři (Möllmann et al., 2008). Rybolov tresek se pohybuje na hranici kolapsu populace (Scheffer et al., 2005). Snížením predančního tlaku tresek došlo k nárustu populace šprotů a ke změně složení zooplanktonu. V současnosti změny v trofické síti akceleruje změna klimatu, neboť v uvedeném příkladu v důsledku vyšších teplot a nižší salinity narůstá reprodukce šprotů na rozdíl od tresky, které se v nových klimatických podmínkách daří mnohem méně (Möllmann et al., 2008).

Obdobný problém nadměrného rybolovu nastává i na některých lokalitách v České republice. Veřejně známý je příklad přelovení populace candáta obecného (*Stizostedion lucioperca*) v Lipenské nádrži (Kubečka et al., 2017) či v jezeře Peipsi na hranicích Estonska s Ruskem (Kangur & Kangur, 1996). Ekosystém v nádrži bez vrcholových predátorů je

dlouhodobě neudržitelný a dochází k přemnožení planktivorních kaprovitých či jiných nežádoucích druhů ryb, které jsou v nadměrném množství jedním z faktorů prohlubující vliv eutrofizace a snížení jakosti vody. Na vodních nádržích ochranného pásma 1. stupně není rybolov povolen. Mnohde však probíhá nelegální rybolov (Vejrík, 2021). Pytláckému tlaku nejčastěji podléhají predátoři jako je štika obecná nebo candát obecný, kteří jsou snadnou kořistí při lovu na udici, do sítě či jiných pytláckých metod.

2.6.1 Možnosti náprav nadměrného rybolovu

Úbytek vrcholových predátorů je způsoben silným rybářských či pytláckým tlakem. Na rybářských revírech mají hospodařící subjekty možnosti časového hájení, omezení velikostí berných ryb či zákazů lovných technik (Vyhláška č. 197/2004 Sb.). V případě vodárenských nádrží, kde se i přes zákaz vstupu do ochranného pásma pytláči je nutné situaci řešit snížením atraktivity lokality pro pytláky. Jednou z možností se nabízí instalace různých struktur do vody, které znepríjemní rybaření neustálým zamotáváním či přetrháváním vlasců. Nabízí se instalace různých klecí pod vodu, napíchat kůly pod vodu nebo plovoucí ostrovy, které kromě vytváření překážky pro pytláky, aktivně snižují efekt eutrofizace. Další možností pro snížení atraktivity lokality z hlediska pytláků je úprava rybí obsádky v podobě hůře ulovitelných piscivorních ryb jako je například dospělý bolen dravý (*Leuciscus aspius*).

2.7 Morfologické úpravy

V minulosti docházelo v urbanizované krajině k úpravám toků, což spočívalo především v narovnání a zahloubení koryta toku. V takto ošetřených tocích dosahuje voda vysokých rychlostí, nekomunikuje s okolní krajinou, prostředí je velmi jednotné a tvoří jej prakticky odvodňovací kanál (Benda et al., 2004). V silně pozměněném toku chybí úkryty pro ryby z balvanů či větších kusů větví ze stromů a dalších překážek. Zrychlení odtoku vody vede k častějšímu výskytu povodní a snižuje se či kompletně mizí samočisticí funkce toku filtrací vody přes dnový substrát a odebíráním porosty. Ve stojatých vodách má zásadní vliv kolísání hladiny, které omezuje rozvoj submerzních a emerzních rostlin a eroze břehů mění (homogenizuje) přinejmenším morfologické charakteristiky prostředí (Hellsten, 2002). Ryby v oblastech s takto sníženým počtem úkrytů jsou výrazně náchylnější k predaci kormorány, vydrou a dalšími predátory (Čech & Vejrík, 2011; Uiblein et al., 2001).

2.7.1 Možnosti nápravy

Za pomoci technik využívající primárně přírodní materiály je možné toky revitalizovat a nadále jej ponechat renaturalizačním procesům. Revitalizace je antropogenní úprava toku do jeho historického nebo přírodě blízkého stavu (Just, 2016). Toky je možné například zmeandrovat, vytvořit na nich slepá ramena, čímž se podpoří retence vody v krajině a samočisticí funkce toku. Zároveň je účelné vytvoření úkrytů pro ryby formou mrtvého dřeva ve vodě a těsné blízkosti či zakrytí hladiny plovoucími klecemi a ostrovy (Just & Valentová, 2006).

2.8 Závěr

Ačkoli je molekula vody jednoduchá a jedinečná zároveň. Voda ve volné přírodě je směsí životně důležitých sloučenin a často bohužel i škodlivých látek. Z výše uvedené rešerše vyplývá, že voda je esenciální nejen pro lidskou společnost, ale veškerý život na naší planetě. Tato skutečnost je v ekonomickém kontextu často opomíjena a lidská činnost vede k degradaci vody a vodních ekosystémů. Uvedený výčet stresorů jistě není konečný, lze doplnit například chemické polutanty (farmaka a jejich odvozeniny), introdukci nepůvodních organismů a mnohé další. Ve svém výčtu jsem se zaměřil na klíčové stresory, které v nedávné době byly či jsou patrné na cílové lokalitě NPP Zhejral.

2.9 Metodika

2.9.1 Popis lokality

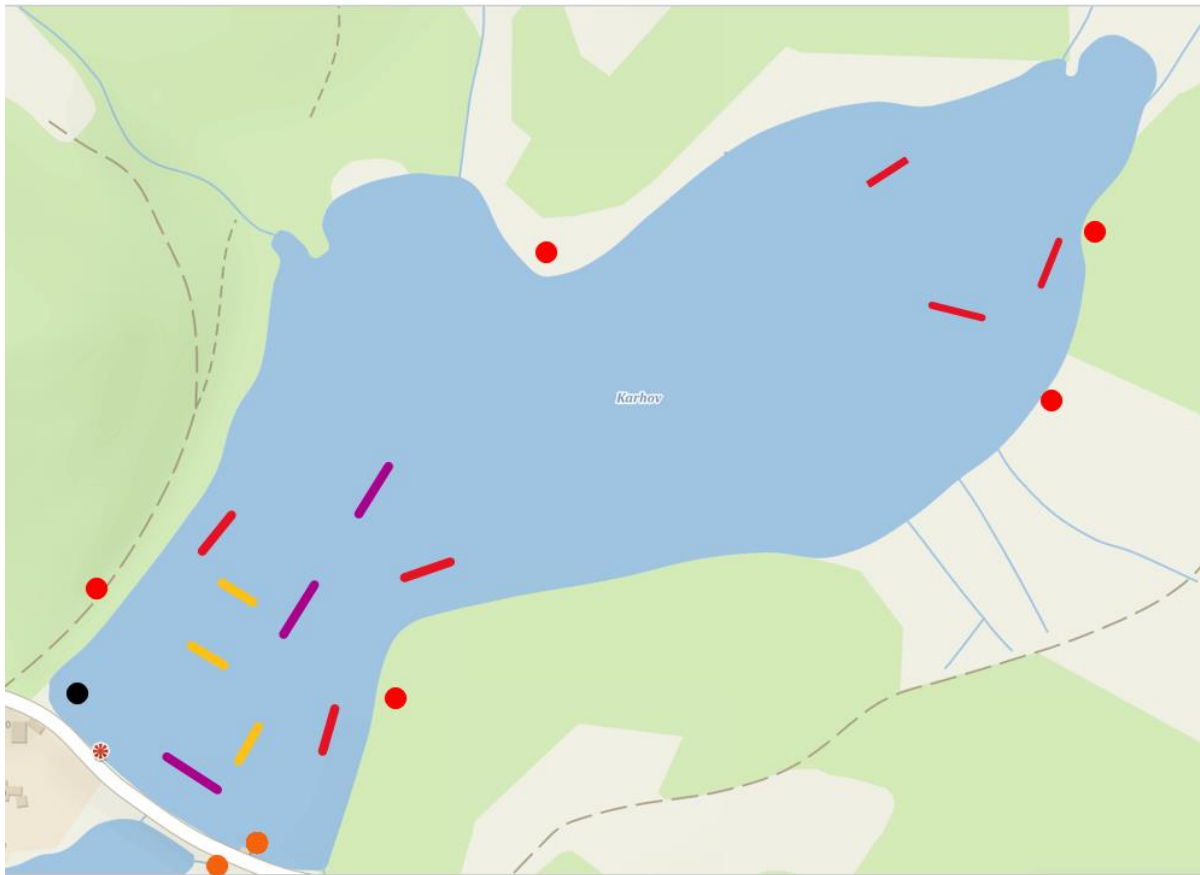
Vodní nádrž Karhov byla původně historický hospodářský rybník. Původní rybník měl zemní homogenní hráz, která v letech 1971-1974 prošla rekonstrukcí kvůli změně účelu vodního díla na vodárenské využití. Mimo vodárenské využití nádrž zajišťuje minimální zůstatkový průtok v toku a částečnou ochranu před povodňovými průtoky. Karhov byl vybudován na Studenském potoce zhruba 10,5 km od prameniště. Nad vodní nádrží Karhov se proti proudu Studenského potoka nachází rybník Zhejral, který svou polohou spadá do evropsky významné lokality NATURA 2000 (CZ0610170). Jsou zde významná velmi zachovalá rašeliniště chráněna jako národní přírodní památka (PVL, 2022). Obě vodní díla se nachází na

Českomoravské vrchovině poblíž obce Klatovec v okrese Jihlava a spadají do přírodního parku Javořická vrchovina.

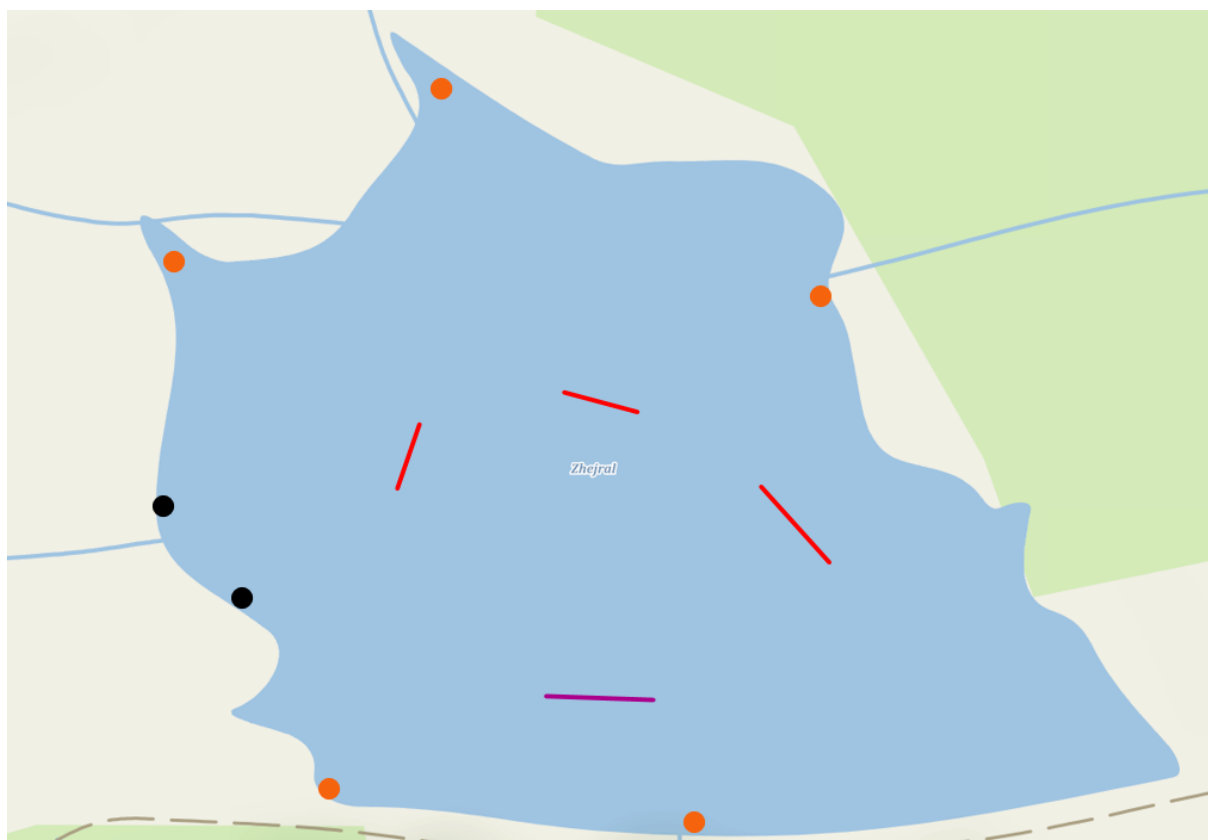
Jako historicky hospodářský rybník byl Karhov v 60. letech minulého století intenzivně využíván k rybolovu. Po rekonstrukci kvůli změně účelu vodního díla na vodárenské využití byla obsádka Karhova tvořena převážně perlínem ostrobřichým (*Scardinius erythrophthalmus*), línem obecným (*Tinca tinca*), okounem říčním (*Perca fluviatilis*) a štikou obecnou (*Esox lucius*). Z důvodů podpory biomanipulace byla rybí obsádka obohacena o další druhy jako je candát obecný, bolen dravý, úhoř říční (*Anguilla anguilla*) a mník jednovousý (*Lota lota*). Neúspěšně se zde vysazoval pstruh obecný (*Salmo trutta*) a v období acidifikace siven americký (*Salvelinus fontinalis*), který zdárně zvládá vodu s nižším pH.

2.9.2 Metodika odlovů ryb

Rybí obsádka na vodních nádržích Karhov a rybník Zhejral byla vzorkována pomocí bentických a pelagických tenatových sítí, plůdkových záťahových sítí a litorál obou nádrží včetně přítoků byl prozkoumán pomocí elektrolovu. Pro účely vzorkování byla nádrž Karhov rozdělena na část hrázovou a přítokovou a rybník Zhejral byl uchopen jako celek (viz Obr. I., Obr. II.). Na Karhově byla v hrázové části naměřena maximální hloubka 2,8 m a na Zhejralu 3 m.



Obr. I. Rozložení tenetových sítí na nádrži Karhov. Červené čárky znázorňují bentické tenetové sítě v příbřežní části a žlutě v hluboké části, fialové čárky označují pelagické tenetové sítě. Černé tečky znázorňují místa bodového elektrolovu, oranžové tečky označují místa kontinuálního elektrolovu a červené tečky označují místa odlovů plůdkovou sítí (zdroj podkladové mapy www.mapy.cz).



Obr. II. Rozložení tenetových sítí na Rybníku Zhejral. Červené čárky znázorňují bentické tenetové sítě, fialová čárka označuje pelagické tenetové sítě. Černé tečky znázorňují místa bodového elektrolovu a oranžové tečky označují místa kontinuální elektrolovu. (zdroj podkladové mapy www.mapy.cz).

Základním prvkem pro monitoring rybí obsádky na vodních nádržích jsou tenetové sítě (Blabolil et al., 2016). Tenetové sítě patří mezi pasivní lovné prostředky a jejich výhodou je, možnost vzorkovat všechny prostředí nádrže. Na obou nádržích byly použity tenetové sítě bentické a pelagické. Bentické tenetové sítě vzorkují vody nade dnem nádrže, přičemž byly instalovány tak, aby spodní žíně zatížená v rozích síťoviny kovovými kruhy kopírovala dno nádrže a horní nadlehčená žíně plováky zajišťovala napnutí sítě ve vodním sloupci. Pelagické tenetové sítě slouží ke vzorkování volné vody, přičemž byly instalovány tak, aby horní plováková žíně byla na hladině a spodní žíně svisle dolů od ní napínala síť ve vodním sloupci. Vzhledem k malé hloubce na obou nádržích byly pelagické tenetové sítě použity pouze v hrázové části. Na Karhově byly bentické tenetové sítě použity v hrázové části s maximální hloubkou a v příbřežní oblasti hrázové i přítokové části (viz Obr. I.). Na rybníku Zhejralu byly bentické tenetové sítě instalovány po celém obvodu břehové linie vyjma hráze (viz Obr. II.).

Bentické i pelagické tenatové sítě byly dvojího provedení tzv. velkooká síť a ČSN standard. Velkooké sítě mají 4 velikosti ok (70-135 mm) a ČSN standard sítě mají 12 velikostí ok (5-55 mm), u obou typů tenatových sítí byly bloky síťoviny sešity po celé výšce sítě (Pokorný síť, Brloh, CZ). Šířka bloku u sítí ČSN standard byla 2,5 m a výška 1,5 m. Celá plocha ČSN tenatových sítí měla tedy 45 m². Šířka bloku u velkookých sítí byla 10 m a výška také 1,5 m. Celá plocha velkookých tenatových sítí měla tedy 60 m². Každá lokalita se monitorovala ve třech opakováních, přičemž byly tenatové sítě velkooké a ČSN standard spojeny provazem o délce 5 m. Tenatové sítě byly instalovány v podvečer a druhý den po rozednění vybrány. Tímto způsobem by mělo být monitorováno období největší aktivity ryb. Hloubka pro instalaci byly určeny pomocí echolotu Humminbird Helix 5 G2.

Elektrolov probíhal za pomoci motorového agregátu (ELT60IIIHI EL.FCD), který byl nesen na zádech příslušného pracovníka. Parametry agregátu: maximální výkon 1,3 kW, napětí 300/500 V a rozsah pulsů 25-100 za sekundu (Hans-Grassl GmbH, Schönau am Königsee, DE). Pracovník s motorovým agregátem brodil na předem určených lokalitách a zanořoval do vody pouze elektrody a pomocí tlačítka na rukojeti krátkodobě spouštěl pulzní stejnosměrný proud. Elektrolov měl dvě provedení – kontinuální elektrolov a bodový elektrolov. Během kontinuálního rybolovu pracovník brodil a měřil si vzdálenost loveného úseku pomocí GPS přístroje (Garmin GPSMAP 60CSx). Při bodovém elektrolovu lovil pracovník pouze na určitých místech, protože z důvodu husté vegetace nebylo možné provádět kontinuální elektrolov. Po omráčení ryb pracovník proud vypnul, aby druhý pracovník mohl rybu odebrat a umístil do kýble z nevodivého materiálu s čistou vodou. Lokality elektrolovu jsou vidět na Obr. I. a II.

Jako poslední metoda monitoringu byla použita plůdková záťahová síť. Síť byla 10 m dlouhá, 3 m vysoká a velikosti ok jsou 1,2 mm x 1,2 mm. Na horní žíni se nachází polystyrenové plováky a spodní žiň je zatížena, aby ve vodě tvořila nepřekonatelnou zábranu pro ryby, která je za pozvolného nepravidelného tahu přitahována na obou koncích směrem ke břehu. Zatahování plůdkovými sítěmi bylo provedeno během dne. Lokality zátahů jsou vidět na Obr. I. a II.

2.9.3 Stanovení ekologického potenciálu

Ekologický potenciál byl stanoven podle certifikované Metodiky pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero (Borovec et al.,

2014). Dle metodiky bylo nutné prvně určit typologii obou nádrží. Pro určení typologie byly zvažovány morfologické a hydrologické charakteristiky týkající se nadmořské výšky, maximální hloubky, geologického podloží, rozloze, průměrné hloubky vody a doby zdržení vody. Podle tabulky byla typologie obou nádrží popsána kódem 2BC11F11. Tedy nádrž Karhov odpovídala nadmořské výšce 669 m n. m., maximální hloubce 3 m, rozloze 8,3 km², průměrné hloubce menší než 13 m, době zdržení menší než 0,1 roku a geologické podloží je krystalinikum. Rybník Zhejral odpovídal nadmořské výšce 680 m n. m., maximální hloubce 3 m, rozloze 0,1 km², průměrné hloubce menší než 13 m, době zdržení menší než 0,1 roku a geologické podloží je taktéž krystalinikum.

Podle určené typologie bylo určeno bodové hodnocení metrik (biologických indikátorů kvality) na základě nichž byla vypočítána finální hodnota ekologického potenciálu (EQR, ecological quality ratio) a nádrž zařazena do odpovídající kategorie. Podle tabulky 8 v metodice byly využity pro výpočet ekologického potenciálu obou nádrží metriky: celková biomasa ryb v bentických tenatových sítích, relativní biomasa cejna velkého v bentických tenatových sítích, relativní biomasa okouna říčního v bentických tenatových sítích, relativní početnost ježdíka obecného (*Gymnocephalus cernua*) v bentických tenatových sítích a přítomnost letošních (0+) ryb šesti běžných druhů, mezi které se řadí plotice obecná, ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), okoun říční, cejn velký, candát obecný a ježdík obecný (Borovec et al., 2014).

Po bodovém hodnocení byl ekologický potenciál vypočten podle vzorečku $EQR = (sum - min) / (max - min)$.

2.10 Výsledky

2.10.1 Karhov

Během monitoringu na nádrži Karhov bylo odloveno devět druhů ryb a kříženec plotice obecné s cejnem velkým. Přičemž sedm druhů a kříženec bylo chyceno do bentických tenatových sítí. Do pelagických tenatových sítí byl chycen jeden jedinec oukleje obecné a do plůdkové zátahové sítě byly chyceny dvě štiky obecné.

Bylo použito celkem 24 tenatových sítí, jejichž lovné úsilí bylo 1260 m². Celkem bylo uloveno 172 ryb o váze 17,74 kg. Osmnáct tenatových sítí bylo instalováno v bentickém prostředí a bylo do nich uloveno 155 ryb z celkových 172. Zbývajících 17 ryb bylo uloveno

v prostředí volné vody nádrže. Počet ryb o stáří 0+ bylo chyceno 86, tedy stejně jako ryb starších 0+, kterých bylo také uloveno 86. Všechny ulovené ryby byly chyceny do ČSN tenatových sítí, konkrétně 58 cejnů velkých, dva boleni draví, 12 candátů obecných, 22 ježdíků obecných, 35 okounů říčních, jedna ouklej obecná, pět perlínů ostrobříchých, 29 plotic obecných a osm kříženců cejna velkého a plotice obecné.

Při pravém břehu ve vegetaci na nádrži Karhov byl proveden bodový elektrolov. Bodový elektrolov měl celkem 20 určených bodů ve kterých bylo uloveno celkem 94 ryb. Bylo chyceno 79 okounů říčních, 14 cejnů velkých a jeden candát obecný. Následně bylo pomocí elektrolovu proloveno 100 m kamenného záhozu na hrázi, kde byl zjištěn pouze okoun říční o celkovém počtu jedinců 41. Nakonec byla pomocí elektrolovu prozkoumána odtoková stoka od Pilného rybníka k přelivu z Karhova. V odtokové stoce bylo uloveno celkem 65 ryb, konkrétně 45 okounů říčních, dva kapři obecní (*Cyprinus carpio*), 16 plotic obecných a dvě štiky obecné.

Pomocí plůdkových záťahových sítí bylo odchyceno celkem 231 ryb o celkové váze 1,867 kg. Plůdkových záťahů bylo provedeno celkem pět. Bylo chyceno 195 okounů říčních, jeden candát obecný, dva cejni velcí, 16 ježdíků obecných, šest perlínů ostrobříchých, devět plotic obecných a dvě štiky obecné.

2.10.2 Zhejral

Během monitoringu na rybníce Zhejral byly odloveny tři druhy ryb. Elektrolovnou metodou byly uloveny všechny tři druhy, tedy lín obecný, plotice obecná a štika obecná. Do bentických tenatových sítí byl uloven lín obecný a plotice obecná a do pelagických sítí byla chycena pouze plotice obecná.

Bylo použito celkem osm tenatových sítí, jejichž lovné úsilí činilo 420 m². Celkem bylo uloveno 672 ryb o celkové váze 5,17 kg. Šest tenatových sítí bylo instalováno v bentickém prostředí a bylo do nich uloveno 598 ryb z celkových 672. Zbývajících 74 ryb bylo uloveno v prostředí volné vody nádrže. Letošní (0+) byla chycena jen jedná plotice obecná. Všechny ulovené ryby byly chyceny do ČSN tenatových sítí, konkrétně 671 plotic obecných a jeden lín obecný.

Při pravém břehu ve vegetaci na rybníku Zhejral byl proveden bodový elektrolov. Bodový elektrolov měl celkem 32 určených bodů ve kterých bylo uloveno celkem 59 ryb. Bylo chyceno 57 plotic obecných a dva líni obecní. Následně byl pomocí elektrolovu proloven

tok pod nádrží o délce 100 m a tok nad nádrží o délce 150 m, kde byl zjištěn pouze jeden lín obecný v toku nad nádrží. Nakonec byly pomocí elektrolovu prozkoumány tři úseky o celkové délce 260 m. Na všech úsecích bylo uloveno dohromady 191 ryb. Bylo chyceno 179 plotic obecných, 10 línů obecných a dvě štiky obecné.

2.10.3 Ekologický potenciál

Tab. I. Použité metriky a bodové hodnocení pro Karhov

Metriky	Hodnota	Bodové hodnocení
Biomasa ryb [kg 1000 m ⁻² tenatové sítě a noc]	29,70	5
Biomasa cejna velkého [%]	33,07	3
Biomasa okouna říčního [%]	5,07	3
Početnost ježdíka obecného [%]	11,84	3
Přítomnost 0+ běžných druhů [počet druhů]	5	5
Celkem	_____	19

$$EQR = (19-5) / (25-5) = 0,70$$

Pro vodní nádrž Karhov vyšlo EQR = 0,70, což klasifikuje ekologický potenciál jako dobrý.

Tab. II. Použité metriky a bodové hodnocení pro Zhejral

Metriky	Hodnota	Bodové hodnocení
Biomasa ryb [kg 1000 m ⁻² tenatové sítě a noc]	25,68	5
Biomasa cejna velkého [%]	0	5
Biomasa okouna říčního [%]	0	1
Početnost ježdíka obecného [%]	0	5
Přítomnost 0+ běžných druhů [počet druhů]	1	1
Celkem	_____	17

$$EQR = (17-5) / (25-5) = 0,60$$

Pro rybník Zhejral vyšlo $EQR = 0,60$, což klasifikuje ekologický potenciál jako střední.

2.11 Diskuse

2.11.1 Karhov

Během monitoringu nádrže Karhov bylo zjištěno devět druhů ryb. Pomineme-li dominanci planktonožravých ryb, dala by se tato druhová rozmanitost rybí obsádky v nádrži vyšší nadmořské výšky a nedaleko od pramene označit jako velmi dobrá (Blabolil et al., 2014). Planktonožravé ryby při velkých populacích vyvíjí vysoký predanční tlak na zooplankton a mohou tak mít negativní vliv na kvalitu vody (Hrbáček, 1962; Hrbáček, 1958). Mezi planktonožravými rybami byl zjištěn i kříženec plotice obecné s cejnem velkým. Ke křížení těchto druhů dochází v prostředí, kde ani jeden z druhů nemá ideální podmínky pro vytření (Hayden et al., 2010). Do pelagických tenatových sítí byla chycena i ouklej obecná. Ouklej se do nádrže dostala pravděpodobně nešťastnou záměnou za bolena dravého při vysazování dravců, při malé velikosti jsou si totiž velmi podobní (Kottelat & Freyhof, 2008). Při plůdkových zátazích byli zjištěni letošní candáti, což znamená, že sem jim na nádrži daří přirozená reprodukce a v nádrži se nachází dospělí jedinci. Na nádrži byla během průzkumu zaznamenána i štika obecná, ačkoli v nízkém počtu. Štika obecná, okoun říční a candát obecný mají odlišné potravní chování, a proto se se doplňují v tlaku, který je vyvíjen na ryby filtrující zooplankton. Bohužel štika obecná pravděpodobně podléhá tlaku nelegálního rybolovu (Walker et al., 2007), neboť jich při průzkumu bylo zaznamenáno minimum.

2.11.2 Zhejral

Ačkoliv byl rybník čtyřikrát vypouštěn v letech 2001, 2007, 2012 a 2018 právě z důvodu redukce planktonožravých ryb, tak v rybníce Zhejral jasně dominuje plotice obecná, která patří mezi planktonožravé ryby a při velkém počtu prostřednictvím predace zooplanktonu může mít negativní vliv na kvalitu vody (Tarvainen et al., 2002). Její přítomnost byla zjištěna ve všech zkoumaných prostředích, což dokládá vysokou početnost a velkou plasticitu tohoto druhu (Kovac & Copp, 1996). Dále byl zjištěn lín obecný, který je v mělkých nádržích při nižších hustotách obsádky žádoucí jako biomeliorační činitel zabraňující přílišnému zarůstání rostlinami (Brabec et al., 2011). Shodně s Karhovem byla zjištěna přítomnost štiky obecné,

avšak rovněž v nízkém počtu. Tento průzkum ukazuje, že populace dravých ryb zde strádá. Rybník je turisticky známý a je tedy možné, že je zde vyvíjen tlak na štiky obecné nelegálním rybolovem. Vzhledem k dominanci planktonožravých ryb je však štika obecná nebo jiná piscivorní ryba nezbytným prvkem v ekosystému. Pomocí elektrolovu byl proloven i Studenský potok pod Zhejralem, ale při monitoringu nebyla chycena žádná ryba. Morfologie potoka byla v minulosti silně ovlivněna narovnáním a zahloubením, čímž z něho vznikl mělký odvodňovací kanál s minimální heterogenitou prostředí. Obdobné úpravy vždy vedou k omezení biodiverzity včetně ryb (Freeman et al., 2001) a jsou v srdci národní přírodní památky nežádoucí.

2.11.3 Ekologický potenciál

Ekologický potenciál byl pro zkoumané vodní nádrže klasifikován jako dobrý a střední. Zejména hodnocení střední ekologický potenciál vyžaduje podle Rámcové směrnice o vodách provedení nápravných opatření (EC 2000). Z pohledu fungování ekosystému by klasifikace měla být horší, neboť metriky byly vytvořeny a hodnoceny na základě informací především z velkých živinami bohatých nádrží a není zde žádná metrika zohledňující tok látek a energie, tedy relativní zastoupení různých trofických úrovní (Ritterbusch et al., 2022).

Nádrž Karhov byla zatím klasifikována do kategorie dobrého ekologického potenciálu. Zejména biomasa ryb nedosahuje hodnot větších na živiny bohatších nádrží, je však známo, že po ústupu acidifikace nastupuje eutrofizace i zde (Duras & Potužák, 2014). Již hodnoty indikátorových druhů, které všechny ukazují na průměrný stav, nasvědčují, že ekologická kvalita nádrže směřuje ke zhoršení.

Z ryb vodnímu ekosystému Zhejralu dominovala plotice obecná takřka uniformní velikosti. Plotice jsou značně flexibilní ryby, živící se zooplanktonem, zoobentosem a větší jedinci spořádají takřka vše dostupné, včetně drobných živočichů nebo menších ryb. Ovšem při velké početnosti predací zooplanktonu negativně ovlivňuje kvalitu vody, neboť fytoplankton není zooplanktonem filtrován.

3 Projekt

Zlepšení kvality povrchových vod v národní přírodní památce Zhejral.

3.1 Cíl projektu

Cílem projektu je zlepšení kvality vod na vodní nádrži Karhov a rybníku Zhejral zásahy v rámci vodních děl.

3.2 Hypotézy

- Změnou rybí obsádky je možné zvýšit množství hrubého zooplanktonu a tím zlepšit kvalitu vody.
- Instalací struktur do vody lze omezit nelegální rybolov, což spolu s revitalizací toku a úpravou managementu kolísání hladiny podpoří různorodost prostředí.

3.3 Návrh experimentu

Studie bude provedena v NPR Zhejral, kde aktuálně dochází ke zhoršování kvality vody vlivem zvýšeného přísunu živin po ústupu acidifikace a změnami v povodí. Jsem si vědom, že lze uplatnit technická řešení typu srážení živin (především fosforu) na přítoku či přímo ve stojaté vodě (aplikace koagulátů) či identifikovat přítoky s nejvyššími koncentracemi živin a vytvořit obtokové strouhy, k omezení vnosu. Tento projekt bere současný stav jako dílo přirozených procesů, a proto se zabývá možnostmi zlepšení situace biologickými přístupy. Jedinou výjimkou je návrh revitalizace Studenského potoka pod Zhejralem, který by pozitivně ovlivnil diverzitu prostředí a mohl by přispět ke zvýšení jakosti vody ve vodní nádrži Karhov. V projektu jsou plánovány experimenty nad rámec běžné činnosti správy Povodí Vltavy, s.p., tedy monitoring fyzikálně-chemických faktorů, fyto- a zoo-planktonu, což jsou zásadní informace pro vyhodnocení úspěšnosti projektu a budou správcem poskytnuty v rámci spolupráce. V dnešní době nabývají na významu komunikační média. V rámci celého řešení projektu plánují věnovat pozornost osvětě a popularizaci realizovaných prací.

Karhov je vodárenskou nádrží a nelze jej na delší dobu zcela vypustit. Proto bude přistoupeno k intenzivním odlovům nežádoucích kaprovitých a okounovitých ryb v době jarního tření. K ochraně populací dravých druhů budou do nádrže nainstalovány struktury komplikující lov na udici a zvyšující diverzitu prostředí. Následně budou v létě provedeny kontrolní odlovy standardními metodami k ověření úspěšnosti zásahu odlovy. Do nádrže budou vysazovány i nadále dravé druhy ryb v rámci účelového rybního hospodaření v nádrži, přičemž vybrané druhy a velikostní skupiny budou odrážet aktuální stav populací těchto druhů, zlepšení ekologického potenciálu a podporu druhů, kterých v naší krajině ubývá. Významným předmětem ochrany NPR Zhejral jsou rostliny adaptované na zaklesnutí vodní hladiny během letních měsíců. Obnovení této praktiky podporujeme, neboť povede k omezení úkrytů plůdku ryb v zarostlém litorálu, který pak bude snáze dostupný pro dravé druhy.

Rybník **Zhejral** bude vypuštěn před výtěrem ryb a rybní obsádka slovena. Důraz bude kladen na odstranění všech nežádoucích ryb. Během výlovu bude zajištěn odtok tak, aby se nežádoucí ryby nedostaly do Karhova. Ze slovených ryb bude vrácen lín obecný a po dohodě s příslušnými orgány ochrany přírody doplněny další druhy. Stejně jako na Karhově budou i zde instalovány struktury omezující nelegální rybolov a podporující různorodost prostředí.

Tok **Studenského potoka mezi rybníkem Zhejral a Karhov** byl narovnan a zahloben, čímž byla výrazně omezena samočisticí funkce toku a rovněž byla výrazně snížena diverzita prostředí pro ryby a další organismy vázané na vodu. V rámci experimentu bude zadána studie a provedení revitalizace toku.

3.3.1 Metodika realizace projektu

Po celou dobu projektu je plánována komunikace s veřejností. Po schválení záměru budou informace poskytnuty lokálním periodikům i správčům sociálních sítí (Facebook, Instagram a podobně). V průběhu řešení budou na hrázích obou vodních děl instalovány informační tabule. Po úspěšné realizaci projektu bude vytvořena tisková zpráva.

Karhov

Jarní odlovy

Na nádrži Karhov budou provedeny intenzivní odlovy nežádoucích druhů ryb během třecí agregace v litorálu. Začátek odlovů bude načasován podle teploty vody. Kaprovité ryby se

začínají třít při 11°C. Vzhledem k vyšší nadmořské výšce, lze očekávat tření kaprovitých ryb od konce května do června. V nádrži byla zjištěna nízká vodivost (5,0 – 7,9 mS/m), oproti jiným lokalitám by zde byl málo účinný odlov pomocí hlubinného agregátu. Hlavním odlovným prostředkem tak bude záťahová síť. Vzhledem k malé průměrné hloubce bude využita síť výšky 3 m, délky 200 m a velikosti oček 1 cm, přičemž rozdávání začne již od hloubky 1 m a síť bude vytvářet tvary blízké podkově či půlkruhu. Obvod bude vytyčen pomocí GPS přístroje se zapnutým ukládáním trasy. Místa odlovů budou v první řadě konzultována s orgány ochrany přírody, aby nedošlo k poškození lokalit s výskytem chráněných druhů, které se vyskytují především na severovýchodní části pobřeží. Dále bude zohledněna přirozená agregace ryb, která je přinejmenším u některých druhů jako je cejn velký vizuálním pozorováním velmi nápadná. Odlovy budou probíhat převážně v denních hodinách, kdy intenzita bude záviset na velikosti úlovku. Při výrazném poklesu budou odlovy na dané lokalitě přerušeny. V době nejintenzivnějších třecích agregací budou odlovy probíhat i v nočních hodinách, což je preferované období pro výtěr plotice obecné.

Úlovek bude neprodleně umístěn do nádrže s aerací a postupně tříděn na druhy, které budou zpracovávány. Dravé druhy (štika, candát, bolen) budou po změření a zvážení puštěny zpět v místě ulovení, hospodářky cenné druhy (okoun, kapr, velcí jedinci cejna) přenášeny do přepravních beden s aerací a oxygenací (následně předány zástupcům správce Povodí Vltavy, s.p.) a nežádoucí druhy (kterých bude větší biomasa) usmrceny, umístěny do chladících boxů a nabídnuty zoologickým zahradám.

Kontrolní letní odlovy

Kontrolní odlovy na vodních nádržích se budou provádět pomocí tenatových sítí a plůdkových záťahových sítí. Na nádrži Karhov bude použito 24 tenatových sítí. Bentické tenatové sítě se budou instalovat v hrázové části s maximální hloubkou, příbřežní oblasti hrázové a přítokové části. Pelagické tenatové sítě se budou instalovat pouze v hrázové oblasti. Dále bude provedeno minimálně 10 plůdkových záťahů (síť délky 10 m, 3 m vysoká a velikosti ok 1,2 mm x 1,2 mm) na vhodných místech po celém obvodu nádrže (Kubečka et al., 2010). Oproti standardním odlovům bude zvýšeno lovné úsilí aktivních lovných prostředků, kde nehrozí zvýšená mortalita jako u metod pasivních. Zároveň lze po aplikaci zásahu očekávat nižší hustoty ryb, a tedy rychlejší zpracování úlovku.

Instalace překážek

Na nádržích bylo vytipováno pět míst ideálních k rybolovu. V oblasti těchto míst budou zhruba po 20 m od sebe nainstalovány do vody struktury k omezení pytláctví. Těmito budou především potopené dřevěné kůly vyrobené z místního dřeva bez chemického ošetření a plovoucí ostrovy vyrobeny z dřevěných roštů. Ostrovy budou osázeny rostlinami vyskytující se v okolních mokřadech. Pozice nainstalovaných překážek budou zaznamenány pomocí GPS do protokolů.

Zpracování informací

Získané informace z odlovů budou na místě zaznamenány do papírových protokolů, které budou týž den digitalizovány ofocením a následně přepsány do elektronických tabulek. Do protokolů bude zaznamenán druh ryby její standardní velikost a váha. V případě početného úlovku budou po provázení reprezentativního podvzorku (všechny velikostní kategorie, >100 jedinců) zbylé ryby jen měřeny. Údaje budou v případě záťahových sítí vyjadřovány v početnosti a biomase na prolovenou plochu a v případě tenatových sítí na jednotku lovného úsilí, tedy plochu sítě.

Vysazování ryb

Do nádrže Karhov budou vysazováni boleni draví velikosti nad 30 cm a candáti obecní velikosti nad 10 cm. Tyto ryby se již živí dravě a úmrtnost je výrazně nižší než u menších jedinců. Bolen dravý je ideální dravec pro nádrže s velkým pytláckým tlakem, protože ho lze jen těžce ulovit. Zároveň charakter přítoku neumožňuje přirozené rozmnožování (vzhledem k nízké vodnatosti lze servání stavu očekávat i po jeho revitalizaci) a druh se tak nepřemnoží či nevyprodukuje silný ročník mladých jedinců, kteří se živí zooplanktonem. Další se bude vysazovat candát obecný, který je vůči pytláckému tlaku náchylnější. Karhov v současnosti poskytuje candátu takřka ideální podmínky (krom nižší teploty vody danou nadmořskou výškou), tedy mělkou vodu se zákalem i výskytem ponořených rostlin. K vysazení se také nabízela štika obecná. Ta bohužel velmi podléhá pytláckému tlaku, a proto zde vysazována nebude. Další se nabízel sumec velký (*Silurus glanis*), který je ale teplomilný. Zároveň by časem přerostl a jeho výživu už by netvořily ryby, ale jiní větší živočichové vyskytující se na vodě (například kachna divoká (*Anas platyrhynchos*)). Proto se štika ani sumec vysazovat

nebudou. Vybrané druhy nejsou ve velikostech vysazení teritoriální, a proto budou všechny ryby vysazeny na sjezdu v hrázové části.

Zhejral

Jarní výlov

Jelikož je na rybníku Zhejral možnost vypuštění, bude na jaře před třením ryb zcela vypuštěn. Během výlovu (předpoklad trvání tři dny) bude kladen důraz především na odstranění nežádoucích plotic obecných. Rybník se bude vypouštět přes ochrannou síť, aby nedošlo k úniku nežádoucích druhů ryb po proudu do Karhova. Po výlovu bude do rybníka vrácen lín obecný. Lín obecný byl zařazen v červeném seznamu do kategorie zranitelný (Lusk et al., 2017). Přestože dříve byl běžnou rybou středních a dolních toků nebo stojatých vod. Dnes žije pouze v malých populacích, které jsou většinou uměle vysazovány. Vzhledem k jeho nepravidelnému trendu rozmnožování, jeho populace stále klesá. Štiky obecné a případně další dravé druhy budou převezeny do Karhova, Pokud budou sloveny komerčně významné druhy, tak ty budou předány zástupcům Povodí Vltavy, s.p. a nežádoucí druhy (plotice obecné) nabídnuty zoologickým zahradám.

Instalace překážek

Na nádržích byla vytipována tři místa ideální k rybolovu. Zhruba v těchto místech se 20 m po pobřeží nainstalují do vody struktury k omezení pytláctví, jimiž jsou plovoucí ostrovy a dřevěné kůly vyrobené z místního dřeva bez chemického ošetření. Plovoucí ostrovy budou tvořeny z dřevěných roštů. Výběr rostlin vysazených na plovoucích ostrovech bude záviset na druzích vyskytujících se v okolních mokřadech. Zároveň budou vybrány druhy, které mají nízké náklady na údržbu. Pozice nainstalovaných překážek budou zaznamenány pomocí GPS do protokolů.

Kontrolní odlovy

Na rybníku Zhejral bude použito osm tenatových sítí. Tenatové sítě budou instalovány postupně během dvou nocí. Tenatové sítě budou instalovány po celém obvodu Zhejralu, přičemž pelagické pouze v hrázové oblasti. Dále bude provedeno minimálně 10 plůdkových

zátahů. Síť je 10 m dlouhá, 3 m vysoká a velikosti ok jsou 1,2 mm x 1,2 mm (Kubečka et al., 2010).

Zpracování informací

Získané informace budou zpracovány shodně jako v případě Karhova, tedy od papírových protokolů přes elektronické tabulky po vyhodnocení početnosti a biomasy ryb na prolovenou plochu či jednotku úsilí. U ryb bude opět zjišťován druh, velikost a váha.

Vysazování ryb

Do nádrže bude z dravých druhů vysazen bolen dravý velikosti nad 30 cm. Bolen typicky loví v otevřené vodě a ryby schované v zarostlém litorálu či u dna jsou tak v bezpečí. Důležitost přítomnosti vrcholového predátora je především v případné kontrole nelegálního vysazení nežádoucího druhu jako je v současnosti plotice obecná nebo může být i horší zavlečení invazní střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) či karase stříbřitého (*Carassius gibelio*). Zároveň sem bude přisazen karas obecný (*Carassius carassius*) (populace s geneticky ověřeným původem) a slunka obecná (*Leucaspis delineatus*) v rámci podpory kriticky ohrožených druhů nacházejících se na červeném seznamu. Do minulého století se u nás karas obecný běžně vyskytoval v záplavových územích větších toků nebo v rybnících. Dnes se areál jeho výskytu dramaticky zmenšil především z důvodu rozšíření invazivního karase stříbřitého, který se karasem obecným kříží a kompetičně ho vytlačuje (Lusk et al., 2017). Obdobně slunka obecná se dříve v našich stojatých vodách vyskytovala hojně. Dnes se počet oblastí s jejím výskytem rapidně zmenšil (Lusk et al., 2017). Vysazení bude z populací po konzultaci s orgány ochrany přírody. Stejně jako na Karhově byla možnost vysazování štiky nebo sumce, ale kvůli k jejich nevýhodám se vysazovat nebudou ani zde. Vybrané druhy není nutné rozvážet po nádrži a vysazovat zvlášť, tudíž se všechny ryby vypustí na hrázi a v nádrži se rozmístí samy.

Revitalizace toku

V rámci revitalizace toku Studenského potoka propojující nádrž Karhov a rybník Zhejral proběhne první rok analýza toku. Terénní studie na Studenském potoku budou probíhat až po bezpečném vylíhnutí obojživelníků, tedy v letních měsících. Bude nutné zjistit majitelé

pozemků, kterých by se revitalizace týkala. V rámci revitalizace bude nutné upravit tok vyzdvižením z uměle zahloubené spáry, vytvořit meandry, slepá ramena, tůň o různé hloubce a sklonu dna a nad ústím do Karhova bude v mělké části podpořen vznik mokřadu. Do toku budou v blízkosti meandrů nainstalováno dřevo k podpoře směřování toku, v blízkosti tůní pak budou vytvořeny nízké jezy.

3.3.2 Časový harmonogram

Projekt je plánován na tři roky od roku 2023 do roku 2025. Rybník Zhejral bude vypuštěn na začátku jara. Na vypuštění jsou vymezeny měsíce březen a duben. Vypuštění proběhne před vytřením ryb, ale zároveň nesmí být rybník zamrzlý, proto se nedá určit vypuštění zcela přesně. V rámci nádrže Karhov budou na jaře provedeny intenzivní odlovy ryb pomocí záťahových sítí. Odlovy začnou ve chvíli, kdy voda dosáhne 11°C. Po odlovech budou do obou nádrží nainstalovány sktruktury k omezení pytláckého tlaku. V létě dojde ke kontrolním odlovům tenatovými a plůdkovými záťahovými sítěmi. Data zaznamenaná do protokolů budou následně zpracována. V září proběhne studie na Studenském potoce mezi Karhovem a Zhejralem. Dále bude podporováno vysazování dravých druhů ryb, které plánováno na říjen.

Na základě výsledků budou v druhém roce pokračovat v Karhově odlovy během třetí, letní kontrolní odlovy a zarybňování podle aktuálního stavu populací dravých druhů ryb. V případě zanedbatelných úlovků bude aktivita omezena. Následně po kontrolních odlovech proběhnou úpravy na toku mezi Karhovem a Zhejralem.

V roce 2025 proběhnou poslední regulační a kontrolní odlovy včetně revitalizovaného Studenského potoka. Následně se zpracují data, budou poskytnuta poskytovatele dotací a zároveň publikována v časopise Acta rerum naturalium.

Tab. III. Časový harmonogram pro rok 2023. Zeleně jsou označeny aktivity probíhající pouze na rybníku Zhejral, žlutě jsou označeny aktivity probíhající pouze na Karhově a modře jsou označeny aktivity probíhající na obou nádržích zároveň.

Rok 2023	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Komunikace s veřejností	■	■					■				■	
Studie revitalizace Studenského potoka								■				
Vypuštění Zhejralu			■	■								
Jarní regulační odlovy				■	■	■						
Kontrolní odlovy								■				
Instalace překážek					■	■						
Zpracování dat								■	■			
Vysazování ryb				■						■		

Tab. IV. Časový harmonogram pro rok 2024. Zeleně jsou označeny aktivity probíhající pouze na rybníku Zhejral a modře jsou označeny aktivity probíhající na obou nádržích zároveň.

Rok 2024	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Komunikace s veřejností			■				■			■		
Revitalizace Studenského potoka								■	■			
Jarní regulační odlovy				■	■	■						
Kontrolní odlovy								■				
Zpracování dat								■	■			
Vysazování ryb				■						■		

Tab. V. Časový harmonogram pro rok 2025.

Rok 2025	Měsíc											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Komunikace s veřejností												
Jarní regulační odlovy												
Kontrolní odlovy												
Zpracování dat												
Publikace												

3.3.3 Náklady

Přibližná cena realizace projektu vychází na 1 222 055 Kč. Položka dlouhodobý hmotný majetek zahrnuje GPS přístroj, notebook, 10 m dlouhou záťahovou síť a osm 1,5 m vysokých tenatových sítí. Dlouhodobý nehmotný majetek typu software pořizován nebude. V rámci běžného materiálu budou pořizovány ochranné oděvy (holínky, pláštěnky), základní vybavení k lovu ryb a zpracování (podběráky, mírky, váhy, stolky do terénu), spojovací materiál a další komponenty pro výrobu plovoucích ostrovů a překážek omezující nelegální rybolov. Veškerý materiál je uveden včetně sazby DPH. Kádě a přepravní bedny s aerací se pořizovat nemusí, protože je poskytne správce Povodí Vltavy, s.p. Služby zahrnují výrobu informačních tabulí a vypracování projektu a realizace revitalizace revitalizace Studenského potoka. Položka cestovní náklady pokryje ubytování a náklady na cestování z Českých Budějovic na cílovou lokalitu a zpět pro skupinu pěti pracovníků podílejících se na odloveh a skupinu 13 pracovníků podílejících se na výlovu. Mzdové náklady zahrnují finanční odměnu pro hlavního řešitele na 36 měsíců při 20% úvazku, pět pracovníků podílejících se na odloveh ryb na 6 měsíců a 20 % úvazek, 13 pracovníků podílejících se na výlovu Zhejralu formou DPP a pracovníka zpracovávajícího data na 6 měsíců a 20 % úvazek. Ze mzdových nákladů budou odvedeny povinné odvody.

Tab. VI. Celkové náklady projektu

Náklady	Specifikace	Požadováno (v Kč)
Věcné náklady		
Materiál do terénu	Ochranné oděvy, základní vybavení k lovu ryb a zpracování (holínky, podběráky, mírky, váhy apod.)	20000
Dlouhodobý hmotný majetek	GPS, notebook	40000
Sítě	10 m síť, 8 tenatových sítí	74000
Plovoucí ostrovy a překážky	Pořízení spojovacích materiálů a dalších komponent	50000
Informační tabule	Výroba dvou informačních tabulí	20000
Mzdové náklady		
Hlavní řešitel	Hrubá mzda, 20 % úvazek, 36 měsíců	216000
Pracovníci podílející se na odloveh ryb	5 osob, hrubá mzda, 20 % úvazek, 6 měsíců	180000
Pracovníci podílející se na výlovu Zhejralu	13 osob, hrubá mzda, DPP	54600
Pracovník zpracovávající data	Hrubá mzda, 20 % úvazek, 6 měsíců	36000
Cestovní a ubytování		
Cestovné		20000
Ubytování		65100
Nepřímé režijní náklady	15 % z přímých nákladů mimo služby	116355
Služby		
Vypracování projektu revitalizace	Služba firmy věnující se revitalizacím	100000
Revitalizace Studenského potoka	Realizace služby	230000
CELKOVÉ NÁKLADY PROJEKTU		1222055

3.4 Závěr

Ichtyologický průzkum v roce 2021 ukázal, že složení rybí obsádky na obou nádržích není ideální. Výsledky se rovněž odrazily i na vypočítaném ekologickém potenciálu, který na Zhejralu vyšel horší než dobrý. Velké koncentrace kaprovitých ryb malé velikosti živící se zooplanktonem zhoršují jakost vody. Realizace projektu přinese zlepšení současného stavu a unikátní informace o nápravných opatřeních v rámci vodních útvarů bez nákladných zásahů, kterými je například chemické srážení fosforu atp. Zároveň by znalosti získané během řešení projektu, mohly být využity k osvětě běžného hospodaření na rybnících, kde by při zvýšení jakosti vody mohly být využívány i další ekosystémové funkce (kromě produkce rybího masa) a rybníční ekosystémy by mohly i lépe reagovat na změny klimatu.

4 Literatura

- Abas, N., & Khan, N. (2014). Carbon conundrum, climate change, CO₂ capture and consumptions. *Journal of CO₂ Utilization*, 8, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.06.005>
- Benda, L., Poff, N. L., Miller, D., Dunne, T., Reeves, G., Pess, G., & Pollock, M. (2004). The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats. *BioScience*, 54(5), 413–427. [https://doi.org/https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0413:TNDHHC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0413:TNDHHC]2.0.CO;2)
- Blabolil, P., Logez, M., Ricard, D., Prchalová, M., Říha, M., Sagouis, A., Peterka, J., Kubečka, J., & Argillier, C. (2016). An assessment of the ecological potential of Central and Western European reservoirs based on fish communities. *Fisheries Research*, 173, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.022>
- Blabolil, P., Říha, M., Peterka, J., Prchalová, M., Vašek, M., Jůza, T., Čech, M., Draštík, V., Kratochvíl, M., Muška, M., Tušer, M., Frouzová, J., Ricard, D., Šmejkal, M., Vejřík, L., Duras, J., Matěna, J., Borovec, J., Kubečka, J. (2014). Současný stav nádrží v České republice z hlediska složení rybích obsádek. *Vodní Hospodářství*, 9, 5–11.
- Borovec, J., Hejzlar, J., Znachor, P., Nedoma, J., Čtvrtlíková, M., Blabolil, P., Říha, M., Kubečka, J., Ricard, D., & Matěna, J. (2014). Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero. Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- Boyd, C. E. (2018). Aquaculture pond fertilization. *CABI Reviews*, , 1–12. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201813002>
- Brabec, T., Straková, L., Kopp, R., Vitek, T., Šťastný, J., Spurný, P., & Mareš, J. (2011). The influence intensity of eutrophication on fishpond yield. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun.*, LIX(6), 53–62.
- Buytaert, W., Dewulf, A., de Bièvre, B., Clark, J., & Hannah, D. M. (2016). Citizen Science for Water Resources Management: Toward Polycentric Monitoring and Governance? *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(4), 1-4. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000641](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000641)

- Čech, M., & Vejřík, L. (2011). Winter diet of great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) on the River Vltava: estimate of size and species composition and potential for fish stock losses. *Folia Zoologica*, 60(2), 129–142. <https://doi.org/10.25225/fozo.v60.i2.a7.2011>
- Conley, D. J., Paerl, H. W., Howarth, R. W., Boesch, D. F., Seitzinger, S. P., Havens, K. E., Lancelot, C., & Likens, G. E. (2009). Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014–1015. <https://doi.org/10.1126/science.1167755>
- Čtvrtlíková, M., Kučerová, A., Krolová, M., Znachor, P., Hejzlar, J., Matěna, J., Muška, M., Kubečka, J., & Hladík, M. (2020). Vodní makrofyta umělých plovoucích ostrovů v nádržích České republiky. Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- Čtvrtlíková, M., Vrba, J., Znachor, P., & Hekera, P. (2009). Effects of aluminium toxicity and low pH on the early development of *Isoëtes echinospora*. *Preslia*, 81, 135–149.
- de Bernardi, R., & Giussani, G. (1990). Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? An overview. *Hydrobiologia*, 200–201(1), 29–41. <https://doi.org/10.1007/BF02530326>
- Dlouhá, J., Dlouhý, J., Mezřícký, V. (2006). Globalizace a globální problémy: sborník textů k celouniverzitnímu kurzu „Globalizace a globální problémy“ 2005-2007. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí, pp. 302, ISBN 80-87076-01-X
- Duras J., Potužák J. (2014). Když acidifikace ustupuje. Magdeburger Gewässerschutzseminar 18. – 19. září 2014, Špindlerův Mlýn, Internationale Kommission zum Schulz der Elbe (IKSE) (Edit), pp. 30-33
- EC (2000). Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- Franzese, G., & Stanley, H. E. (2002). A theory for discriminating the mechanism responsible for the water density anomaly. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 314(1–4), 508–513. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)01186-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01186-X)
- Freeman, M. C., Bowen, Z. H., Bovee, K. D., & Irwin, E. R. (2001). Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow regimes. *Ecological Applications*, 11(1), 179–190. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0179:FAHEOJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0179:FAHEOJ]2.0.CO;2)
- Grizzetti, B., Lazanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy*, 61, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>

- Hanson, D., & Austin, D. (2012). Multiyear destratification study of an urban, temperate climate, eutrophic lake. *Lake and Reservoir Management*, 28(2), 107–119. <https://doi.org/10.1080/07438141.2012.671229>
- Harding, R., Best, M., Blyth, E., Hagemann, S., Kabat, P., Tallaksen, L. M., Warnaars, T., Wiberg, D., Weedon, G. P., Lanen, H. van, Ludwig, F., & Haddeland, I. (2011). WATCH: Current Knowledge of the Terrestrial Global Water Cycle. *Journal of Hydrometeorology*, 12(6), 1149–1156. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-024.1>
- Hayden, B., Pulcini, D., Kelly-Quinn, M., O’Grady, M., Caffrey, J., McGrath, A., & Mariani, S. (2010). Hybridisation between two cyprinid fishes in a novel habitat: genetics, morphology and life-history traits. *BMC Evolutionary Biology*, 10(1), 169. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-169>
- Hellsten, S. K. (2002). Aquatic macrophytes as indicators of water-level regulation in Northern Finland. *SIL Proceedings, 1922-2010*, 28(2), 601–606. <https://doi.org/10.1080/03680770.2001.11901786>
- Hradecký, J. (2008). Rostliny a stres: Kyselá deště, Diplomová práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra biologie, pp. 1-91
- Hrbáček, J. (1958). Density of the fish population as a factor influencing the distribution and speciation of the species in the genus *Daphnia*. *Proc. 15th Int. Congress Zool. Sect, London*, 10, 794–795.
- Hrbáček, J. (1962). Species composition and the amount of the zooplankton in relation to the fish stock: 72 (10) pp. 116 (Rozpravy ČSAV).
- Just, T. (2016). Ekologicky orientovaná správa vodních toků v oblasti péče o jejich morfologický stav. AOPK ČR.
- Just, T., & Valentová, M. (2006). Mrtvé dřevo přináší život do řek a potoků. AOPK ČR.
- Jůza, T., Blabolil, P., Čech, M., Draštík, V., Frouzová, J., Sajdllová, Z., Holubová, M., Kočvara, L., Kolařík, T., Moraes, K. R., Muška, M., Souza, A. T., Vašek, M., Říha, M., Tušer, M., Šmejkal, M., Peterka, J., Prchalová, M., & Kubečka, J. (2022). Fish stock mass reduction is indicated in standard abundance and biomass estimates from gillnets and hydroacoustics. *Fisheries Research*, 253, 106389. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106389>

- Jůza, T., Duras, J., Blabolil, P., Sajdlová, Z., Hess, J., Chocholoušková, Z., & Kubečka, J. (2019). Recovery of the Velký Bolevecký pond (Plzeň, Czech Republic) via biomanipulation – Key study for management. *Ecological Engineering*, 136, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.06.025>
- Jůza, T., Kubečka, J., Blabolil, P., Holubová, M., Kolařík, T., Tušer, M., & Peterka, J. (2022). Metodika regulačních odlovů nežádoucích druhů ryb v přehradních nádržích a jezerech. Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- Kangur, A., & Kangur, P. (1996). The condition, length and age distribution of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) in Lake Peipsi. *Hydrobiologia*, 338(1–3), 179–183. <https://doi.org/10.1007/BF00031722>
- Kennedy, R. H., Barko, J. W., James, W. F., Taylor, W. D., & Godshalk, G. L. (1987). Aluminium sulfate treatment of a eutrophic reservoir: rationale, application methods, and preliminary results. *Lake and Reservoir Management*, 3(1), 85–90. <https://doi.org/10.1080/07438148709354763>
- Klouček, V., & Vaverová, I. (2005). Lake restoration Rekultivace eutrofizovaných nádrží metodou srážení fosforu hlinitými solemi. *Vodní hospodářství*, 4, 97-98.
- Knollová, P. (2012). Problematika rybníčních sedimentů – Borecký rybník, Bakalářská práce, Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Institut environmentálního inženýrství, pp. 1-43
- Kopáček, J., Kaňa, J., Porcal, P., Vrba, J., & Norton, S. A. (2019). Effects of tree dieback on lake water acidity in the unmanaged catchment of Plešné Lake, Czech Republic. *Limnology and Oceanography*, 64(4), 1614–1626. <https://doi.org/10.1002/lno.11139>
- Kottelat, M., & Freyhof, J. (2008). Handbook of European Freshwater Fishes. In *Copeia* (Issue 3). <https://doi.org/10.1643/OT-08-098a.1>
- Kovac, V., & Copp, G. H. (1996). Ontogenetic patterns of relative growth in young roach *Rutilus rutilus*: within-river basin comparisons. *Ecography*, 19(2), 153–161. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1996.tb00165.x>
- Kubečka, J., Boukal, D., Baran, R., Blabolil, P., Čech, M., Draštík, V., Frouzová, J., Hejzlar, J., Jůza, T., Matěna, J., Muška, M., Prchalová, M., Říha, M., Šmejkal, M., Tušer, M., Vašek, M., & Vejříková, I. (2017). Může Lipno uspokojit všechny? *Rybářství*, 4, 52–54.

- Kubečka, J., Frouzová, J., Jůza, T., Kratochvíl, M., Prchalová, M., & Říha, M. (2010). Metodika monitorování rybích společenstev nádrží a jezer. Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- Lister, J. (2015). Green Shipping: Governing Sustainable Maritime Transport. *Global Policy*, 6(2), 118–129. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12180>
- Lusk, S., Hanel, L., Lojkásek, B., Lusková, V., & Muška, M. (2017). Červený seznam mihulí a ryb České republiky. *Příroda*, 34, 51–82.
- Möllmann, C., Müller-Karulis, B., Kornilovs, G., & St John, M. A. (2008). Effects of climate and overfishing on zooplankton dynamics and ecosystem structure: regime shifts, trophic cascade, and feedback loops in a simple ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, 65(3), 302–310. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm197>
- Novák, J. (2014). Acidifikace půd, způsoby jejího potlačení i podpory a význam hydrolytické kyselosti, Bakalářská práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií, pp. 1-47
- Oki, T., Entekhabi, D., & Harrold, T. I. (2004). The global water cycle. *The State of the Planet: Frontiers and Challenges in Geophysics*. 225–237. <https://doi.org/10.1029/150GM18>
- Pišťková, J., (2008). Úprava vody ze zvodnělých čtvrtohorních sedimentů v údolní nivě řeky Moravy. Bakalářská práce, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, pp. 1-39
- Podrázský, V., Ulbrichová, I., & Reme, J. (2001). Účinnost provozního vápnění v Jizerských horách. *Lesnická Práce*, 80(1), 438–449.
- PVL (2022). VD Karhov a Zhejral. Internetová stránka (<https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/karhov-a-zhejral.pdf>) [staženo 30.11.2022]
- Ritterbusch, D., Blabolil, P., Breine, J., Erős, T., Mehner, T., Olin, M., Peirson, G., Volta, P., & Poikane, S. (2022). European fish-based assessment reveals high diversity of systems for determining ecological status of lakes. *Science of The Total Environment*, 802, 149620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149620>
- Sayer, M. D. J., Reader, J. P., & Dalziel, T. R. K. (1993). Freshwater acidification: effects on the early life stages of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3(2), 95–132. <https://doi.org/10.1007/BF00045228>

- Scheffer, M., Carpenter, S., & Young de, B. (2005). Cascading effects of overfishing marine systems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(11), 579–581. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.018>
- Schimánek, P., (2015). Posouzení a přínos modernizace úpravny vody. Bakalářská práce, Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická, Institut environmentálního inženýrství, pp. 1-45
- Schindler, D. W., Carpenter, S. R., Chapra, S. C., Hecky, R. E., & Orihel, D. M. (2016). Reducing Phosphorus to Curb Lake Eutrophication is a Success. *Environmental Science & Technology*, 50(17), 8923–8929. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02204>
- Schmitt, R. W. (1995). The ocean component of the global water cycle. *Reviews of Geophysics*, 33(S2), 1395–1409. <https://doi.org/10.1029/95RG00184>
- Singh, A., & Agrawal, M. (2008). Acid rain and its ecological consequences. *Journal of Environmental Biology*, 29(1), 15–24.
- Sluše, J. (2020). Destratifikace vodních nádrží, Disertační práce, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, pp. 1-102
- Smith, V. H., & Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>
- Smolders, A. J. P., Lamers, L. P. M., Lucassen, E. C. H. E. T., van der Velde, G., & Roelofs, J. G. M. (2006). Internal eutrophication: How it works and what to do about it—a review. *Chemistry and Ecology*, 22(2), 93–111. <https://doi.org/10.1080/02757540600579730>
- Stott, T. (2019). Water Sports and Water-Based Recreation. In *Outdoor Recreation* (pp. 331–359). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97758-4_13
- Tanski, G., Wagner, D., Knoblauch, C., Fritz, M., Sachs, T., & Lantuit, H. (2019). Rapid CO₂ Release From Eroding Permafrost in Seawater. *Geophysical Research Letters*, 46(20), 11244–11252. <https://doi.org/10.1029/2019GL084303>
- Tarvainen, M., Sarvala, J., & Helminen, H. (2002). The role of phosphorus release by roach [*Rutilus rutilus* (L.)] in the water quality changes of a biomanipulated lake. *Freshwater Biology*, 47(12), 2325–2336. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00992.x>

- Uiblein, F., Jagsch, A., Honsig-Erlenburg, W., & Weiss, S. (2001). Status, habitat use, and vulnerability of the European grayling in Austrian waters. *Journal of Fish Biology*, 59, 223–247. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb01388.x>
- Ungermanová, L. (2007). Vliv acidifikace na makrozoobentická společenstva šumavských jezer, Bakalářská práce, Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí, pp. 1-28
- Vejřík, L. (2021). Vyhodnocení intenzity pytláckého tlaku na vodárenské nádrži: modelový případ ÚN Žlutice (závěrečná zpráva). Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- von Sperling, E. (2012). Hydropower in Brazil: Overview of Positive and Negative Environmental Aspects. *Energy Procedia*, 18, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.023>
- Vrba, J., Kopáček, J., Fott, J., Kohout, L., Nedbalová, L., Pražáková, M., Soldán, T., & Schaumburg, J. (2003). Long-term studies (1871–2000) on acidification and recovery of lakes in the Bohemian Forest (central Europe). *Science of The Total Environment*, 310(1–3), 73–85. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00624-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00624-1)
- Vyhláška č. 197/2004 Sb. Vyhláška k provedení zákona č. 99/2004 Sb., o rybníkářství, výkonu rybářského práva, rybářské stráží, ochraně mořských rybolovných zdrojů a o změně některých zákonů (zákon o rybářství)
- Walker, J. R., Foote, L., & Sullivan, M. G. (2007). Effectiveness of Enforcement to Deter Illegal Angling Harvest of Northern Pike in Alberta. *North American Journal of Fisheries Management*, 27(4), 1369–1377. <https://doi.org/10.1577/M06-011.1>
- Wentz, F. J., Ricciardulli, L., Hilburn, K., & Mears, C. (2007). How Much More Rain Will Global Warming Bring? *Science*, 317(5835), 233–235. <https://doi.org/10.1126/science.1140746>
- Westall, F., & Brack, A. (2018). The Importance of Water for Life. *Space Science Reviews*, 214(2), 50. <https://doi.org/10.1007/s11214-018-0476-7>
- WWF. (2022). Living planet report 2022.
- Zamparas, M., & Zacharias, I. (2014). Restoration of eutrophic freshwater by managing internal nutrient loads. A review. *Science of The Total Environment*, 496, 551–562. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.076>

Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., & He, Z. (2012). Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. *Ecological Engineering*, 40, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.012>