



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybníkářský fond
Operační program Rybníkářství



Fakulta rybníkářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

TECHNICKÁ ZPRÁVA PROJEKTU

Název projektu:

Zachycení a recyklace živiny při vypouštění rybníků

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/15_001/0000028



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybařský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Příjemce:

Obchodní firma nebo název: Blatenská ryba, spol. s r.o.

Adresa: Na Příkopech 747, Blatná 388 01, okr. Strakonice

IČ: 49023837

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/15_001/0000028

Název projektu: Zachycení a recyklace živiny při vypouštění rybníků

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna příjemce dotace zastupovat: Jiří Bláha

Vědecký subjekt:

Obchodní firma nebo název: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa: Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: České Budějovice, 30. 11. 2017

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna vědecký subjekt zastupovat:

doc. Tomáš Machula, Ph.D., Th.D.

Zpracovatel technické zprávy projektu:

Název nebo obchodní jméno: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa: Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: České Budějovice, 30. 11. 2017

Jména a příjmení osob, které zpracovaly technickou zprávu:

Ing. Ján Regenda, Ph.D., Ing. Pavel Hartman, CSc.

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna zpracovatele technické zprávy zastupovat:

doc. Tomáš Machula, Ph.D., Th.D.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybařský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybařství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Souhlas s publikací technické zprávy:

Souhlasím se zveřejněním této technické zprávy projektu v rámci opatření 2.1. Inovace z Operačního programu Rybářství 2014 – 2020 na internetových stránkách Ministerstva zemědělství a s využíváním výsledků této technické zprávy všemi subjekty z odvětví rybařství.

Podpis osoby oprávněné zastupovat:

1. Příjemce dotace:

Jiří Bláha

2. Partnera projektu (vědecký subjekt):

doc. Tomáš Machula, Ph.D., Th.D.

3. Zpracovatele technické zprávy:

doc. Tomáš Machula, Ph.D., Th.D.

+



Obsah

1 Cíl.....	5
1.1 Co je cílem projektu	5
1.2 V čem spočívá inovativnost technologie	5
1.3 Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu	6
2 Úvod.....	7
3 Materiál a metodika.....	11
3.1 Odběr vzorků vody a sedimentu in situ.....	11
3.2 Měření základních fyzikálně chemických vlastností vody	13
3.3 Laboratorní analýza vzorku vody a bahna	14
3.4 Charakteristika rybníků	16
3.5 Budování a odstraňování hrázek	19
3.6 Výpočet objemu hrázek, průtoku vody a bilance živin	21
3.7 Zpracování dat.....	23
4 Výsledky.....	24
4.1 Jenšovský 2016	24
4.2 Podsilničný 2016	29
4.3 Novokoželský 2016.....	34
4.4 Ouhlín 2016.....	39
4.5 Brdský 2017	44
4.6 Vrbice 2017	49
4.7 Pláňavy 2017	56
4.8 Novokoželský 2017.....	63
4.9 Mokrý 2017	70
4.10 Celkové vyhodnocení.....	78
4.11 Složení a množství zachyceného sedimentu	85
4.12 Ekonomické aspekty budování a provozu hrázek	88
5 Závěr.....	90
6 Přílohy.....	93



1 Cíl

1.1 Co je cílem projektu

Cílem projektu je zachytit co nejvíce nerozpuštěných látek (dále jen NL) a živin unikajících z rybníků při výloveh, které mohou negativně působit na vodní toky pod rybníkem. Tyto živiny jsou zachytávány jednoduchým způsobem pomocí rostlinné organické hmoty. Malé balíky sena/slámy jsou využity k postavení dvou dočasných hrázek ve stoce pod rybníkem. Díky tomu vznikne dočasné vzduší vodní hladiny. V akumulovaném objemu vody dojde k prodloužení času zdržení a tím i postupné sedimentaci části nerozpuštěných látek nesených vodou. Balíky sena/slámy a zachycené částice nerozpuštěných látek jsou následně po výlovu a oschnutí odklizeny z prostoru pod rybníkem a umístěny v okrajích rybníku. Díky tomu dojde k částečné recyklaci živin, které se v rybnících již nacházejí, a za obvyklých okolností by unikaly do recipientu bez možnosti opětovného využití. Díky tomuto jednoduchému a šetrnému opatření je možné snížit spotřebu „závadných látek“ – hnojiv, případně zvýšit produkci ryb.

Vedlejším aspektem projektu je obecné snižování množství živin migrujících v povodí, jakož i omezení zhoršování životních podmínek pro hydrobionty malých vodních toků. Lokální přístup k zachytávání sedimentu, rovněž výrazně minimalizuje riziko jeho kontaminace polutanty, které úměrně roste s délkou jeho transportu antropogenní krajinou. Tím je možné předcházet zbytečnému potenciaálnímu vzniku nebezpečného odpadu (kontaminovaného sedimentu), jehož ekologická likvidace je ekonomicky nesmírně nákladná.

1.2 V čem spočívá inovativnost technologie

Inovativnost projektu představuje snaha zachytit co nejvíce nerozpuštěných látek a živin unikajících z rybníků při výloveh, jenž mohou negativně působit na vodní toky pod rybníkem. K zachytu NL a živin prakticky nyní v ČR nedochází. Tyto živiny jsou v projektu zachytávány jednoduchým způsobem, pomocí rostlinné organické hmoty, která je v současnosti dostupná v zemědělské krajině a nemá často další smysluplné využití. Dočasné bariery společně se zachyceným sedimentem jsou následně po výlovu a oschnutí odklizeny zpět do rybníka. Tento postup tedy umožňuje částečnou recyklaci živin, jenž se v rybnících již nacházejí. Za obvyklých okolností by tyto živiny unikaly do recipientu bez možnosti opětovného využití. Zvládnutím této technologie je možné zlepšit kvalitu vody odtékající z rybníků při výloveh. Druhým pozitivem je skutečnost možnosti opětovného využití části živin zachycených v rostlinné hmotě k produkci kompostu. Ten bude využit v témže rybníce v následujících letech k organickému hnojení za účelem optimalizace kvality vody. Díky tomu lze očekávat snížení množství aplikovaných živin (závadných látek) do rybníků. Doposud docházelo v rybníkářství k manipulaci se sedimenty a živinami především při plošném odbahňování rybníků nebo lokálního z lovišť.

Ve své podstatě lze na základě získaných poznatků konstatovat, že ve stokách pod rybníkem je možné nahradit dočasné bariery z balíků slámy soustavou trvalých hradítek (beton, kámen). Ty budou plnit stejnou funkci jako dočasné hrázky z balíků sena. Během roku budou trvale otevřeny a k jejich vystavení (uzavření) dojde jen v závěrečné fázi strojení rybníku a při jeho výlovu. Po opadnutí vody a oschnutí zachycených sedimentů bude možné pomocí mechanizace odtěžit zachycené bahno.



1.3 Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu

V současném rybníkářském provozu je cílem maximální navýšení přirozené a následně i celkové produkce rybníku. Voda vypouštěná z rybníků v ČR je zvláště v době jejich výlovu výrazněji zatížena různými živinami vázanými především na nerozpuštěné látky. Ty jsou jak charakteru organického, tak i anorganického. Kritickým z pohledu zvýšeného obsahu živin ve vodě je samotný akt výlovu rybníků, resp. posledních 24 hodin před jeho výlovem. Zvýšená koncentrace ryb, jakož i pohyb osob a sítí v prostoru loviště, kde se rovněž nachází nejvíce sedimentu, vede k tomu, že společně s vodou odtékají z rybníků i nerozpuštěné látky ve formě koloidních částic a jemného bahna. Tyto látky tak nekontrolovaně unikají z rybníků a mohou negativně ovlivňovat níže položené části vodních toků. Díky tomu může docházet ke zvyšování trofie toku, zanášení koryt vodotečí sedimenty a negativnímu působení na hydrobionty. V rámci projektu je také záměr využít suchou rostlinnou hmotu (sena, slámy, případně jiné objemné píce), kterou zemědělci pravidelně sklízí, ale pro nízké stavy hospodářských zvířat pro ni nemají žádané další smysluplné využití.

V současnosti je ze strany státu vyvíjena soustavná snaha o zlepšování kvality povrchových vod a minimalizaci případných negativních vlivů spojených s nakládáním s vodami. Je proto nutné i v rámci rybníkářství, které je historickým a tradičním odvětvím, hledat nové možnosti minimalizace negativních vlivů na životní prostředí. Poměrně velké množství živin odchází v rámci jejich celoroční bilance, právě při výloveh rybníků. Možnost jejich zachycení pomocí sedimentace ve stoce v prostoru pod rybníkem se proto jeví jako velmi efektivní a jednoduchý způsob zlepšování kvality vody v povodí. Zachycené živiny je možné opětovně využít a vrátit je do rybníku, případně na okolní zemědělské pozemky. Tímto postupem je možné šetrně zachytit a systematicky odstraňovat akumulované sedimenty v rybníčné kotlině a vrátit je tam, odkud pocházejí. Navíc k zachycení sedimentu (živin) dochází v horní části povodí, hned pod rybníkem, takže dochází k minimalizaci rizika jeho kontaminace polutanty.

Otázka řešení nadměrného zabahnění rybníků je dnes v rámci ČR aktuální. Některé odhady uvádějí, že míra zabahnění českých rybníků dosahuje až 30 % z jejich objemu. Tento problém je možné řešit plošným odbahňováním, které je však velmi nákladné. Zcela nově a do budoucna se někteří odborníci dívají na bahno v rybnících, jako na strategickou surovinu – zásobu živin, zejména fosforu pro zemědělství (Duras a Potužák, 2013). Z tohoto důvodu je v současnosti testována technologie zachytávání rybníčných sedimentů (kalů) manipulovaných pomocí sacího bagru do netkaných geotextilních vaků (Vaníček, 2014; Potužák a kol., 2015). Tato metoda je však technicky a finančně poměrně náročná, i když o něco levnější než klasické plošné odbahňování rybníků. Z tohoto důvodu je na místě testovat v provozních podmínkách inovované, jednodušší a levnější postupy zachytávání a recyklace živin unikajících z rybníků.



2 Úvod

Rybníky jsou důležitou součástí hydrologického systému v České Republice. Chov ryb v nich je však v některých kruzích považován za významný zdroj znečištění povrchových vod, zejména co se týče fosforu. Na druhou stranu nové studie poukazují na skutečnost, že kvalita vody v rybnících odráží rovněž stav jejich povodí. V kvalitě vody v rybnících hrají důležitou roli i další faktory, zahrnující trofickou úroveň, kvalitu sedimentů, intenzitu hospodaření, manipulaci s hladinou, způsob výlovu a vypouštění vody (odtok povrchové nebo spodní vrstvy vody) (Potužák a Duras, 2015). Rybníky rovněž přirozeně integrují veškeré dopady hospodářské činnosti v povodí (Duras a kol., 2015). Rybníční ekosystém často zlepšuje kvalitu povrchových vod, zejména tam, kde je jejich kvalita na přítoku do rybníka špatná. Na straně druhé, ji však může rovněž zhoršovat a to zejména u živinově chudých vod (Kalenda a kol., 1982; Adámek a kol., 2010; Rozkošný a kol., 2011). Za jednu z klíčových funkcí rybníků v krajině je možné považovat jejich schopnost zadržovat živiny, zejména fosfor. Retenční schopnost je u mnoha rybníků v důsledku eutrofního až hypertrofního stavu velice snižena (Potužák a Duras, 2012), což mimo jiné vede k závažné destabilizaci rybníčního ekosystému (Pechar, 2015). Rybníky zadržují fosfor, který se do nich dostává z difuzních i bodových zdrojů, stejně jako z chovu ryb. Účinnost zadržení fosforu je vysoká zejména v letních měsících (Potužák a kol., 2016). Koncentrace celkového fosforu a živin ve vodním sloupci u hráze malého rybníka je přímo závislá na koncentraci fosforu v přítoku (Mikšíková a kol., 2012).

Knösche a kol. (2000) konstatují, že rybníky nejsou zátěží pro životní prostředí, naopak tyto vodní díla zlepšují kvalitu vody. Změnit situaci stavu kvality vody, ve které se dnes nachází většina rybníků v ČR, nebude podle Pechara (2015) snadné ani rychlé.

Bilance živin – fosforu v rybnících

V současnosti je některými autory rozpracováván nový přístup k posuzování fungování rybníků v krajině optikou míry jejich schopnosti zadržovat nebo uvolňovat fosfor (Hejzlar a kol., 2006; Potužák a Duras, 2012; Duras a kol., 2015; Potužák a Duras 2015; Pechar, 2015).

Potužák a kol. (2016) při svém monitoringu na 9 velkých rybnících (60–449 ha) zjistili zajímavé výsledky. V období 2010–2014 odhalili zadržení celkového fosforu mezi -66 % (pokles) až +52 % (uvolnění) ze zatížení přítokové vody. Specifické zadržení čistého fosforu P kolísalo mezi -7,83 g.m⁻² (pokles), resp. +1 g.m⁻² (uvolnění) z hladinové vrstvy, v jednom vegetačním období. Podle nich je zachycení fosforu limitováno aplikací hnojiv (souběžně s krmením ryb) v průběhu vegetačního období nebo dochází k masivnímu uvolnění P z rybníčních sedimentů po předchozím odbahnění. Zadržení fosforu je možné zvýšit odtokem svrchní (povrchové) vody oproti odtoku spodní vody, jelikož by to minimalizovalo ztrátu usazených částic sedimentu během výlovu ryb. Mimo jiné dospěli k závěru, že retence P závisí na přítoku vody do rybníka, resp. době zdržení vody v rybníce. Čím je delší, tím vyšší šance využití fosforu napříč vodním sloupcem je. Jedinou výjimkou, kdy retence nebyla prokázána, bylo v případě anoxických a anaerobních podmínek v odtékající vodě. Jako důvod kolísání výkyvů obsahu celkového fosforu (TP) autoři uvádí rozdílné chemické složení sedimentů.

Knösche a kol. (2000) sledují poměr fosforu a dusíku v kaprových rybnících. Jejich data pocházejí z 38 rybníků (0,25 až 122 ha) ze spolkových zemí Brandenburško, Sasko a



Bavorsko, jakož i několika rybníků v Maďarsku. Kalkulována byla bilance (rozdíl) mezi kvalitou vody na přítoku a odtoku z rybníků. Získané výsledky ukazují, že průměrný rozdíl na odtoku představuje $-0,51 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. To znamená, že každý hektar rybníční plochy uvolnil o 510 g P méně, než se do rybníka dostalo přítokem. Tento výsledek byl nezávislý na množství vylovených ryb ($\leq 1500\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$). Průměrné zachycení (retence) fosforu P (P-zůstatek) bylo $5,71 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zachycení (retence) fosforu se zvyšovala se zvyšující intenzitou chovu. Retence dusíku (N) se zvyšovala s intenzitou chovu od $78,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ v Německých zemích, do $>290 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ v rybnících v Maďarsku (kombinace chovu ryb a vepřů). Podle zjištění autorů je převážně během výlovu uvolněno 1% retenční kapacity rybníka ve formě suspenze mineralizované složky bahna. Při klasické realizaci chovu v rybnících je v průběhu výlovu uvolněno od 50 do $200 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, resp. $0,3\text{--}0,9 \text{ g sušiny}\cdot\text{ha}^{-1}$ bahna. Ačkoliv je živinová zátěž během výlovu nízká ve srovnání s retenční schopností rybníka, tak by podle autorů mohlo být vynaloženo větší úsilí pro snížení znečištění potoků a stok pod rybníkem během výlovu a po něm. To může být zabezpečeno tím, že se omezí (zpomalí) vypouštění rybníka v době samotného výlovu, aby se pod rybníkem měly možnost usazovat nerozpuštěné látky (sediment) nebo umístit zařízení pro krátkodobou sedimentaci bahna pod rybníkem.

Podle Pechara (2015) je výlovem ryb z rybníka možné odebírat významné množství fosforu. Průměrnou produkci rybníků v ČR – $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ živé hmotnosti ryb je možné převést na odnos $3,5 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ za rok. Rybníky v krajině zadržují živiny z jejich povodí a tím zajišťují přirozený samočisticí proces. Cílem účinné rybníční akvakultury je retence a kumulace živin v biomase ryb s respektováním jakosti povrchových vod, pro obecné a zvláštní užívání vod, za účelem:

- a) využití vlastních – autochtonních živin v koloběhu látek rybníčního ekosystému a zapojení produktů metabolismu ryb do látkového koloběhu (Knösche a kol., 1998);
- b) vyrovnané živinové bilance směřující k vyloučení zatížení vod v povodí rybníků (Potužák a Duras, 2012).

Zdroje sedimentu a obsah živin

Čašek (2016) považuje postupné zazemňování vodních nádrží za přirozený proces, který lze u vodního díla jako stavby v krajině očekávat a počítat s ním. Jeho intenzita je na druhou stranu výrazně ovlivněna antropogenní aktivitou v povodí. K nejdůležitějším zdrojům sedimentů v nádržích řadí: erozní procesy v povodí, erozní procesy břehů a dna nádrže, ukládání plavenin, rozklad odumřelých organismů ve vodním prostředí, ukládání opadu listů z břehových porostů a exkrementy ryb a jiných vodních živočichů. K podobným závěrům dochází rovněž Mikšíková a kol. (2012), kteří identifikují jako klíčový faktor přísun půdních částic ze zemědělských pozemků (vodní eroze). Zdůrazňují však rovněž rozvoj a odumírání litorálních makrofyt a poukazují rovněž na vstupy živin v rámci chovu ryb (hnojení a příkrmování). Čašek (2016) rovněž definuje problémy, které hromadění sedimentu v nádržích působí: snížení akumulačního prostoru, zanášení funkčních objektů, ovlivňování vlastnosti vody, hospodářské, rekreační, estetické a ekologické.

Nejvýznamnější vrstva sedimentu na dně rybníka je z hlediska rybářského hospodaření vrstva sedimentu s mocností 5–12 cm, vrstva nazývaná tzv. aktivní bahno. Velké částice usazené v ústí toku do rybníka a velké částice v příbřežních částech rybníka obsahují fosforu nejméně, oproti tomu prachové a koloidní částice, jež jsou nesené vodou k hrázi, jsou na obsah fosforu podstatně bohatší. Rozklad biomasy tvoří nánosy v místech s větším výskytem vlhkomilných rostlin, což bývá v litorálním místě na vtoku do rybníka nebo na mělčích místech kolem břehů (Mikšíková a kol., 2012).



Kvalitou rybníčního sedimentu a možností jeho využití v zemědělství se zabýval Potužák a kol. (2015). Z jejich zjištění plyne, že obsah živin (biogenních makro prvků) je v rybníčním bahně ve srovnání se zemědělskou půdou vyšší, ale obsah dostupného fosforu je v průměru spíše nižší (možnost postupného uvolňování). Obsah živin v bahně šesti rybníků se pohyboval v rozsahu N celkový: 6 400–13 000 mg.kg⁻¹, P celkový: 1 000–3 200 mg.kg⁻¹, K celkový: 4 200–7 200 mg.kg⁻¹, Ca celkový: 2 900–20 000 mg.kg⁻¹. Obsah těžkých kovů a dalších polutantů v rybníčním bahně sledovali Šulcová a kol. (2017). Překročení některého ze stávajících limitů bylo zjištěno ani ne u 10 % vzorků.

Koncentrace unikajících živin v průběhu výlovů

Jedna z nejdůležitějších odlišných charakteristik lidmi vytvořenými rybníky oproti přírodním jezerům je periodický výlov rybí obsádky. Proces výlovu rybníka způsobuje více či méně závažné odnosy nerozpuštěných látek, které jsou bohaté na různé sloučeniny a živiny, zejména pak fosfor (Kalenda a kol., 1982; Butz, 1988; Banas a kol., 2002; Vallod a Sarrazin, 2010). Pokud dojde k pohybu sedimentu v důsledku snížení vodní hladiny a zmenšení prostoru pro rybí obsádku, tak s postupným vypouštěním, se úměrně zvyšují hodnoty celkového fosforu a nerozpuštěných látek. Tyto zvýšené hodnoty jsou patrné již od okamžiku silného zakalení vody způsobeného pohybem ryb při malém objemu vody v rybníce (Mikšíková, 2011). Hodnoty odtoku živin, výše uvedenými autory, jsou v první fázi vypouštění rybníků nízké a obvykle se shodují s jeho celoročními hodnotami zjišťovanými u výpusti. Mikšíková a kol. (2012) sledovali vypouštění a výlov dvou rybníků o velikosti 10 a 14 ha. Produkce ryb v nich byla na úrovni 500–600 kg a probíhala obvyklým polointenzivním způsobem. Jeden z rybníků měl loviště a kádiště pod vzdušnou stranou hráze. V průběhu vypouštění dosahovala úroveň nerozpuštěných látek (NL₁₀₅) desítek miligramů na litr a postupně vzrůstala k 100 mg.l⁻¹. Obsah celkového fosforu (TP) byl v rozmezí 0,115 až 0,252 mg.l⁻¹, resp. 0,081 až 0,259 mg.l⁻¹. Den před výlovem, kdy bylo v rybnících již méně vody, dosahovala koncentrace NL₁₀₅ již řádově stovky miligramů na litr. Koncentrace TP se rovněž zvýšila na 0,446, resp. 1,160 mg.l⁻¹. Ráno při výlovu se však koncentrace NL₁₀₅ zvýšila velmi výrazně na 3 720 až 11 000 mg.l⁻¹ u rybníka s klasickým lovištěm, resp. 9 440 až 139 000 mg.l⁻¹ u rybníka s výlovem v podhrázi. Podobně reagovala i koncentrace TP, která se v průběhu výlovu pohybovala na úrovni 5 až 17,4 mg.l⁻¹, resp. 11,4 až 127 mg.l⁻¹. Vyšší koncentrace byly zaznamenány v rybníků s výlovem v podhrázi. To je poněkud překvapivé zjištění, neboť výlov v podhrázi je obecně považován za nejšetrnější způsob výlovu jak pro ryby, tak i z hlediska odnosu sedimentu z nádrže. Při spočítání odnosu NL₁₀₅ a TP za celý průběh vypouštění bylo zjištěno, že v průběhu samotného výlovu odchází 15,6 a 12,4 % NL₁₀₅, resp. 27,0 a 17,6 % TP. V průběhu vlastního výlovu obou rybníků odešlo 42,3 a 85,5 % NL₁₀₅, resp. 37,5 a 80,6 % TP. Po ukončení výlovu to bylo u prvního rybníka až 42,1 % NL₁₀₅ a 35,5 % TP, zatímco u druhého jen 2,1 % NL₁₀₅ a 1,8 % TP (výpust byla zde brzo uzavřená). Celkově z rybníků oteklo spolu s vodou jen 0,2 až 0,5 % objemu sedimentu uloženého v rybníce, což je zanedbatelné množství. Mikšíková a kol. (2012) rovněž zjistila závislost mezi množstvím nerozpuštěných látek a celkovým obsahem fosforu.

Při sledování výlovu dvou menších rybníků (1,4 a 1,6 ha) zjistil Kalenda a kol. (1982) celkový odnos sušiny z 1 ha 919–1080 kg.ha⁻¹. Odnos nerozpuštěných látek byl podle jejich pozorování ovlivněn chováním rybí obsádky. Obsádka kapra podkalovala vodu při výlovu mnohem více, než obsádka línů. V přepočtu na 1 ha vodní plochy činilo množství odneseného sedimentu během výlovu 1,0 a 1,6 mm.ha⁻¹. Naproti tomu do rybníků přiteklo v průběhu vegetačního období 27 až 52 mm.ha⁻¹ sedimentu. Při přípravě výlovu a během výlovu výrazně



vzrůstají hodnoty NH_4^+ , PO_4^{3-} a TP, zatímco nevzrůstaly hodnoty dusitanových a dusičnanových iontů. Rovněž zmiňují, že nedošlo ke zhoršení ani tzv. bakteriální zátěži.

Změny kvality vody při výlovu dvou rybníků (Vysočina a jižní Morava) sledovali rovněž Poštulková a kol. (2012). Z jejich výsledků vyplývá, že na rybníce Medlov (28,5 ha) byla v průběhu jeho vypouštění průměrná koncentrace TP $0,22 \text{ mg.l}^{-1}$, zatímco při výlovu vzrostla na $0,98 \text{ mg.l}^{-1}$ (průměr). Podobně na tom byla rovněž koncentrace TOC, která při vypouštění rybníka dosahovala průměrné hodnoty $20,39 \text{ mg.l}^{-1}$, zatímco maximální hodnota 53 mg.l^{-1} byla zjištěna na konci výlovu. Mnohem větší dynamiku změny koncentrace však vykazoval TN, který měl průměrný obsah $2,4 \text{ mg.l}^{-1}$, ale jeho minimum bylo $1,2 \text{ mg.l}^{-1}$, resp. maximum $7,7 \text{ mg.l}^{-1}$. Na Jaroslavickém rybníku (188,7 ha) byla průměrná koncentrace TP při vypouštění $0,26 \text{ mg.l}^{-1}$ a při vlastním výlovu vzrostla na maximum $0,76 \text{ mg.l}^{-1}$. Průměrná koncentrace TOC byla na tomto rybníku poněkud vyšší, a to $28,24 \text{ mg.l}^{-1}$, přičemž minimum bylo $13,40 \text{ mg.l}^{-1}$, resp. maximum na konci výlovu až $45,40 \text{ mg.l}^{-1}$. Koncentrace zjištěné pro TN však byly poněkud nižší a dosahovaly v průměru $1,60 \text{ mg.l}^{-1}$, přičemž maximum činilo jen $5,50 \text{ mg.l}^{-1}$.

Stejné trendy ve změně kvality vody uvádějí rovněž zahraniční autoři z výlovu rybníků s chovem sumečka tečkovaného (*Ictalurus punctatus*) v USA (Boyd, 1978; Schwartz a Boyd, 1994) a pro extenzivní rybníky s obsádkou kapra a doplňkových ryb ve Francii (Banas a kol., 2002; Banas a kol., 2008).

Možnosti využití živin z chovu ryb

V současnosti je v mezinárodním kontextu silně vnímána potřeba efektivněji hospodařit s živinami, které při chovu ryb vznikají, resp. při výloveh rybníků unikají. V tropických oblastech, kde se v rybních realizuje chov různých druhů tilápií a sumců, se proto hledají takové metody chovu ryb, které lépe využijí všechny spotřebované živiny. Voda vypuštěná z rybníků je tak používána k pěstování rýže. Po výlovu rybníka je jeho dno následně používáno k pěstování zemědělských plodin pro lidskou potřebu anebo jen mokřadních rostlin (retence P a N). Případně se uvažuje s využitím rybníčních sedimentu jako hnojiva v rostlinné výrobě (Kwei Lin a kol., 2001; Kwei Lin a Yang Yi, 2003; Muendo a kol., 2014).

S ohledem na vysoké koncentrace nerozpuštěných látek při samotném výlovu rybníků doporučují Schwartz a Boyd (1994) klidné vypouštění většiny vody z rybníků, protože koncentrace potenciálně znečišťujících látek jsou před vlastním výlovem nízké. Za nejlepší způsob jak minimalizovat potenciální znečištění vody sedimenty rybníků, zejména během výlovu, považují co nejrychlejší slovení ryby z rybníka a během výlovu nevypouštět vodu. Případně v průběhu výlovu vypouštět znečištěnou vodu do usazovací nádrže nebo retenčního rybníka. V současnosti proto v Rakousku musí investor nově budovaných rybníků zřizovat pod ním laguny. Za účelem sedimentace nerozpuštěných látek je nutné na 20–30 min. zadržet vodu vytékající z rybníka během posledních 24 hodin před výlovem a v jeho průběhu (Bauer, osobní sdělení 2016).

Nové směry ve využití rybníčního sedimentu

Naši předkové, limitovaní nedostatkem živin v půdách věděli, že sedimenty z rybníka jsou velmi efektivní a vítané hnojivo. Z tohoto důvodu ho rádi využívali pro zúrodnování svých polí. Podle Potužáka a kol. (2015) je důležité soustředit se na možnosti navrácení živin z rybníčního sedimentu (bohatého na živiny) zpět na pole a obnovit cyklus živin v krajině. Z těchto důvodů jsou nyní testovány v provozních podmínkách technologie pro separaci rybníčního bahna při odbahňování loviště rybníků. Využívána je technologie sacích bagrů, ze kterých je zvodněný sediment jímán v geotextilních vacích za použití flokulantů (Vaníček,



2014; Potužák a kol., 2017). Podle zjištění jsou zkoumané rybníční sedimenty cenným materiálem s potenciálem pro zlepšení úrodnosti půd. Riziko opětovného splachu živin do povrchových vod je velmi nízké (Potužák a kol., 2015). Recyklace živin s využitím rybníčních sedimentů je snaha o propojení zpřetrhaných energetických a látkových toků v zemědělské krajině. Pozitivní výsledný efekt se zvýšením úrodnosti se projeví až v následujících několika letech po aplikaci (Potužák a kol., 2017).

Snahu o zachycení a opětovné využití živin uložených v rybníčním sedimentu je proto možné považovat za nanejvýš aktuální jak v zemědělství, tak i akvakultuře.

3 Materiál a metodika

3.1 Odběr vzorků vody a sedimentu in situ

Odběr vzorku vody

Vzorky vody byly odebírány vždy na dvou profilech, pod hrází rybníka (ve vývařišti) – profil „A“ a pod druhou barierou z balíků slámy – profil „B“ tak, aby bylo možné zajistit reprezentativní vzorek vody. U některých rybníků (Novokoželský 2016 a 2017, Brdský 2017) bylo nutné odebírat vzorek vody pod druhou barierou poněkud níže pod hrázkou, aby odebraný vzorek obsahoval rovněž vyběženou část vody po jejím opětovném navrácení do koryta stoky. Na rybníku Vrbice 2017 byly odebírány rovněž vzorky na profilu „C“ a „D“. Profil „C“ představoval proud vody stékající se do jednoho místa na louce. Jednalo se o vodu, která výše unikala přes boční stěny obou hrázek. Tekla volně po povrchu louky (pastviny) o ploše cca 170 m². Profil „D“ pak představoval vyústění stoky na louku po jejím průtoku silně zarostlým úsekem (křoviny a vysoké byliny) v délce cca 18 m.

Na rybníku Mokřý 2017 bylo provedeno vzorkování na třech profilech A, B, a C. Důvodem byla nestandardní situace na lokalitě, zjištěná v den vzorkování. Níže položený rybník Starý Čekanický, který měl být v době výlovu bez vody, byl na plné hladině a zpětně vzdouval svou výtopou vodu ve stoce pod rybníkem Mokřý až do vývařišť (má jiného vlastníka a uživatele než je Blatenská ryba, s.r.o.). Díky tomu nebylo možné postavit zcela dokonalé hráze, jako u předchozích rybníků. Na vhodném místě byla proto postavena jen jedna hrázka, která ale netěsnila celý profil stoky a vodu zásadně nevzdouvala (stoka již byla plná vody vystavené níže položeným rybníkem). Balíky sena plavaly a nebylo možné překonat vztlak více než dvou balíků fixačními prostředky, které byly v danou chvíli k dispozici. Hloubka vody ve stoce na profilu hrázky byla kolem 1 m, i po úplném zastavení vody při vypouštění rybníka Mokřý. Průtok vody byl však v daném profilu hrázkou částečně brzděn, což způsobovalo rozdíl ve výšce hladin nad a pod hrázkou v rozsahu cca 2–10 cm (dle aktuální velikosti průtoku vody). Pod touto první hrázkou byl vzorkován profil „B“. Nicméně o něco níže, v prostoru, kde měla být původně postavena druhá hrázka, byl odebírán vzorek vody na profilu „C“. Stoka byla plná vody vystavené jinak než budováním hrázek, takže proces sedimentace nerozpuštěných částic mohl probíhat obdobně. Z tohoto důvodu je dále hodnocen a srovnáván profil „C“ na rybníku Mokřý s profilem „B“ ostatních rybníků. Po výlovu byl rovněž odebrán jeden kontrolní vzorek vody v rybníku Starý Čekanický, do kterého veškerá voda z rybníka Mokřý odtékala (označení „rybník pod“).



Vlastní odběr vzorků vody probíhal pomocí teleskopické tyče s 1 000 ml plastovou kádinkou na konci (viz. Obr. 1). Jednotlivé dílčí vzorky vody byly slévány do větší plastové nádoby o objemu 20 l. U prvních čtyřech rybníků lovených na podzim 2016: Jenšovský, Podsilničný, Novokoželský 2016 a Ouhlín trvalo slévání dílčích vzorků 2–3 minuty, přičemž byl nejprve odebrán vzorek vody na profilu „A“ a až poté na profilu „B“. U ostatních rybníků (Brdský, Vrbice, Pláňavy, Novokoželský 2017 a Mokřý) byl interval pro odběr dílčích vzorků prodloužen na 15 minut z důvodu eliminace náhodného zachycení kvalitativně odlišného typu vody. Vzorkování na profilu „A“ a „B“ probíhalo současně. Následně byl vždy ve velké plastové nádobě směsný vzorek vody homogenizován intenzívním proléváním a mícháním pomocí kuchyňské odměrky. Takto homogenizovaný vzorek byl poté naléván do plastových vzorkovnic o objemu 1–2 litry pro stanovení: NL (nerozpuštěných látek) 105 °C a 550 °C, TC, TIC, TOC, CHSK_{Cr}, BSK₅, N_{celk.}, KNK_{4,5}; Dále byl zajištěn vzorek 50 ml pro centrifugaci ve zkumavkách, resp. do 100 ml kelímku pro: P_{celk.}, Fe_{celk.}, Ca a do 25 ml plastové lahvičky pro P_{rozpuštěný}, Fe_{rozpuštěný}, tento vzorek byl navíc na místě upraven filtrací přes jednorázový nylonový filtr s velikostí ok 0,45 μm.



Obrázek 1. Odběr vzorku vody pod hrází rybníka Pláňavy

S ohledem na finanční možnosti projektu bylo přistoupeno k odběrům vzorků vody v pěti různých fázích výlovů:

1. noc před výlovem,
2. ráno před výlovem,
3. těsně před výlovem,
4. výlov,
5. hodinu po výlovu.



K odběru vzorku v jednotlivých fázích bylo přistoupeno vždy co nejpozději, aby došlo u vzduché a akumulované vody v prostoru hrázek k její obměně.

Na všech devíti sledovaných rybnících se nám nepodařilo odebrat vzorky vody ve všech pěti fázích výlovu. S ohledem na dynamiku strojení a velikost rybníku nebyl večer, resp. v noci před výlovem odebrán vzorek na rybnících Ouhlín 2016 a Vrbice 2017. Voda v tom čase z rybníka neodtékala. Strojč rybník pro nedostatek vody zastavil. Naproti tomu na rybníku Jenšovský 2016 nebyl odebrán vzorek vody ve fázi „těsně před výlovem“. Jednalo se o náš první vzorkovaný rybník, kde pro malou biomasu ryb nacházejících se v lovišti (letní úhyn velké části obsádky), byl závěr strojení a vlastní výlov ryb velmi rychlý. Z plánovaného odběru „těsně před výlovem“ se tak stal vzorek „výlov“.

Odběr vzorku sedimentu

Sedimenty byly odebírány vždy několik dní po výlovu rybníka, poté co došlo k alespoň částečnému zaschnutí zachyceného bahna. Vlastní odběr probíhal pomocí zednické lžíce, případně polévkové jídelní lžíce. Dílčí vzorky byly odebírány z několika míst a různých hloubkových profilů zdrže a následně umístěny do cca 3 l plastových nádob, kde došlo k prvotnímu promíchání vzorku. Tento surový vzorek byl odevzdán k dalšímu zpracování do laboratoře Povodí Vltavy, s.p. v Českých Budějovicích (viz. kapitola 3.3).

S ohledem na finanční možnosti projektu bylo odebráno pouze 7 vzorků sedimentu – plaveného bahna ve stoce pod čtyřmi rybníky.

Novokoželský 2016 – 1 směsný vzorek

Vrbice – 2 směsné vzorky (sediment nad první hrázkou a sediment nad druhou hrázkou)

Pláňavy – 2 směsné vzorky (sediment nad první hrázkou a sediment nad druhou hrázkou)

Novokoželský 2017 – 2 směsné vzorky (sediment nad první hrázkou a sediment nad druhou hrázkou)

3.2 Měření základních fyzikálně chemických vlastností vody

V průběhu celého sledování bylo prováděno v terénu měření základních fyzikálně chemických vlastností vody pomocí multiparametrální sondy YSI EXO 2 (viz. Obr. 2), která byla osazena těmito senzory:

1. EXO Conductivity/Temperature Sensor, Ti

Teplota vody (°C),

Vodivost – konduktivita ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) je uváděná pro lepší srovnání jako specifická vodivost – **SPC**, tedy hodnota přepočtena na teplotu vody 25 °C,

TDS (Total dissolved solids) – celkové rozpuštěné pevné látky ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$),

Salinita (ppt.) stanovena výpočtem dle algoritmu z vodivosti a teploty vody,

2. EXO Optical DO Sensor, Ti

množství rozpuštěného **kyslíku** ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

nasyčení vody **kyslíkem** (%),

3. EXO ISE06 pH/ORP Sensor Assembly, Unguarded, Ti

pH,

Oxido- redukční potenciál - **ORP** (mV),



4. EXO Total Algae - PC Sensor, Ti Chlorofyl *a* – **Chlor. *a*** ($\mu\text{g.l}^{-1}$), Modro zelené řasy (sinice) (Blue-green Algae) **BGA-PC** ($\mu\text{g.l}^{-1}$)



Obrázek 2. Multiparametrální sonda YSI EXO2

3.3 Laboratorní analýza vzorku vody a bahna

Všechny vzorky vody a bahna byly laboratorně zpracovány ve Vodohospodářské laboratoři České Budějovice – Povodí Vltavy, s.p., Emila Pittera 1, 370 01 České Budějovice.

Analýza vzorku vody

Chemická analýza vzorků vody byla zaměřena na stanovení koncentrace organických a nerozpuštěných látek, hlavních živin a vybraných kovů. Množství organických látek bylo stanoveno jako koncentrace **TOC** (celkový organický uhlík). Tento parametr byl společně s **TC** (celkový uhlík), **TIC** (celkový anorganický uhlík) a **TN** (celkový dusík) stanovován na přístroji Analytik Jena multi N/C 2100 dle ČSN EN 1484. U vybraných rybníků bylo množství organických látek zjišťováno také parametrem **BSK₅** (biologická spotřeba kyslíku za 5 dní) a **CHSK_{Cr}** (chemická spotřeba kyslíku) dle ČSN EN 1899-1, ČSN EN 1899-2, resp. ČSN ISO 15705. Koncentrace nerozpuštěných látek byla stanovena jako nerozpuštěné látky sušené při 105 °C (**NL₁₀₅**) a nerozpuštěné látky žíhané při 550 °C (**NL₅₅₀**) postupem dle v ČSN EN 872. Alkalita (**KNK_{4,5}** – kyselinová neutralizační kapacita) byla zjišťována dle standardního postupu uvedeného v ČSN EN ISO 9963-1. Koncentrace celkového fosforu (**TP**), železa (**Fe**) a vápníku (Ca) byla po předúpravě odebraného vzorku mikrovlnným rozkladem stanovována metodou ICP-MS a ICP-MS/MS na přístroji Agilent 7500ce a Agilent 8800 QQQ dle ČSN EN ISO 17294-2. Vzorky pro stanovení rozpuštěných forem kovů (celkový rozpuštěný fosfor – **P_{rozpuštěný}**, celkový rozpuštěné železo – **Fe_{rozpuštěný}**) byly ihned po odběru přefiltrovány přes 0,45 μm filtr (nylon). Následný analytický postup byl obdobný jako v případě stanovení celkových kovů.

S ohledem na racionální využití finančních prostředků byl na začátku projektu, kdy docházelo k získávání prvních zkušeností s technologií budování hrázek použit užší rozsah



sledovaných parametrů vody. Takto ušetřené prostředky bylo možné použít v závěru sledování k mnohem většímu rozsahu sledovaných parametrů. Přehled o odebraných vzorcích a rozsahu prováděných analýz u sledovaných rybníků uvádí tabulka 1.

Tabulka 1. Přehled odebraných vzorků vody a rozsah provedených analýz

Parametr	Jenšovský	Podsilničný	Novokoželský 2016	Ouhlín	Brdský	Vrbice	Pláňavy	Novokoželský 2017	Mokrý
odebrané vzorky podle fáze výlovu									
noc před výlovem	*	*	*		*		*	*	*
ráno před výlovem	*	*	*	*	*	*	*	*	*
těsně před výlovem		*	*	*	*	*	*	*	*
výlov	*	*	*	*	*	*	*	*	*
hodinu po výlovu	*	*	*	*	*	*	*	*	*
analyzované parametry									
BSK₅ (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
CHSK_{Cr} (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
NL₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NL₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TN (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TP (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P_{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TOC (mg.l ⁻¹)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TIC (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
TC (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
KNK_{4,5} (mmol.l ⁻¹)						*	*	*	*
Ca (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
Fe (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*
Fe_{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)						*	*	*	*

Analýza vzorku bahna

Po odběru a následném doručení vzorků plaveného bahna do laboratoře byl vzorek sedimentu dokonale homogenizován. Následně byla provedena síťová analýza za mokra (dle DIN 66165 -1:2016-08 a DIN 66165 – 2:2016-08). Poté proběhla lyofilizace vzorku s použitím lyofilizátoru Cool Safe 100 – 9 – PRO při -100 °C, tlaku < 1,0 hPa po dobu přibližně 48 hodin. Po lyofilizaci byl vzorek opět homogenizován a síťován za sucha přes síto o velikosti ok 2 mm. Následovalo namletí vzorku oscilačním kulovým mlýnem (Retsch, typ. MM200).

Obsah **celkového fosforu (TP)**, **vápníku (Ca)**, **hořčíku (Mg)** a **draslíku (K)** byl stanoven metodou ICP – MS nebo ICP-MS/MS (Agilent 7500ce, Agilent 8800 QQQ) dle ČSN EN ISO 17294-2. Před vlastním měřením byl předupravený vzorek mineralizován mikrovlnným rozkladem (Milestone Ethos Sel) po přidání 2ml HNO₃ p.p a 2ml H₂O₂p.a.



Koncentrace **celkového dusíku (TN)** byla stanovena metodou dle Kjeldahla, kdy se vzorek mineralizuje na mokré cestě s použitím oxidu titaničitého jako katalyzátoru (ČSN ISO 11261).

Stanovení **celkového uhlíku (TC)** a **celkového organického uhlíku (TOC)** probíhalo termickým rozkladem dle ČSN EN 13137 a ČSN ISO 10694 na přístroji Analyzátor Multi N/C 2100S s modulem pro pevné látky HT 1300.

Množství **využitelných živin (P, Ca, Mg, K)** bylo stanoveno ve frakci < 2 mm, kdy se vzorek extrahoval extrakčním roztokem podle Mehlich 3 (viz. Jednotné pracovní postupy Analýza půd I – III (Brno 2010 – 2011)). V extraktu se analyty stanovovaly metodou F-AAS (Ca a Mg), metodou OES (K) a spektrofotometricky (P).

PH v suspenzi (pH CaCl₂)- bylo stanoveno skleněnou elektrodou v suspenzi pevné matrice a kapaliny v objemovém poměru 1:5 dle ČSN ISO 10390.


Vzorek pro stanovení **ztráty žiháním** a **zbytku po žihání** se vyžíhal v peci při 550 ± 25 °C do konstantní hmotnosti. Z rozdílu hmotnosti před žiháním a po něm se vypočetla ztráta žiháním (např. dle ČSN EN 12879).

3.4 Charakteristika rybníků

Práce v terénu probíhala na těchto osmi rybních, na kterých hospodaří Blatenská ryba, s.r.o.


Rybník Jenšovský (4,44 ha)

Rybník	Jenšovský
Katastrální území	Oldřichov u Písku
Číslo parcely	1880
Výměra parcely (m ²)	44 427
Vodní plocha (ha)	3,93
Objem vody (m ³)	50 355
Obsádka	K ₀ → K ₁
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	84
Datum výlovu	27. 10. 2016



Rybník Podsilničný (1,94 ha)


Rybník	Podsilničný
Katastrální území	Šamonice
Číslo parcely	244/1
Výměra parcely (m ²)	19 351
Vodní plocha (ha)	1,80
Objem vody (m ³)	15 000
Obsádka	K ₁ → K ₂
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	667
Datum výlovu	11. 11. 2016





Rybník Novokoželský (5,78 ha)*


Rybník	Novokoželský
Katastrální území	Kožlí u Čížové
Číslo parcely	78/2
Výměra parcely (m ²)	57 759
Vodní plocha (ha)	5,00
Objem vody (m ³)	50 000
rok 2016	
Obsádka	K ₁ → K ₂
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	1 360
Datum výlovu	15. 11. 2016
rok 2017	
Obsádka	K ₂ → K ₃
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	1 340
Datum výlovu	14. 11. 2017



*rybník byl sledován dva krát na podzim 2016 a 2017


Ouhlín (6,57 ha)

Rybník	Ouhlín
Katastrální území	Rojice
Číslo parcely	14/1
Výměra parcely (m ²)	65 671
Vodní plocha (ha)	6,20
Objem vody (m ³)	50 000
Obsádka	K ₀ → K ₁
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	239
Datum výlovu	23. 11. 2016



Brdský (1,63 ha)

Rybník	Brdský
Katastrální území	Chobot
Číslo parcely	1101
Výměra parcely (m ²)	16 301
Vodní plocha (ha)	0,91
Objem vody (m ³)	9 090
Obsádka	K ₂ → K ₃
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	2 915*
Datum výlovu	10. 3. 2017






*obsádka komory, vlastní obsádka + svoz na komoru


Vrbice (1,10 ha)

Rybník	Vrbice
Katastrální území	Láz u Radomyšle
Číslo parcely	87
Výměra parcely (m ²)	11 043
Vodní plocha (ha)	0,80
Objem vody (m ³)	7 000
Obsádka	K ₂ → K ₃
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	844
Datum výlovu	26. 9. 2017



Pláňava (8,12 ha)


Rybník	Pláňava
Katastrální území	Sedlice u Blatné
Číslo parcely	1348/6
Výměra parcely (m ²)	81 264
Vodní plocha (ha)	7,70
Objem vody (m ³)	54 198
Obsádka	K ₁ → K ₂
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	636*
Datum výlovu	13. 11. 2017



*rybník má 2 loviště cca 51 % obsádky kapra bylo sloveno ve sledovaném „malém“ lovišti a zbytek obsádky byl sloven druhý den na „velkém“ lovišti

Mokrý (22,00 ha)

Rybník	Mokrý
Katastrální území	Sedlice u Blatné
Číslo parcely	325/10
Výměra parcely (m ²)	220 419
Vodní plocha (ha)	20,00
Objem vody (m ³)	119 260
Obsádka	K ₁ → K ₂
Biomasa v době výlovu (kg.ha ⁻¹)	590
Datum výlovu	20. 11. 2017





3.5 Budování a odstraňování hrázek

Budování hrázek

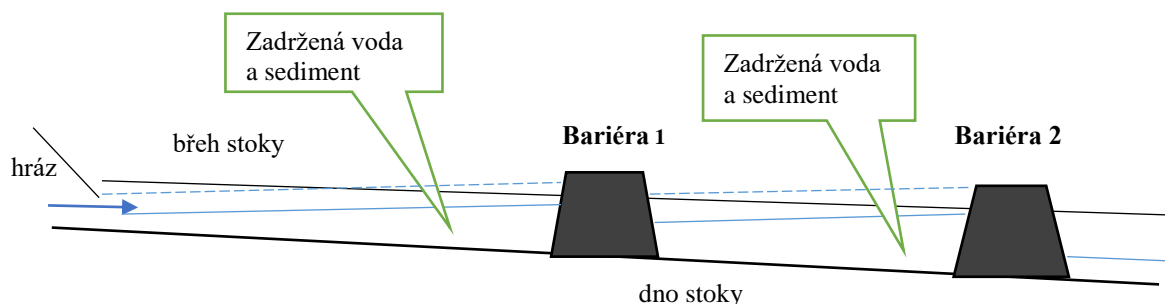
Hrázky byly budovány ve stokách pod rybníkem v dostatečném odstupu od samotné hráze rybníka, resp. vývařiště tak, aby nedocházelo k brždění odtékající vody z rybníka. Důležitý byl rovněž přístup mechanizace (nákladní automobil, bagr) do prostoru pod rybníkem při jejich následném odstraňování. Proto bylo nutné vždy pečlivě zvažovat, kde budou hrázky postaveny. Např. na rybníku Ouhlín byla druhá hrázka postavena poměrně blízko pod první z důvodu měkkého podloží kolem stoky níže po vodě. Žádoucí bylo při budování hrázek využití co nejmenšího spádu stoky tak, aby bylo možné maximalizovat akumulací objem hrázek.

V průběhu strojení rybníka k výlovu, byly v posledních cca 24 hodin před vlastním výlovem instalovány do odtokové stoky pod rybníkem vždy dvě bariéry z balíků lisované slámy (sena) za účelem zadržení sedimentů. Bariéry byly postaveny ve vzdálenosti od 20–45 m (1. bariéra), resp. do 30–85 m (2. bariéra) od hráze. Výška bariér korespondovala s hloubkou stoky na daném profilu (max. 3 vrstvy balíků), resp. na některých rybnících (Podsílňický, Brdský, Vrbice, Plánava) byla budována postranní křídla z jedné vrstvy balíků. Schéma a princip instalace soustavy bariér pod rybníkem znázorňuje v řezu obr. 3, vlastní instalaci na jednom z rybníků pak ukazuje obr. 4.

K budování bariér – hrázek ve stokách byly použity malé balíky suchého sena / slámy (0,4 x 0,4 x 0,75 m) z lokálních zdrojů, jejichž hmotnost byla cca 10 kg. Tlak lisu byl při jejich výrobě nastaven na nejnižší možnou sílu tak, aby bylo možné balíky ještě upravit (svázat). Důvodem je vyšší propustnost balíků pro vodu. Balíky byly ukotveny do stok pomocí ocelových prutů propíchnutím, resp. vzdušná strana hrázky byla ještě někdy zapřena ocelovou konstrukcí (klecí).

Hrázky byly stavěny obvykle ze dvou řad balíků těsně vedle sebe tak, aby mezery mezi nimi byly vzájemně překryty. Na prvním rybníku, Jenšovském, byly bariéry postaveny jen z jedné řady balíků slámy. To se však při výšce třech vrstev balíků ukázalo jako nestabilní řešení. Na druhém rybníku – Podsílňickém jsme proto použili dvě řady balíků slámy, kterými již byla zajištěna adekvátní pevnost a stabilita hrázek. Na třetím rybníku – Novokoželském 2016, byly použity tři řady balíků. Nicméně očekávané posílení stability hrázek a zamezení jejich podtékání se nepotvrdilo. První bariéru nám dokonce vzala 2x voda a bylo ji nutné postavit znovu. Z důvodu úspory času a materiálu byly dále budovány hrázky jen ze dvou řad balíků. Toto řešení se osvědčilo jako dostačující a optimální.

Při zakládání spodní vrstvy balíku bylo potřebné využít vhodného profilu stoky, případně jeho koryto drobně upravit (lopatou, krumpáčem) dle velikosti a potřeb umístěných balíku s cílem co nejlepšího napojení balíků sena na profil koryta stoky.





Obrázek 3. Schéma způsobu zpomalení toku vody v bariérách, zadržení vody a sedimentů při závěrečné fázi vypouštění a při vlastním výlovu rybníka



Obrázek 4. Instalace bariér pod rybníkem Brdský

V průběhu řešení projektu a sledování funkčnosti hrázek se ukázalo, jako problém, podtékání hrázek vodou pod jejich základem. Hrázky byly obecně budovány na měkkém dně stoky. Zvýšený tlak vzduché vody je poměrně rychle probral. Díky tomu obvykle nedocházelo k přelítí vrcholu hrázek. Voda unikala ze vzdučí spodem a po stranách, případně mezerami mezi balíky. Tato skutečnost snižovala objem vzduché vody a tím i čas jejího zdržení, tedy efektivitu sedimentace. To se projevovalo na horších výsledcích sedimentace a následného zlepšování kvality vody, zejména ve fázi „po výlovu“, resp. vždy, kdy teklo stokou z různých důvodů málo vody. Omezení tohoto problému bylo řešeno po konzultaci s kolegy z ČVUT v Praze. Navrženo bylo vystlání prostoru před bariérou geotextilní látkou, která bude průnik vody u návodní paty hráčky tlumit a prostorově rozptylovat. S ohledem na požadavek biodegradability všech použitých materiálů z důvodu kompostování, byla vybrána a použita jutová tkanina: přírodní juta 365 g/m² o šířce 160 cm (http://eshop.romak.cz/product/prirodni-jutova-tkanina/jutovina-metraz/prirodni-juta-365g_m2-sire-160cm/699). Touto látkou byla ve dvou pruzích vzájemně překrytých vystlána návodní strana hráze, jakož i dno před hrázkou do vzdálenosti 2–3 m. Jutová tkanina byla fixována do hráčky a břehů stoky pomocí železných trnů. U návodní paty hráze a na začátku byla zatížena jutovými pytli naplněnými do ¼ sedimenty odebranými ve výtopě rybníka (obr. 5). Tato technika byla úspěšně použita na rybnících Pláňavy a Novokoželský 2017.



Obrázek 5. Bariéra z balíků slámy vystlaná jutovou tkaninou na rybníku Pláňavy

Bariéry sloužily ke vzduť vodní hladiny ve stoce a k zajištění zdržení odtékající vody. To podpořilo proces sedimentace nerozpuštěných látek. V době instalace bariér byla již převážná část objemu vody z rybníků vypuštěna jako neznečištěná.

Odstraňování hrázek

Po výlovu rybníků byly ponechány hráčky na místě, do doby než je bylo možné odstranit. Z provozních důvodů, jakož i s ohledem na únosnost terénu bylo přistoupeno k odstranění hrázek u rybníků lovených na podzim 2016 a jaře 2017 až v létě 2017. Díky déletrvajícimu suchu byly stoky pod rybníkem dobře přístupné pro těžkou kolovou mechanizaci. Rybníky lovené na podzim 2017 byly vyčištěny hned po výlovu, resp. na konci listopadu 2017.

Při čištění stok pod rybníkem byla využita tato technika: bagr TATRA 815 UDS, nákladní vozy TATRA 148 (2x) a PRAGA V3S, miny-rypadlo TAKEUCHI, krácející kolové rypadlo SCHAEFF 41. Technika byla volena s ohledem na místní podmínky jednotlivých rybníků.

3.6 Výpočet objemu hrázek, průtoku vody a bilance živin

Výpočet objemu hrázek

Po vybudování hrázek byl v terénu pořízen orientační náčrt lokality a pomocí pásma změřeny jednotlivé vzdálenosti a rozměry klíčových prvků pro výpočet objemu vzduť vody (délka vzduť, šířka a hloubka stoky). Z těchto podkladů byl následně vypočítán teoretický objem akumulované vody (V_b) nad první a druhou bariérou v krychlových metrech. Skutečný objem akumulované vody se však v čase mohl lišit. Při špičkovém vypouštění vody doházelo



ke zvyšování vodní hladiny a tím i objemu zadržené vody. Naopak při přistavení rybníka, resp. v závěru výlovu (loviště bez vody) docházelo k poklesu průtoku vody stokou. Následně díky netěsnosti barier u dna přicházela pokles výšky vodní hladiny a tím i objem akumulované vody.

Výpočet průtoku vody, objemu barier a doby zdržení

Průtok vody barierami byl sledován od doby instalace barier do ukončení výlovu ryb, resp. vypuštění vody z loviště. S ohledem na velkou dynamiku průtoku vody při strojení rybníků a technické možnosti byl objem protečené vody barierami (m^3) vypočítán z měření rozdílů plochy vody v lovišti mezi jednotlivými fázemi vypouštění či výlovu a výškou poklesu vodní hladiny podle vzorce:

$$V = \frac{S_z + S_k}{2} \times h$$

V – objem odečtené vody (m^3)
 S_z – plocha vody v lovišti na začátku sledování (m^2)
 S_k – plocha vody v lovišti na konci sledování (m^2)
 h – výška poklesu vodní hladiny mezi S_z a S_k (m).

Za každou sledovanou fázi výlovu byl následně spočítán průměrný průtok vody ($m^3 \cdot \text{min}^{-1}$) za čas podle vzorce:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q – průměrný průtok vody ($m^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
 V – objem odečtené vody (m^3)
 t – čas (min.)

S ohledem na potřebu přistrojení rybníka na požadovaný čas docházelo podle potřeby strojiče a probíhajícího výlovu ke změnám průtoku vody.

Teoretická doba zdržení vody v barierách byla vypočtena z celkového teoretického objemu obou barier a průměrného průtoku vody za danou fázi výlovu podle vzorce:

$$T = \frac{V_b}{Q}$$

T – teoretická doba zdržení (min.)
 V_b – teoretický objem akumulované vody nad barierami (m^3)
 Q – průměrný průtok vody ($m^3 \cdot \text{min}^{-1}$)

Skutečná doba zdržení vody však byla určována aktuální výškou vody v barierách, resp. aktuálním objemem akumulované vody. Ten byl negativně ovlivňován netěsností barier a velikostí průtoku vody. Při nízkých průtocích vody docházelo u většiny rybníků k výraznějšímu poklesu reálného objemu akumulované vody a prodloužení doby zdržení ve srovnání s teoretickými hodnotami.

Výpočet zdržení živin

Množství protékající živiny bylo stanoveno výpočtem zvlášť za profil A (pod rybníkem) a profil B (pod 2 barierou). Vlastní množství zachycené / uvolněné živiny v kg bylo vypočteno z objemu proteklé vody a koncentraci konkrétní živiny v dané fázi strojení resp. výlovu rybníka. Z rozdílů obou hodnot byla vypočtena retence živiny v kg, která byla následně vztažena k jeho množství na profilu A v %. Bilance jednotlivých živin byly počítány za jednotlivé fáze výlovu samostatně. Tyto dílčí hodnoty byly následně sečteny za sledované časové období.



$$Zž (\text{zadrž živiny}) = \sum/A (V \text{ vody} \times g \text{ látek}/\text{m}^3) - B (V \text{ vody} \times g \text{ látek}/\text{m}^3)/$$

V - objem proteklé vody v m³ za určitou fázi výlovu

∑ - součet zadržených látek za jednotlivé fáze výlovu

Výpočet objemu zachyceného sedimentu

Objem zachyceného sedimentu byl vypočten na základě měření mocnosti sedimentu uloženého ve stoce a plochy stoky. Nad každou barierou bylo provedeno několik vpichů, resp. vyhloubeno sond, pomocí kterých bylo možno poznat výšku čerstvého sedimentu v celém podélném profilu vzduť. Měření objemu sedimentu probíhalo před jeho odstraněním.

3.7 Zpracování dat

Veškerá data byla zpracována v programu Excel, MS Windows. Vypočtena byla průměrná hodnota a směrodatná odchylka (SD). Dále byl mezi hodnotami pod rybníkem a pod barierami počítán jejich rozdíl v %. Následně byl kumulativně za daný rybník, resp. fázi výlovu vypočítán průměr rozdílů látek a jejich směrodatná odchylka.

Statistické zpracování všech dat (s výjimkou základních fyzikálně chemických parametrů vody) proběhlo prostřednictvím programu „R“ pomocí Wilcoxonova testu (neparametrický test) na hladině významnosti $p < 0,05$. Porovnávání proběhlo u jednotlivých rybníků samostatně a společně, jakož i pro jednotlivé fáze výlovu. Zjištěný statistický rozdíl mezi hodnotami je označen pomocí písmen „a, b“ v horním indexu na pravé straně čísla. Pokud rozdíl mezi hodnotami nebyl prokázán, písmena nejsou uvedena.



4 Výsledky

4.1 Jenšovský 2016

Budování hrázek a doba zdržení

Na rybníku Jenšovský byla první bariéra postavena 35 m pod hrází, resp. 30 m pod vývařištem. Druhá hrázka byla postavena o dalších 20 m níže, tedy 55 m pod hrází rybníka. Objem první bariéry byl 21 m³ a druhé bariéry 8,8 m³. Celkový teoretický objem vzduté vody byl tedy 29,8 m³. Teoretická doba zdržení byla v první fázi strojení (noc před výlovem) poměrně krátká a to 5–10 min. Důvodem byl vysoký průtok vody při prázdění rybníku (až 5,4 m³.min.⁻¹). V dalších fázích výlovu však došlo k jejímu prodloužení na 20–55 min. Na tomto rybníku byly hrázky postaveny z jedné řady balíků slámy. K podpoře stability byla použita ocelová klec.

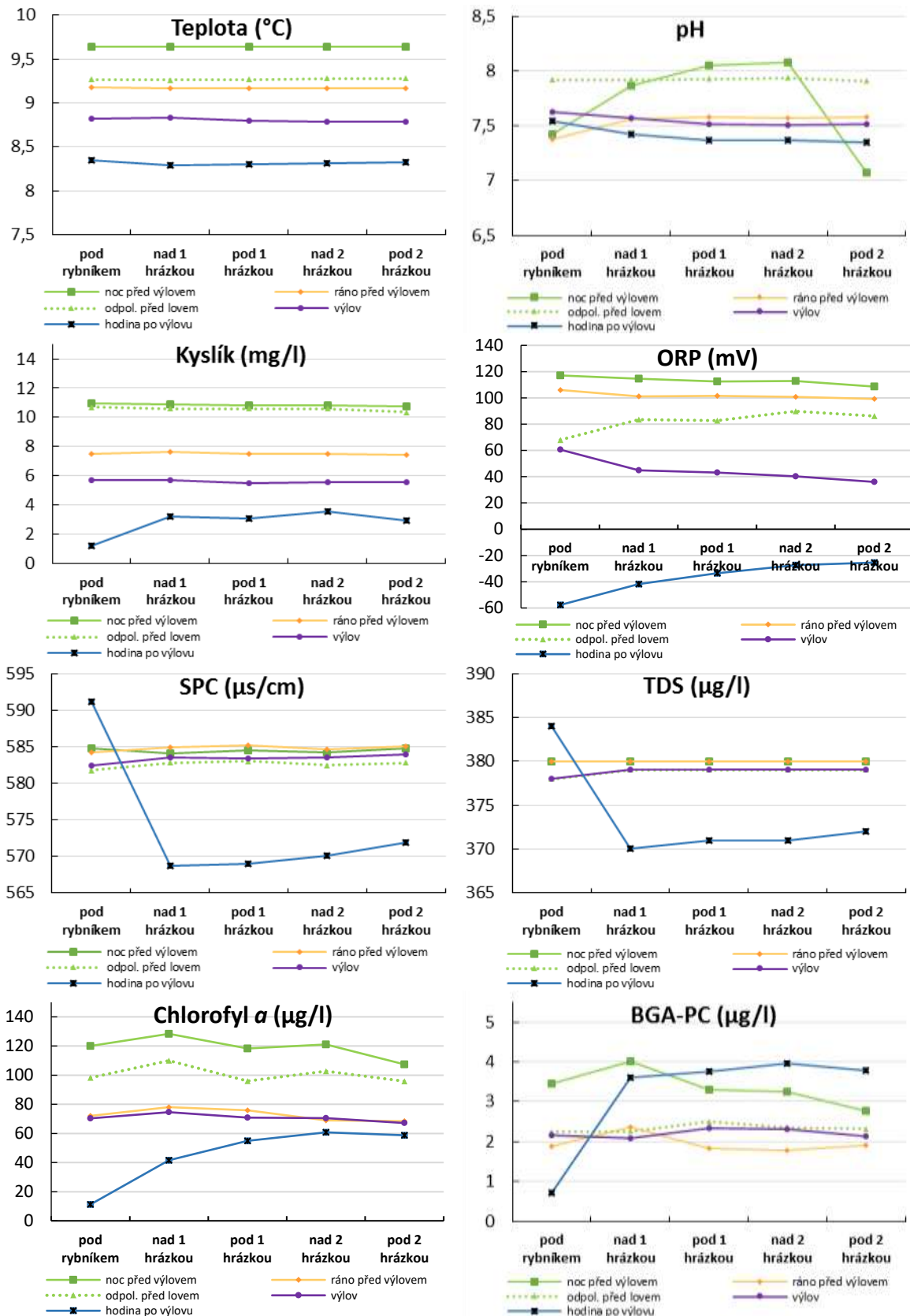
Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody protékající barierami uvádí tabulka č. 2. podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 6. Teplota vody byla poměrně vysoká, kolem 9 °C z důvodu relativně teplého počasí a v průběhu strojení a výlovu vykazovala klesající tendenci (noční ochlazení, ranní minima). Hodnota pH byla průtokem přes bariéry mírně klesající, i když ráno před výlovem došlo naopak průtokem vody barierami k jejímu mírnému zvýšení. Průtok vody barierami ovlivňoval obsah kyslíku, přičemž nejvýrazněji tomu bylo ve fázi „hodinu po výlovu“. Nicméně celkový obsah kyslíku ve vodě v průběhu strojení a výlovu výrazně klesal až na hodnotu 1–2 mg.l⁻¹. V podobném trendu byla zjištěna rovněž dynamika ORP. Její úroveň v čase výrazně klesala, přičemž po výlovu dosahovala výraznějších záporných hodnot. V průměru však docházelo průchodem vody barierami k určitému poklesu hodnot ORP, s výjimkou posledního měření po výlovu. Stejně trendy vykazovaly rovněž analýzy SPC a TDS, které rovněž průchodem barier mírně klesaly, nicméně k výraznějšímu poklesu jejich hodnoty pod barierami došlo až u vzorku „hodinu po výlovu“. Z obrázku č. 6 je patrné, že průchodem vody barierami docházelo ve většině měření k mírnému zvýšení hodnot Chlorofylu *a* a BGA-PC. Určitou výjimku pak představuje poslední měření – hodinu po výlovu, kde jejich hodnota naopak vzrostla.

Na rybníku Jenšovský je možné ukázat na určitou změnu kvality vody při vypouštění rybníka v čase „odpoledne před výlovem“ a „noc před výlovem“. I když se situace v rybníce nikterak zásadně nezměnila, na obrázku 6 je možné u obou časů vidět určité odlišnosti (viz. zelené křivky).

Tabulka 2. Základní fyzikálně chemické parametry vody na rybníku Jenšovský (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	4	9,00±0,47	8,98±0,49	8,98±0,49	8,98±0,49	8,98±0,49	8,98±0,49
SPC (μS.cm ⁻¹)	4	585,68±3,30	580,35±6,74	580,53±6,68	580,68±6,12	581,43±5,52	581,73±4,39
TDS (μg.l ⁻¹)	4	380,50±2,18	377,25±4,21	377,50±3,77	377,50±3,77	377,75±3,34	378,10±2,64
Salinita (ppt.)	4	0,29±0,00	0,28±0,00	0,28±0,01	0,28±0,01	0,29±0,00	0,28±0,01
Kyslík (mg.l ⁻¹)	4	6,34±3,50	6,84±2,82	6,73±2,84	6,85±2,68	6,68±2,84	6,69±2,93
Kyslík (%)	4	55,33±30,91	59,68±25,11	57,80±25,18	59,65±23,87	58,18±25,30	58,13±26,00
pH	4	7,49±0,10	7,61±0,16	7,63±0,25	7,63±0,27	7,38±0,20	7,55±0,10
ORP (mV)	4	56,50±69,25	54,70±61,54	55,93±58,02	56,63±55,75	54,60±53,97	55,67±59,49
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	4	68,46±38,59	80,64±31,00	79,98±23,45	80,30±23,83	75,43±18,81	76,96±26,56
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	4	2,06±0,97	3,02±0,81	2,81±0,76	2,82±0,84	2,65±0,73	2,67±0,60



Obrázek 6. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Jenšovský



Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulky č. 3 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně mění. V čase dochází k několika násobnému zhoršování kvality vody ve všech sledovaných parametrech s výjimkou $P_{\text{rozp.}}$, který se měnil minimálně. Noc před výlovem byla voda poměrně čistá, neboť zatížení vody dosahovalo řádově desítky mg na litr NL_{105} , NL_{550} a TOC, resp. jednotky $2,6 \text{ mg.l}^{-1}$ TN a $0,29 \text{ mg.l}^{-1}$ TP. To je, z největší pravděpodobnosti, dáno velkým zůstatkovým objemem vody v rybníce a přes poměrně vysokou teplotu vody ($9,64 \text{ }^\circ\text{C}$), která mohla naopak zvyšovat pohybovou aktivitu ryb, celkově velmi malou biomasou ryb (84 kg.ha^{-1}) i jejich kusovou hmotností (K_1). Obsádka neměla sílu vodu podkalit. Ráno před výlovem, kdy byl rybník vypouštěn opět velmi intenzivně, vzrostl obsah NL_{105} , NL_{550} již na úroveň 500 a 410 mg.l^{-1} . Takřka dvojnásobných hodnot dosáhl TOC a TN. Obsah TP se však zvýšil takřka 5 kát. Účinnost zachycení živiny bariery byla v těchto dvou fázích poněkud nižší, zejména z důvodu jejich obecně nízké koncentrace a krátké době zdržení (vysoká intenzita vypouštění). Pro TOC a TN dosahovala jednotky procent, zatímco pro NL_{105} , NL_{550} již nižší desítky procent. Rozkolísané však bylo zdržení fosforu, jak celkového, tak i rozpuštěného.

Samotný výlov, který byl poměrně krátký z důvodu malé biomasy obsádky, zaznamenal velmi výrazný nárůst všech hodnot. Ve srovnání s ránem, došlo k dalšímu, takřka desetinasobnému zvýšení koncentrací. NL_{105} dosahovaly 4 400 a žíhané 3 700 mg.l^{-1} , TOC 250 mg.l^{-1} a TN 39 mg.l^{-1} . Celkový fosfor se však zvýšil až dvacetinasobně na 28 mg.l^{-1} . Naproti tomu $P_{\text{rozp.}}$ poněkud poklesl. Tyto skutečnosti lze vysvětlit intenzivním odtokem vody z prostoru loviště, jakož i pohybem osob v lovišti. S ohledem na množství ryb byl rybník loven ručně na kesery. V této fázi sledování bylo docíleno výrazného zdržení prakticky všech sledovaných živin na úrovni přes 80 % s výjimkou $P_{\text{rozp.}}$, kde byla retence jen 22%.

Zajímavá je však skutečnost, že nejvyšších hodnot, prakticky u všech sledovaných parametrů, bylo naměřeno ve fázi „hodina po výlovu“. Tento fakt je dán pravděpodobně tím, že byl rybník již zcela bez vody a voda odtékající po povrchu bahna působila erozivně. Zároveň však nedocházelo k prakticky žádné sedimentaci částic, jak tomu bylo alespoň z části např. při výlovu. V této fázi sledování byl zjištěn výrazný pokles účinnosti zachycení živin ve srovnání s vlastním výlovem. Obecně dosahovala retence desítek procent. I přes rostoucí koncentraci živin ve vodě došlo k poklesu jejich zachycení z důvodu poklesů průtoku vody. Přes bariery totiž tekla zbytková voda z prázdného rybníka, která nedokázala doplňovat v plné míře vodu unikající pod bariery. Z tohoto důvodu výrazně poklesl objem akumulované vody v obou bariérách. To vedlo ke zkrácení doby zdržení a času na vlastní sedimentaci.

Bilance živiny

Na základě objemu protečené vody a koncentrace živin byly spočteny bilance, které přehledně uvádí obrázek 7. Bariery zachytily kolem 60 % nerozpuštěných látek a 75,8 % TP. Poněkud nižší byla jejich účinnost pro TOC a TN (46,6 a 43,4 %). Zcela minimální však byla zjištěna retence pro rozpuštěné formy fosforu, resp. vápníku (8,9 %, resp. 5,7 %).

Zkušenosti a postřehy

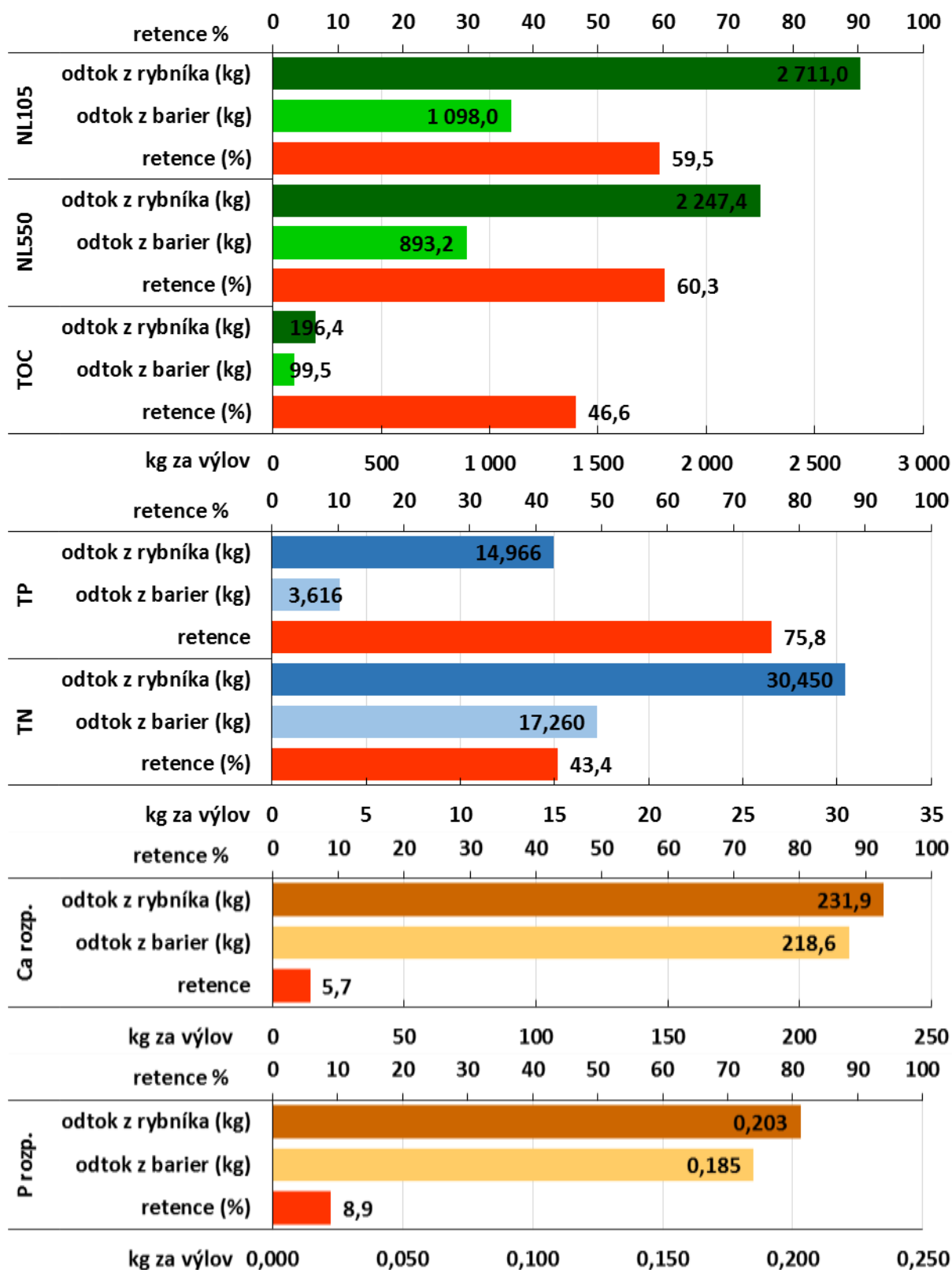
Nečekaným překvapením při sledování na tomto prvním rybníce byla schopnost bariery zachytit z rybníku unikající drobné bílé ryby (střevlička východní). Ta se v rybníce hojně rozmnožila a unikala společně s vodou v závěru výlovu. Díky nízké koncentraci kyslíku ($1,2 \text{ mg.l}^{-1}$) se zdržovala u hladiny a „troubila“. Bariery je proto snadno zadržely, jelikož voda z nich unikala netěsnostmi u dna.



S ohledem na první zkušenost s výstavbou a provozem hrázek z balíků slámy pod rybníkem je možné konstatovat, že jednořadé bariery nejsou vhodné pro stoky s potencionálně větší hloubkou vzduté vody (nad 1 m). U vysokých hrází (nad 4 řady balíků) se zvyšuje riziko protržení bariery. Jako problematické se ukázalo podtékání barier.

Tabulka 3. Laboratorní výsledky kvality vody z rybníka Jenšovský

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	39	31	-20,51
	ráno před výlovem	500	420	-16,00
	těsně před výlovem			
	výlov	4 400	620	-85,91
	hodina po výlovu	4 700	3 500	-25,53
	průměr±SD	2 409,75±2 149,07	1 142,75±1 377,34	-52,58±28,44
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	23	14	-39,13
	ráno před výlovem	410	350	-14,63
	těsně před výlovem			
	výlov	3 700	520	-85,95
	hodina po výlovu	4 000	2 900	-27,50
	průměr±SD	2 033,25±1 824,98	946,00±1 142,74	-53,47±26,92
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	19	18	-5,26
	ráno před výlovem	27	26	-3,70
	těsně před výlovem			
	výlov	250	33	-86,80
	hodina po výlovu	300	260	-13,33
	průměr±SD	149,00±127,27	84,25±101,61	-43,46±34,56
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	2,6	2,5	-3,85
	ráno před výlovem	5,6	5,3	-5,36
	těsně před výlovem			
	výlov	39	7	-82,05
	hodina po výlovu	47	36	-23,40
	průměr±SD	23,55±19,68	12,70±13,55	-46,07±31,77
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,29	0,29	0,00
	ráno před výlovem	1,4	1	-28,57
	těsně před výlovem			
	výlov	28	1,6	-94,29
	hodina po výlovu	36	19	-47,22
	průměr±SD	16,42±15,84	5,47±7,82	-66,68±34,29
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,04	0,04	0,00
	ráno před výlovem	0,069	0,06	-13,04
	těsně před výlovem			
	výlov	0,05	0,039	-22,00
	hodina po výlovu	0,042	0,042	0,00
	průměr±SD	0,05±0,01	0,05±0,01	-9,95±9,32



Obrázek 7. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Jenšovský



4.2 Podsilničný 2016

Budování hrázek a doba zdržení

Na rybníku Podsilniční byla situace s budováním hrázek poněkud složitější. Z vývařiště byla odtékající voda vedena cca 25 m potrubím do otevřeného koryta stoky. Dalších zhruba 25 m tekla voda dlážděným korytem s vyšším spádem, kde nedocházelo ke vzdouvání vody. První bariéra byla postavena 75 m pod hrází, resp. 50 m pod vyústěním potrubí z vývařiště. Druhá hrázka byla postavena o dalších 30 m níže, tedy 105 m pod hrází rybníka. Objem první bariéry byl 19,3 m³ a druhé bariéry 14,7 m³. Celkový teoretický objem vzduché vody byl tedy 34,0 m³. Teoretická doba zdržení byla v první fázi strojení (noc před výlovem) poměrně dlouhá 55 min. Důvodem byl malý průtok vody při prázdnění rybníku (jen 0,61 m³.min.⁻¹). V dalších fázích výlovu však došlo k jejímu zkrácení na 36 až 20 min. Důvodem byla skutečnost, že se jednalo o menší rybník, který byl vypouštěn přes noc s menší intenzitou, protože jeho výlov byl v plánu další den, až před polednem. Strojčič proto manipuloval s vodou nejprve pozvolna a její odtok uspíšil až po upřesnění času zahájení vlastního výlovu. Na tomto rybníku byly hrázky postaveny ze dvou řad balíků slámy za sebou. U dolní hrázky byla zřízená postranní křídla.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku vody barierami uvádí tabulka č. 4. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 8. Teplota vody byla již poměrně nízká, v průměru kolem 3 °C a přes noc klesala ke 2 °C. Hodnota pH byla průtokem přes bariéry v obecné rovině mírně zvyšována, i když ve fázi hodinu po výlovu došlo naopak průtokem vody barierami k jejímu mírnému snížení. Průtok vody barierami rovněž zvyšoval obsah kyslíku, přičemž nejvýrazněji tomu bylo v průběhu výlovu. Nicméně celkový obsah kyslíku ve vodě v průběhu strojení a výlovu výrazně klesal až na nulovou hodnotu ve fázi hodinu po výlovu. V podobném trendu byla zjištěna rovněž dynamika ORP. Její úroveň během sledování výrazně klesala, přičemž po výlovu dosahovala výraznějších záporných hodnot. V průměru však docházelo průchodem vody barierami k jejímu zvyšování. Celkově bez větších změn ovlivňoval průtok vody hodnoty SPC a TDS. Docházelo však k mírnému zvýšení hodnot Chlorofylu *a* a BGA-PC.

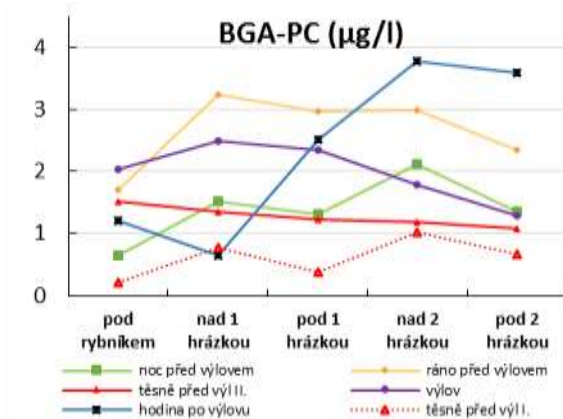
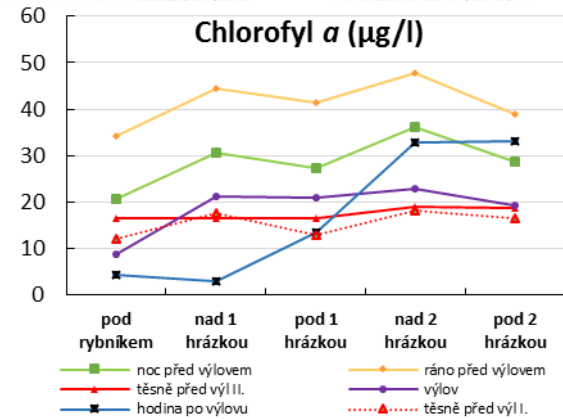
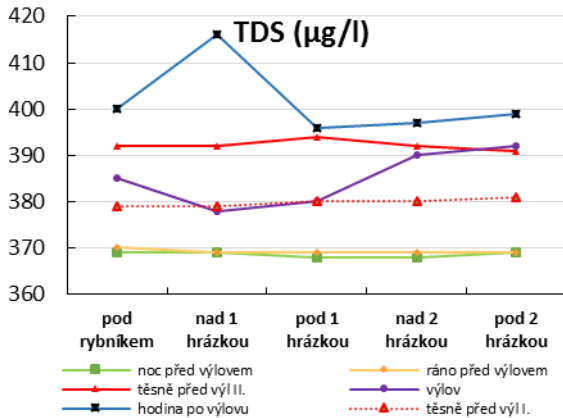
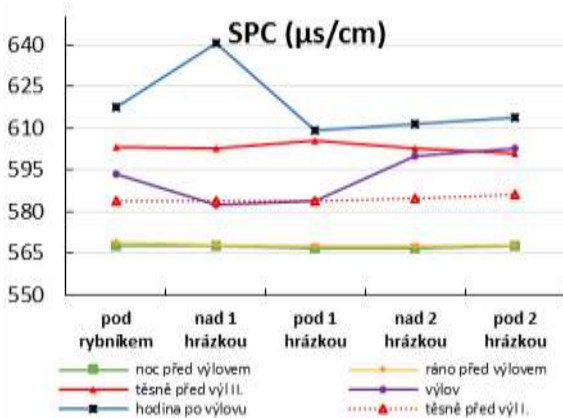
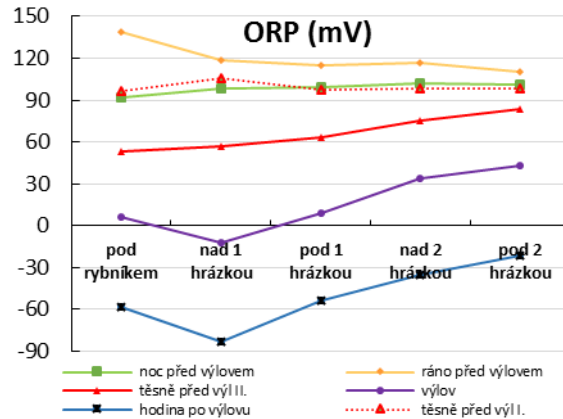
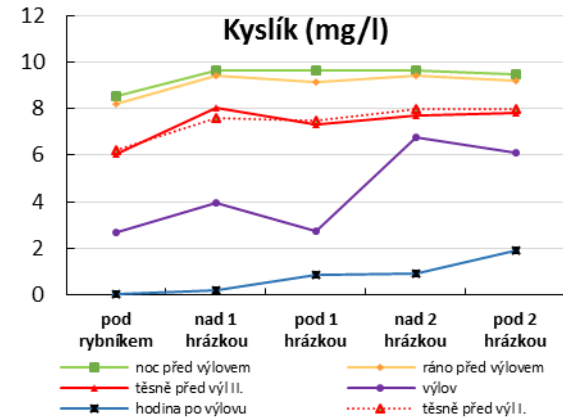
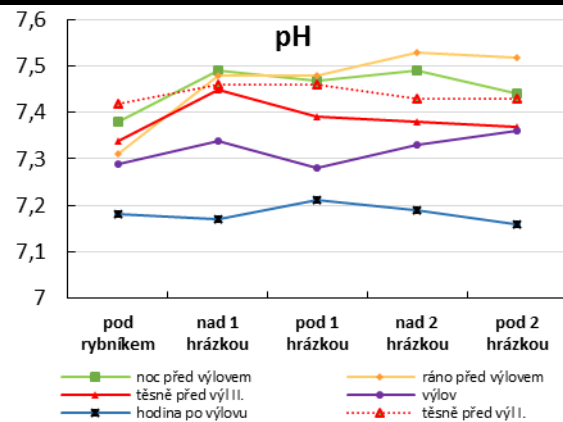
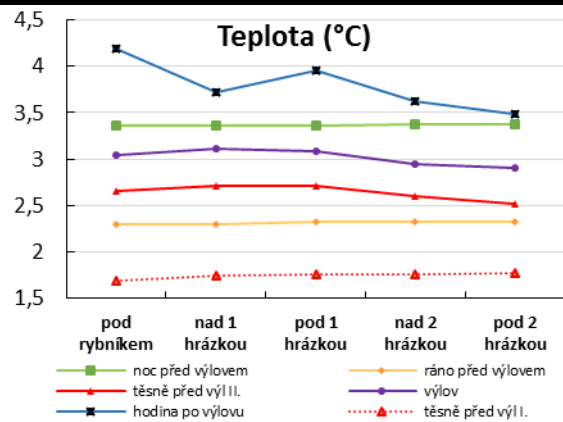
Na rybníku Podsilniční je možné ukázat na určitou změnu kvality vody při vypouštění rybníka v čase „těsně před výlovem I“ – pomalejší vypouštění z důvodu opoždění příjezdu lovců a „těsně před výlovem II“ – intenzivnější vypouštění po příjezdu lovců. I když se situace v rybníce nikterak zásadně nezměnila, na obrázku 8 je možné u obou časů vidět určité odlišnosti (viz. červené křivky).

Tabulka 4. Základní fyzikálně chemické parametry vody na rybníku Podsilničný (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	5	3,11±0,65	3,04±0,50	3,09±0,56	2,97±0,48	2,92±0,46	3,03±0,52
SPC (μS.cm ⁻¹)	5	343,78±17,41	343,88±19,45	341,36±14,33	341,62±13,61	341,50±13,27	342,43±15,38
TDS (μg.l ⁻¹)	5	590,18±19,37	592,22±27,34	586,66±18,08	589,66±18,76	590,62±19,10	589,87±19,90
Salinita (ppt.)	5	0,28±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01	0,28±0,01
Kyslík (mg.l ⁻¹)	5	5,10±3,30	6,25±3,67	5,95±3,54	6,90±3,19	6,91±2,77	6,22±3,25
Kyslík (%)	5	38,28±24,62	44,34±25,77	44,78±25,74	52,24±22,73	53,86±20,51	46,70±23,26
pH	5	7,30±0,07	7,39±0,12	7,37±0,11	7,38±0,12	7,37±0,12	7,36±0,10
ORP (mV)	5	46,28±68,40	35,76±74,54	46,70±62,22	58,42±54,89	63,40±48,17	50,11±61,36



Chlor. a ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	5	16,86 \pm 10,41	23,13 \pm 13,96	23,88 \pm 9,90	31,69 \pm 10,17	27,69 \pm 7,88	24,65 \pm 9,38
BGA-PC ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	5	1,42 \pm 0,47	1,85 \pm 0,91	2,07 \pm 0,69	2,37 \pm 0,91	1,94 \pm 0,94	1,93 \pm 0,54





Obrázek 8. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Podsilniční

Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulky č. 5 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. V čase docházelo k několikanásobnému zhoršování kvality vody všech sledovaných parametrů. Noc před výlovem byla voda poměrně čistá, neboť zatížení vody dosahovalo sotva desítky mg na litr NL_{105} , NL_{550} a TOC, resp. jednotky $2,5 \text{ mg.l}^{-1}$ TN a $0,28 \text{ mg.l}^{-1}$ TP. To bylo s největší pravděpodobností dáno především aktuálním objemem vody v rybníce. Jedná se o malý rybník (1,80 ha), který byl z důvodu bezpečnosti ryb ponechán přes noc spíše „na větší vodě“. Nápomocná byla rovněž teplota vody na úrovni $3,3 \text{ }^\circ\text{C}$, která obsádku K_2 o biomase 667 kg.ha^{-1} udržovala v klidu. Ráno před výlovem, kdy teplota vody klesla, byl rybník vypouštěn opět intenzivněji, obsah NL_{105} a NL_{550} překvapivě ještě poněkud poklesl na 36 a 25 mg.l^{-1} . Hodnoty TOC a TP zůstaly na stejné úrovni, zatímco TN se mírně zvýšil na $2,8 \text{ mg.l}^{-1}$, podobně jako $P_{\text{rozp.}}$. Účinnost zachycení živin barierami byla v těchto dvou fázích poněkud nižší, pravděpodobně z důvodu jejich obecně nízké koncentrace a malého průtoku vody, který nedokázal plně nahrazovat ztrátu vody protékající pod barierami. Díky tomu byl skutečný objem barier poněkud menší ve srovnání s dalšími fázemi. Záchyt TOC a TN dosahoval kolem deseti procent, zatímco NL_{105} , NL_{550} byl nižší než desítky procent. Naproti tomu retence fosforu byla negativní, tedy průtokem vody barierami došlo ke zvýšení koncentrace jak $P_{\text{rozp.}}$, tak i TP.

Ve fázi těsně před výlovem, kdy byl rybník intenzivně vypouštěn (neklid v okolí loviště a kádíště, stavění nádobí), došlo k vysokému zvýšení obsahu NL_{105} a NL_{550} na $1\ 300$ a $1\ 100 \text{ mg.l}^{-1}$, přičemž se zvýšila i retence na takřka na 74 %. Naproti tomu koncentrace TOC a TN se zvýšila jen přibližně trojnásobně, zatímco u TP takřka sedminásobně. Jejich retence však byla rovněž ve srovnání s předchozími fázemi výrazně vyšší (TOC 44 %, TN 33 % a TP 63 %). Množství $P_{\text{rozp.}}$ paradoxně pokleslo společně s negativní retencí (-16,36 %).

Samotný výlov, který byl poměrně krátký s ohledem na velikost rybníka a celkové množství ryb, vedl k dalšímu nárůstu všech hodnot. Nerozpuštěné látky sušené dosahovaly $4\ 600$ a žíhané $4\ 000 \text{ mg.l}^{-1}$, TOC 160 mg.l^{-1} a TN 20 mg.l^{-1} . Celkový fosfor se zvýšil víc než desetinásobně na 20 mg.l^{-1} . Naproti tomu $P_{\text{rozp.}}$ opět poněkud poklesl. Tyto skutečnosti lze vysvětlit intenzivním odtokem vody, větší biomasou těžších ryb, jakož i pohybem osob v lovišti. V této fázi sledování bylo docíleno výrazného zadržení prakticky všech sledovaných živin na úrovni přes 88 % u nerozpuštěných látek, kolem 70 % pro TOC a TN, resp. až přes 95 % TP. Koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ opět poněkud poklesla a její retence vykazovala negativní úroveň - 5,77 %.

Ve fázi „hodina po výlovu“ byl zaznamenán již pokles koncentrace nerozpuštěných látek sušených i žíhaných prakticky na poloviční úroveň, v porovnání času výlovu. K poklesu na 36 % došlo i u jejich retence. Koncentrace TOC, TN a TP však opět mírně vzrostla. Jejich retence se však udržela na poměrně vysoké úrovni 57 %, 50 % a 92 %. Koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ však dosáhla svého maxima $0,33 \text{ mg.l}^{-1}$. I přes stále vysokou koncentraci živin ve vodě, došlo k poklesu úrovně jejich zachycení z důvodu ztráty objemu akumulované vody v barierách. Přes bariery totiž tekla zbytková voda z prázdného rybníka, která nedokázala doplňovat v plné míře vodu unikající pod barierami. Z tohoto důvodu výrazně poklesl objem akumulované vody v obou barierách. To vedlo ke zkrácení doby zdržení a času na vlastní sedimentaci. Ve srovnání s ostatními rybníky napomáhal vyššímu zadržení živin v závěru lovení pravděpodobně bujný rostlinný kryt nacházející se ve výtopě druhé bariery.

Bilance živiny



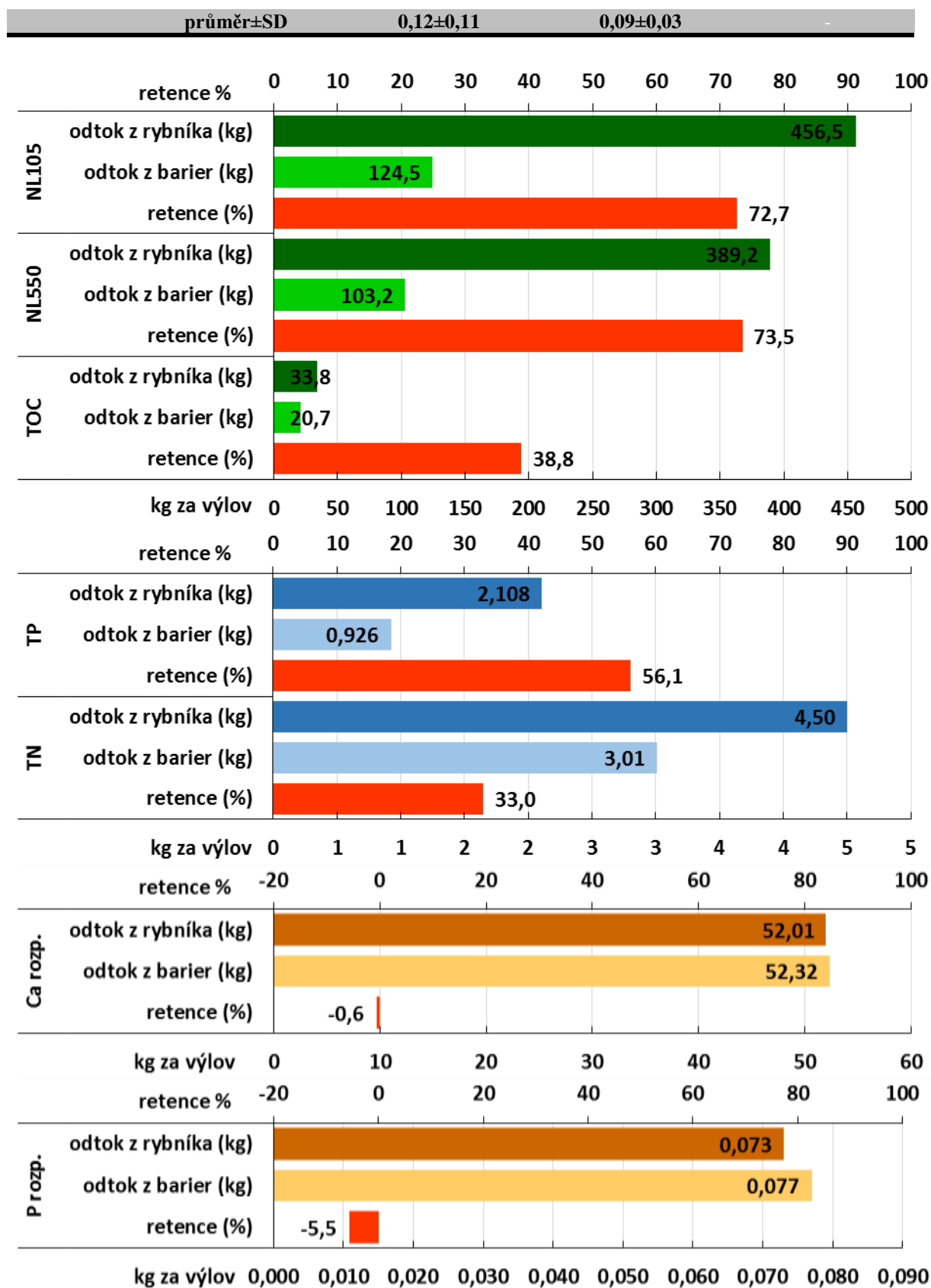
Na základě objemu proteklé vody a koncentrace živin byly spočteny bilance, které přehledně uvádí obrázek 9. Bariery zachytily kolem 73 % nerozpuštěných látek a 56 % TP. Poněkud nižší byla jejich účinnost pro TOC a TN (38,8 a 33,0 %). Záporná retence, tedy naopak uvolnění živin, byla zjištěna pro rozpuštěné formy fosforu, resp. vápníku (-5,5 %, resp. -0,6 %).

Zkušební a postřehy

Dolní bariéra byla ve své výtopě poměrně výrazně zarostlá zbytky bylinné vegetace, která účinně zpomalovala odtok vody a podporovala zachytávání živin. Z tohoto důvodu se jeví jako pozitivní nelikvidovat vegetační kryt v prostoru budoucích bariér. Bariéry postavené ze dvou řad balíků slámy, se vzájemným překryvem spoju, se ukázaly jako dobře stabilní. Při zvýšení intenzity vypouštění rybníků je možné vybudováním postranních bočních křídel (jedna řada balíků) efektivně zvýšit akumulovaný objem vody nad bariérami.

Tabulka 5. Laboratorní výsledky kvality vody Podsilniční

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	19	17	-10,53
	ráno před výlovem	19	19	0,00
	těsně před výlovem	64	36	-43,75
	výlov	160	43	-73,13
	hodina po výlovu	200	85	-57,50
	průměr±SD	92,40±74,47	40,00±24,58	-56,71±27,72
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	46	34	-26,09
	ráno před výlovem	36	24	-33,33
	těsně před výlovem	1 300	340	-73,85
	výlov	4 600	530	-88,48
	hodina po výlovu	2 200	1 400	-36,36
	průměr±SD	1 636,40±1 691,41^a	465,60±504,84^b	-71,55±24,79
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	34	24	-29,41
	ráno před výlovem	25	15	-40,00
	těsně před výlovem	1 100	290	-73,64
	výlov	4 000	460	-88,50
	hodina po výlovu	1 900	1 200	-36,84
	průměr±SD	1 411,80±1 473,49^a	397,80±434,80^b	-71,82±23,11
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	2,5	2,3	-8,00
	ráno před výlovem	2,8	2,8	0,00
	těsně před výlovem	8,3	5,6	-32,53
	výlov	20	6,2	-69,00
	hodina po výlovu	28	14	-50,00
	průměr±SD	12,32±10,08	6,16±4,19	-49,84±25,66
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,28	0,31	10,71
	ráno před výlovem	0,28	0,27	-3,57
	těsně před výlovem	1,90	0,70	-63,16
	výlov	20	0,90	-95,50
	hodina po výlovu	24	2	-91,67
	průměr±SD	9,29±10,47	0,84±0,63	-91,00±44,30
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,076	0,13	71,05
	ráno před výlovem	0,078	0,10	28,21
	těsně před výlovem	0,055	0,064	16,36
	výlov	0,052	0,055	5,77
	hodina po výlovu	0,330	kontaminace	-



Obrázek 9. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Podsilniční



4.3 Novokoželský 2016

Budování hrázek a doba zdržení

Na rybníku Novokoželský 2016 byla první hrázka postavena 50 m pod hrází rybníka (z toho cca 5 m prostor vývařišť). Druhá hrázka byla postavena o dalších 20 m níže, tedy 70 m pod rybníční hrází. Objem první bariery byl 26,7 m³ a druhé bariery 16,6 m³. Celkový teoretický objem vzduché vody byl tedy 43,3 m³. Teoretická doba zdržení byla v první fázi strojení (noc před výlovem) relativně krátká, jen 13–15 min. Důvodem bylo intenzivní prázdňení rybníku v průběhu noci (3,2 m³.min.⁻¹). V dalších fázích výlovu však došlo k výraznému prodloužení teoretické doby zdržení na 31 až 68 min. Na tomto rybníku byly hrázky postaveny ze tří řad balíků slámy za sebou. Důvodem byla snaha omezit podtékání barier odtékající vodou, jakož i posílení stability hráze ve stoce, která se ukázala být dosti hlubokou. První hráz byla velkým průtokem vody při testování její stability narušena a dvakrát došlo k jejímu prolomení. Teprve až stavba třetí hráze bezpečně vydržela.

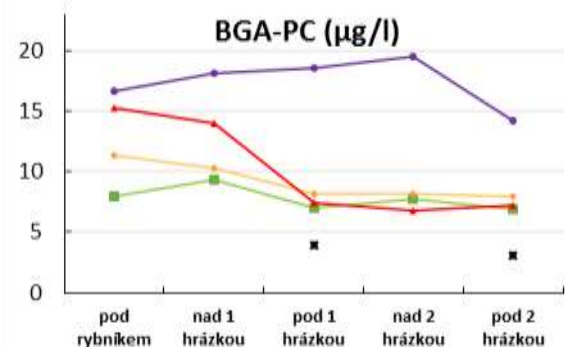
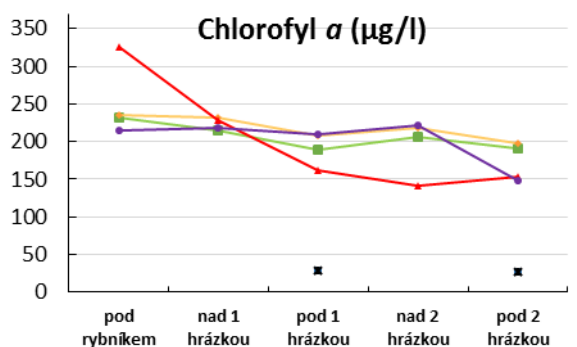
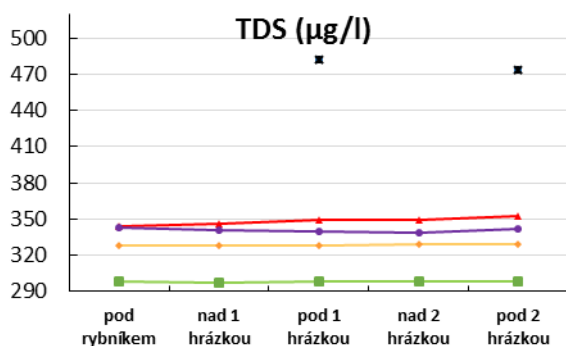
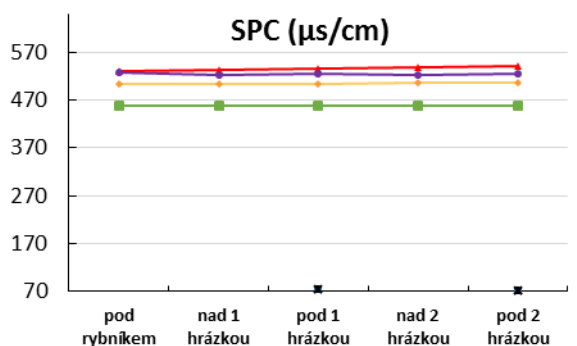
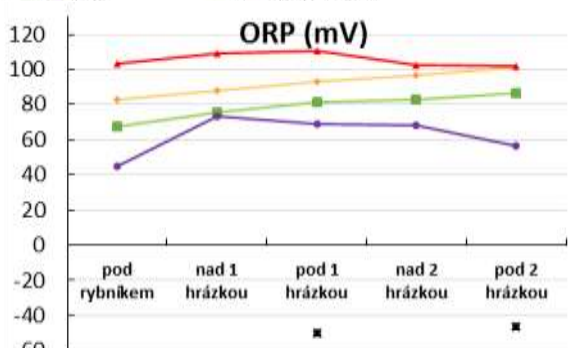
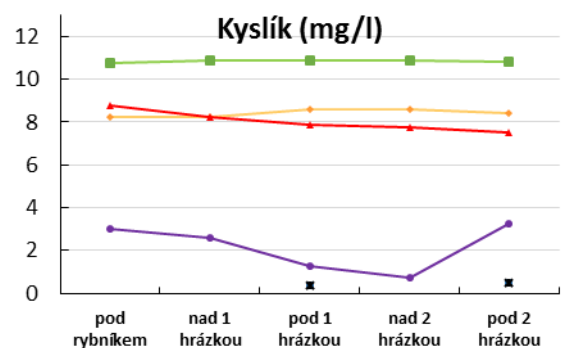
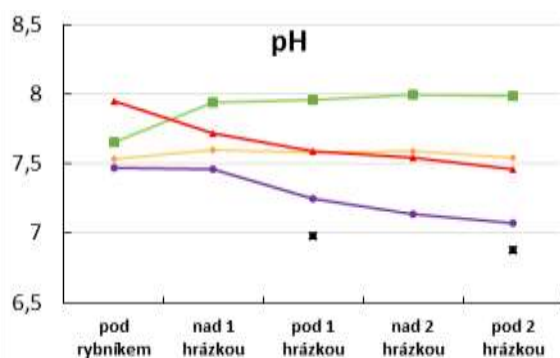
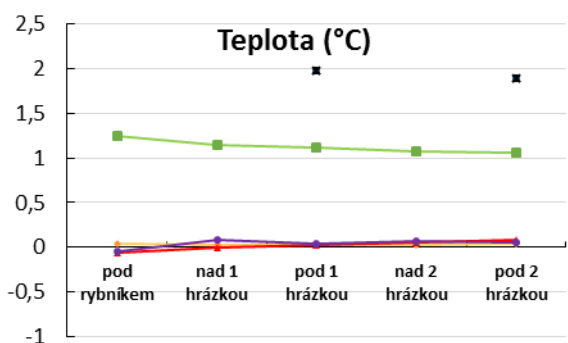
Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku vody barierami uvádí tabulka č. 6. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 10. S ohledem na skutečnost, že ve fázi hodinu po výlovu odtékalo z rybníka prakticky tekuté bahno, bylo možné změřit kvalitu vody EXO sondou pouze pod první a druhou barierou. Tato skutečnost má vliv na průměrné hodnoty prakticky všech parametrů (viz modré čtverečky v grafech obr. č. 10). Teplota vody byla obecně extrémně nízká, v průměru kolem 0,63 °C. V noci a ráno klesla teplota vody dokonce na 0,04 °C, resp. při výlovu dosahovala -0,06 °C. Důvodem byl silný mráz. Před vlastním výlovem muselo být loviště zbaveno ledu. Ledová tříšť protékala stokou a ovlivňovala naše sledování. Hodnota pH byla průtokem přes bariery v obecné rovině mírně snižována, i když ve fázi noc před výlovem došlo naopak k jejímu mírnému zvýšení. Průtok vody barierami v průměru snižoval obsah kyslíku. Nicméně jeho změny byly velmi malé. Prakticky nulové hodnoty byly naměřeny ve fázi hodinu po výlovu. Dynamika změn ORP vykazovala obecně zvyšování hodnot průtokem přes bariery. Po výlovu však dosahovala výraznějších záporných hodnot. V celku bez větších změn ovlivňoval průtok vody hodnoty SPC a TDS. Průchodem přes bariery však docházelo k mírnému snižování hodnot Chlorofylu *a* a BGA-PC.

Tabulka 6. Základní fyzikálně chemické parametry vody Novokoželský 2016 (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	*Pod rybníkem	*Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	*Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	5	0,30±0,55	0,31±0,48	0,64±0,79	0,31±0,44	0,62±0,74	0,63±0,78
SPC (μS.cm ⁻¹)	5	505,20±28,84	504,33±29,29	419,58±174,77	506,18±29,85	421,22±176,10	419,52±174,91
TDS (μg.l ⁻¹)	5	328,25±18,58	328,00±19,07	359,40±63,67	328,75±19,11	359,00±60,31	358,64±62,11
Salinita (ppt.)	5	0,24±0,01	0,24±0,01	0,27±0,05	0,24±0,01	0,26±0,04	0,26±0,05
Kyslík (mg.l ⁻¹)	5	7,69±2,86	7,49±3,02	5,78±4,19	6,99±3,80	6,11±3,72	5,98±3,98
Kyslík (%)	5	50,45±19,51	55,20±18,15	40,24±29,19	49,70±27,06	42,30±26,08	41,76±27,34
pH	5	7,65±0,18	7,68±0,18	7,47±0,33	7,57±0,30	7,39±0,39	7,47±0,34
ORP (mV)	5	74,60±21,25	86,73±14,16	60,72±57,11	87,68±13,28	60,02±55,62	58,20±55,10
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	5	252,29±43,19	223,74±7,07	159,35±68,00	196,84±32,55	143,32±61,12	171,53±72,11
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	5	12,82±3,42	12,96±3,46	9,02±4,99	10,58±5,22	7,88±3,58	9,62±4,52

*hodnoty jen ze 4 měření, vzorek odebraný hodinu po výlovu byl neměřitelný – tekoucí bahno





Obrázek 10. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Novokoželsk 2016

Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulky č. 7 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. V noci před výlovem byla voda poměrně čistá, neboť zatížení vody dosahovalo desítky mg na litr NL_{105} , NL_{550} a TOC, resp. jednotky $5,5 \text{ mg.l}^{-1}$ TN a $0,36 \text{ mg.l}^{-1}$ TP. To bylo dáno především velkým objemem vody v rybníce a velmi nízkou teplotou vody, která obsádku K_2 o biomase $1\,360 \text{ kg.ha}^{-1}$ udržovala v klidu. Ráno před výlovem, kdy byl rybník vypouštěn opět intenzivněji, obsah NL_{105} a NL_{550} vzrostl na 310 a 210 mg.l^{-1} . Hodnoty TOC, TN a TP se takřka zdvojnásobily. Zatímco množství $P_{\text{rozp.}}$ mírně pokleslo. Účinnost zachycení živin bariérami byla v těchto dvou fázích spíše nižší. Pro TOC a TP byla retence do 10 % a pro TN byla minimální. Poněkud vyšší retence byla zjištěna pro NL_{105} , NL_{550} a to kolem 38 %. Naproti tomu retence rozpuštěného fosforu byla negativní, tedy průtokem vody bariérami došlo k výraznějšímu zvýšení koncentrace $P_{\text{rozp.}}$.

Ve fázi „těsně před výlovem“, došlo k dalšímu mírnému zvýšení obsahu všech sledovaných parametrů. Zároveň však došlo i ke zvýšení jejich retence. Množství $P_{\text{rozp.}}$ paradoxně opět pokleslo i když jeho retence byla rovněž negativní (+48,8 %).

Samotný výlov, kterému předcházelo odstranění ledu z loviště, byl poměrně náročný s ohledem na klimatické podmínky. Do stoky pod rybníkem se dostávaly kusy ledu společně s rybami. K vlastnímu vzorkování bylo přistoupeno až po druhém zátahu síti. V obecné rovině došlo opět k výraznému zvýšení ukazatelů kvality vody s výjimkou TN, který poklesl o více než polovinu. V této fázi sledování jsme se setkali se skutečností, že měřené hodnoty pod bariérami byly vyšší než pod vlastním rybníkem. Díky tomu byla zjištěna negativní retence u nerozpuštěných látek na úrovni přes -210 %, u TOC -55,8 % a pro TN dokonce -1 539,4 %. Naproti tomu retence fosforu byla u TP 11,8 % a $P_{\text{rozp.}}$ dokonce 28,9 %. Tuto skutečnost je velice obtížné jednoznačně vysvětlit. Svůj podíl může mít jak přítomnost ledové tříště ve stoce, která zamezovala sedimentaci a naopak zvedala již usazené částice, tak i výrazné změny v kvalitě vody ke kterým mohlo docházet v průběhu vlastního výlovu rybníka. Vzorek vody pod rybníkem byl odebrán při druhém zátahu, kdy byla v lovišti již menší biomasa ryb, zatímco pod bariérami díky určitému zdržení mohla protékat voda stále ještě z prvního zátahu.

Ve fázi „hodina po výlovu“ byl zaznamenán extrémní nárůst hodnot všech parametrů s výjimkou $P_{\text{rozp.}}$, který naopak poklesl. Nerozpuštěné látky vzrostly přibližně 15krát a NL_{105} , dosahovaly $28\,000 \text{ mg.l}^{-1}$, resp. NL_{550} (žíhané) $22\,000 \text{ mg.l}^{-1}$. Jejich retence však byla relativně nízká, zhruba 20% a to i přesto, že bariéry byly plné vody a ledové tříště (nedošlo k zmenšení objemu vody). Hodnoty TOC a TN se zvýšily opět, a to desetinásobně, na $5\,300 \text{ mg.l}^{-1}$ a 620 mg.l^{-1} , při příznivé retenci přes 53 %. Koncentrace TP se zvýšila jen asi 6,5 krát na 110 mg.l^{-1} , přičemž jeho retence byla nulová. Naproti tomu koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ poklesla takřka 2,6 krát, ale jeho retence byla opět negativní (-62,5 %). S ohledem na velikost rybníka a stav jeho povodí odtékalo po výlovu z loviště poměrně velké množství bahna, které postupně vyplnilo celý objem bariér.

Bilance živiny

Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 11. S ohledem na náročné klimatické podmínky se podařilo zachytit jen celkově kolem 7,7 % NL_{105} , resp. 4,3 % NL_{550} . Velmi nízká byla rovněž retence TP (2,8 %) a TN (8,7 %). Záporná retence, tedy naopak uvolnění živin bylo zjištěno opět pro rozpuštěné formy fosforu (-109,2 %) a vápníku (-1,9 %).

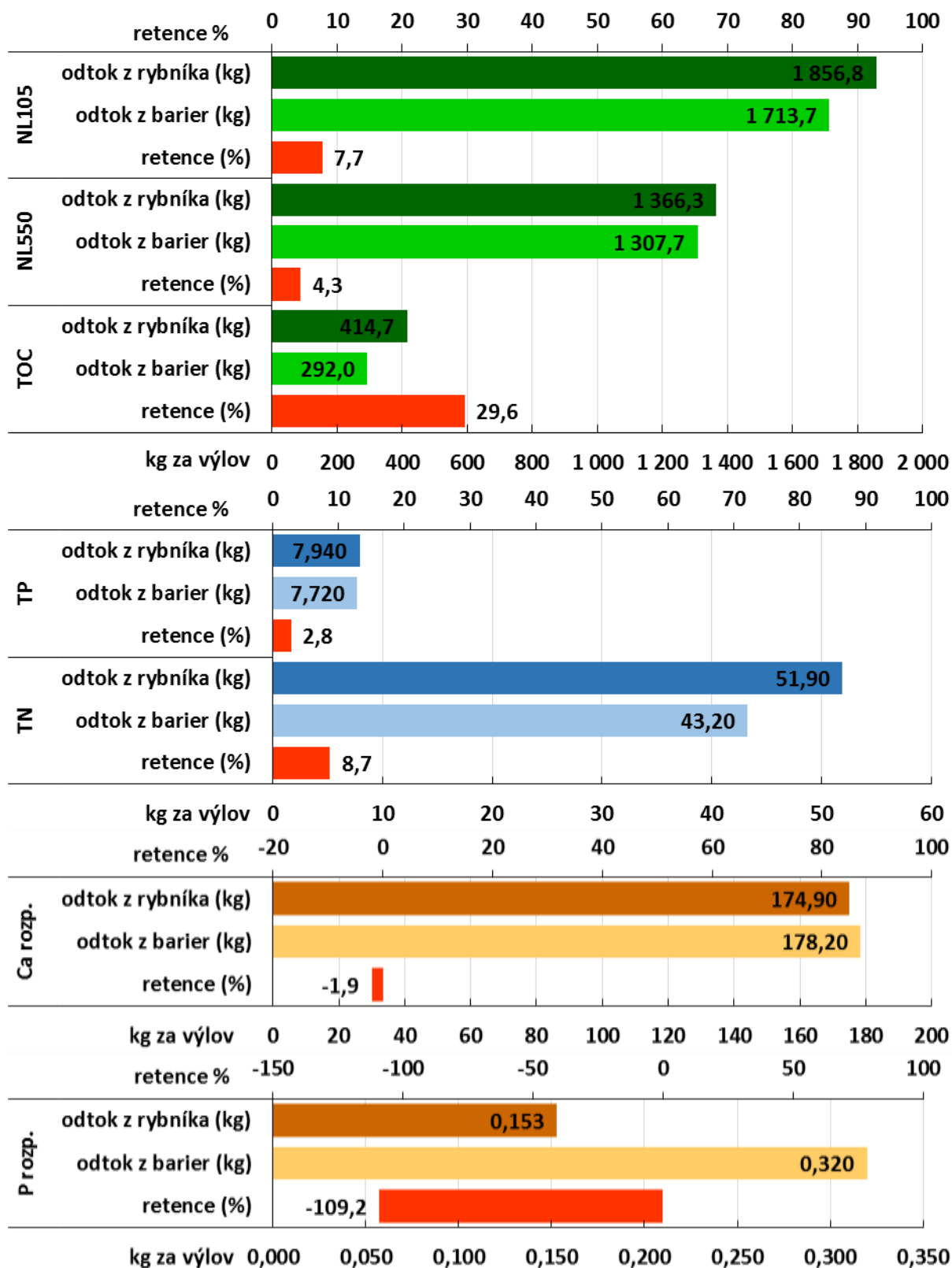


Zkušební a postřehy

Budování bariér o třech řadách balíků se na tomto rybníce neosvědčilo. Nebylo docíleno vyšší stability hrázek, ani nedošlo k omezení podtékání bariér u dna. Jako problematické se ukázalo stavění hrázek do relativně úzkých a hlubokých koryt stok. S ohledem na použitou techniku fixace balíků slámy ve stoce se jeví jako max. výška bariér 1 m, resp. max. 3 řady balíků na sobě. Při větší výšce hráze a následně hloubce vody dojde k většímu nárůstu tlaku vody u dna a („prokousání“) pronikání vody měkkým dnem pod hrázkou. Rovněž bylo zjištěno, že při vysoké výšce vody (cca 1 m) před bariérou, mají suché balíky slámy snahu vyplavat k hladině, a svým vztlakem pak oslabovat pevnost hrázek. Schopnost vydržet tlak vodního proudu získává bariéra až po částečném nasáknutí vodou (k tomu došlo asi po hodině, při třetí stavění hrádky). Přítomnost ledu v bariérách fakticky snižovala objem kapalné vody (nahrazena ledem), a tím i klesala doba zdržení. Ledové kry ve stoce mohly rovněž fyzicky erodovat a zvedat již usazené partikule.

Tabulka 7. Laboratorní výsledky kvality vody Novokoželský 2016

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	33	30	-9,09
	ráno před výlovem	55	51	-7,27
	těsně před výlovem	77	52	-32,47
	výlov	520	810	55,77
	hodina po výlovu	5 300	2 400	-54,72
	průměr±SD	1 1997,00±2 059,44	668,60±915,11	-44,14±36,98
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	70	47	-32,86
	ráno před výlovem	310	190	-38,71
	těsně před výlovem	390	170	-56,41
	výlov	1 900	5 900	210,53
	hodina po výlovu	28 000	22 000	-21,43
	průměr±SD	6 134,00±10 952,02	5 661,40±8 469,00	-7,70±99,79
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	34	21	-38,24
	ráno před výlovem	210	130	-38,10
	těsně před výlovem	260	100	-61,54
	výlov	1 400	4 500	221,43
	hodina po výlovu	22 000	18 000	-18,18
	průměr±SD	4 780,80±8 623,14	4 550,20±6 939,10	-4,82±105,08
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	5,5	5,3	-3,64
	ráno před výlovem	9,9	10	1,01
	těsně před výlovem	14	11	-21,43
	výlov	6,1	100	1 539,34
	hodina po výlovu	620	290	-53,23
	průměr±SD	131,10±244,47	83,26±109,26	-36,49±623,76
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,36	0,38	5,56
	ráno před výlovem	0,85	0,75	-11,76
	těsně před výlovem	1,20	0,78	-35,00
	výlov	17	15	-11,76
	hodina po výlovu	110	110	0,00
	průměr±SD	25,88±42,53	25,38±42,67	-1,93±13,94
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,042	0,096	128,57
	ráno před výlovem	0,040	0,067	67,50
	těsně před výlovem	0,041	0,061	48,78
	výlov	0,083	0,059	-28,92
	hodina po výlovu	0,032	0,052	62,50
	průměr±SD	0,05±0,02	0,07±0,02	40,76±50,41



Obrázek 11. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Novokoželský 2016



4.4 Ouhlín 2016

Budování hrázek a doba zdržení

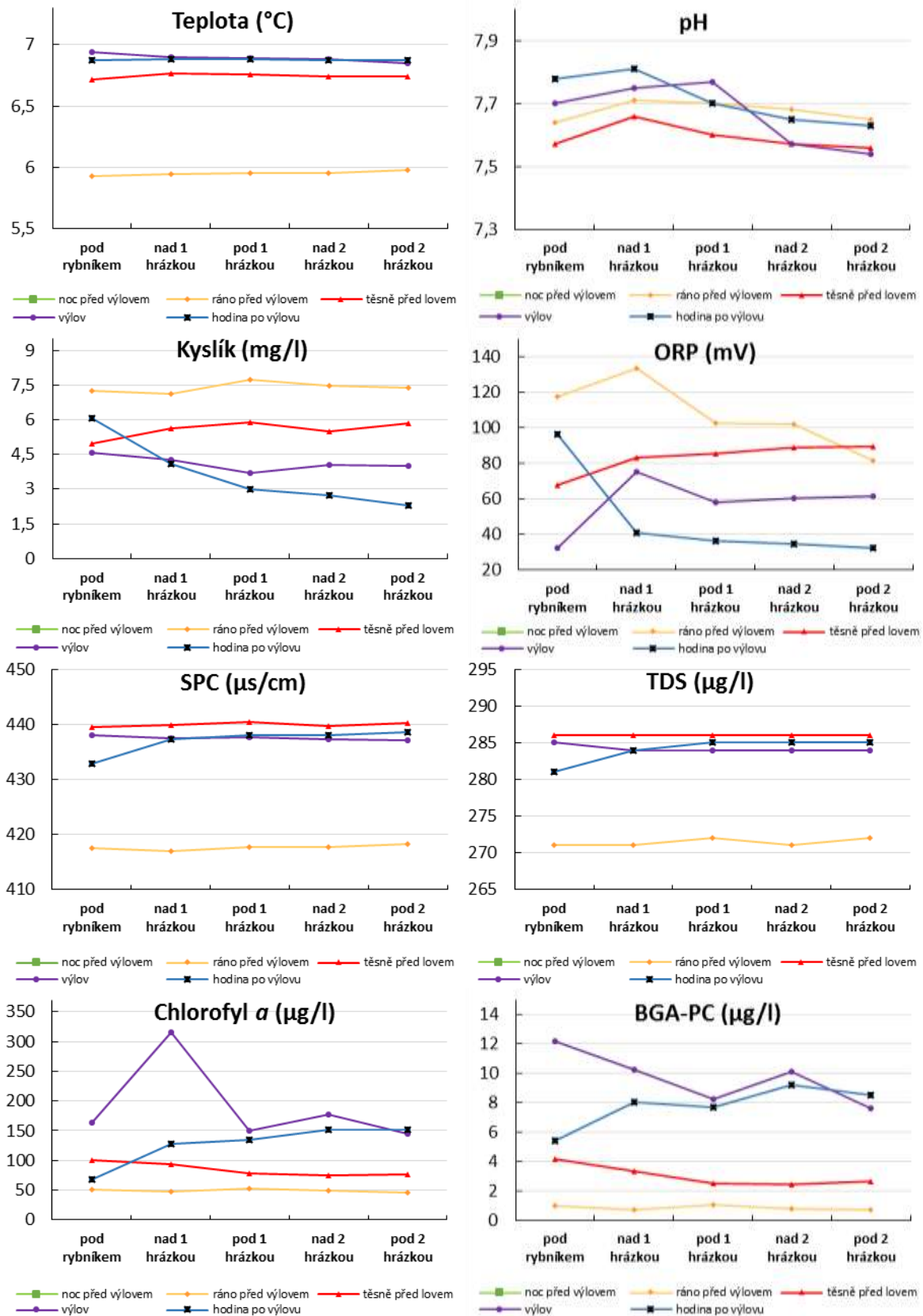
Na rybníku Ouhlín byla první hrázka postavena 30 m pod hrází rybníka. Druhá hrázka byla postavena o dalších 10 m níže, tedy 40 m pod rybníční hrází. Objem první bariery byl 51 m³ a druhé bariery 15,1 m³. Celkový teoretický objem vzduté vody byl tedy 66,1 m³. Teoretická doba zdržení byla v prvních třech fázích strojení (odpoledne před výlovem, ráno před výlovem a těsně před výlovem) poměrně dlouhá 73–79 min. V dalších fázích sledování se však ještě prodloužila na 220, resp. 330 minut. Příčinou bylo relativně pomalé prázdnění rybníku z důvodu později plánované doby výlovu (kolem poledne). Při tomto stavu větší část vody unikala pod barierou a snižovala tak aktuálně akumulovaný objem vody. Mělká stoka na rovinatém pozemku s mírným spádem, měla dno velice měkké a vzdutá voda si v něm našla snadno cestu pod barierami. Navíc, okolí stoky pod první barierou bylo celkově velmi měkké a neumožňovalo postavit druhou barieru dále níže po proudu. Omezením byl neúnosný terén pro přístup mechanizace při následném čištění stok. Z tohoto důvodu byla druhá bariera postavena poměrně blízko pod první. Na tomto rybníku byly hrázky postaveny ze dvou řad balíků slámy za sebou. Postavena byla i postranní křídla, zejména u druhé bariery.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku barierami uvádí tabulka č. 8. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 12. Z důvodu pozdějšího času výlovu bylo strojení rybníku ve svém závěru velmi pomalé. Odpoledne, po postavení hrázek vytekla určitá část objemu vody (dvě dluže) a další vypouštění bylo zastaveno až do ranních hodin, cca 7:00. Strojič šetřil vodou i svým časem. Rybník byl již celkově dostatečně upuštěn a další přítok vody do rybníku byl minimální. V noci z něj odcházelo jen minimum vody, přelivem přes dluže. Z tohoto důvodu nebylo možné odebrat vzorek vody ve fázi „noc před výlovem“. Teplota vody byla nízká (5,9–6,8 °C) a odpovídala termínu lovu. Hodnota pH byla průtokem přes bariery v obecné rovině mírně snižována. Obsah kyslíku byl u prvních dvou měření mírně zvyšován, zatímco při výlovu a po něm došlo průchodem vody barierami k jeho snížení. Průtok vody ovlivňoval hodnoty SPC a TDS bez větších změn. Průchodem vody přes bariery však docházelo k mírnému snižování hodnot Chlorofylu *a* a BGA-PC s výjimkou fáze „hodina po výlovu“.

Tabulka 8. Základní fyzikálně chemické parametry vody Ouhlín (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	4	6,62±0,40	6,62±0,40	6,62±0,39	6,61±0,39	6,61±0,37	6,62±0,39
SPC (μS.cm ⁻¹)	4	431,98±8,73	432,95±9,26	433,48±9,17	433,23±8,95	433,58±8,88	433,04±8,95
TDS (μg.l ⁻¹)	4	280,75±5,93	281,25±5,97	281,75±5,67	281,50±6,10	281,75±5,67	281,40±5,83
Salinita (ppt.)	4	0,21±0,00	0,21±0,00	0,21±0,00	0,21±0,00	0,21±0,00	0,21±0,00
Kyslík (mg.l ⁻¹)	4	5,71±1,03	5,27±1,23	5,08±1,87	4,93±1,75	4,88±1,91	5,17±1,46
Kyslík (%)	4	46,60±7,98	44,55±8,83	40,35±13,51	40,18±13,89	40,95±15,89	42,53±11,15
pH	4	7,67±0,08	7,73±0,05	7,69±0,06	7,62±0,05	7,60±0,05	7,66±0,04
ORP (mV)	4	78,68±31,95	83,13±33,25	70,55±25,55	71,43±26,17	66,33±22,08	74,02±23,22
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	4	96,05±43,29	146,017±102,23	103,63±40,08	112,87±53,15	104,29±44,70	112,60±52,69
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	4	5,69±4,11	5,57±3,77	4,87±3,16	5,63±4,09	4,87±3,28	5,32±3,56



Obrázek 12. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Ouhlín



Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulky č. 9 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně mění. V noci před výlovem (cca 21:00) nebyl vzorek vody odebrán (netekla voda). Ráno před výlovem, byla voda odebrána v 8:00 zhruba hodinu po opětovném zahájení vypouštění rybníka. Jednalo se i vizuálně o poměrně čistou vodu, která dosahovala $15 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NL}_{105}$ a $8,6 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NL}_{550}$. Rovněž obsah TOC byl relativně nízký a to 20 mg.l^{-1} obdobně to bylo i u TN $1,6 \text{ mg.l}^{-1}$ a TP $0,28 \text{ mg.l}^{-1}$. Naproti tomu byla úroveň $P_{\text{rozp.}}$ v této fázi nejvyšší ze všech sledovaných rybníků ($0,13 \text{ mg.l}^{-1}$). Nepříjemným zjištěním je však skutečnost, že pod druhou bariérou byly zjištěny u všech sledovaných parametrů jejich vyšší hodnoty. Retence bariéry byla tedy negativní. Při vyloučení (pominutí) lidského faktoru při manipulaci se vzorky, je možné hledat vysvětlení ve skutečnosti, že obnovený průtok vody stokou, zvednul předtím usazený sediment a ten byl vodou tlačěn dál. Následně došlo k odebrání vzorků takto zatížené vody. Změna v objemu průtoku vody stokou byla dost výrazná (neteče / teče skoro naplno).

Obecně vzato byla kvalita vody na tomto rybníce ve srovnání s ostatními rybníky velmi dobrá. To bylo zřejmě dáno souhrou několika okolností. Za prvé, jednalo se o malou biomasu lehké ryby ($K_1 - 239 \text{ kg.ha}^{-1}$) v lovišti. Za druhé, výlov probíhal v poslední dekádě listopadu při nízkých teplotách vody i vzduchu. Navíc, vlastnímu výlovu předcházelo velmi výrazné ochlazení (viz. rybník Novokoželský 2016), které inhibovalo biologické pochody ve vodě. Za třetí, rybník díky celkově nízké biomase ryb v průběhu vegetační sezony výrazně zarostl imerzními makrofyty a vláknitými řasami, které ve svých tělech zadržely větší množství živin. Část plůdku kapra byla sbírána ručně ve vegetaci na dně.

Ve fázi „těsně před výlovem“, došlo k zvýšení obsahu všech sledovaných parametrů. Zároveň však došlo k zachycení části živin. Nerozpuštěné látky se snížily o přibližně 40 %, TOC a TN poklesl o 20 %, resp. TP až o 30 %. Obsah $P_{\text{rozp.}}$ se rovněž před výlovem zvýšil, i když jeho retence byla nevýrazně negativní (jen -5,9 %).

Samotný výlov, ke kterému došlo až kolem 13:00, vedl opět ke zvýšení obsahu NL_{105} a NL_{550} na $1\,300$ a 980 mg.l^{-1} . Jejich retence však byla v této fázi vysoká, přes 82 %. Zvýšily se i hodnoty ostatních sledovaných parametrů: TOC (140 mg.l^{-1}), TN (10 mg.l^{-1}), TP ($3,0 \text{ mg.l}^{-1}$). Nicméně jejich retence se zvýšila rovněž a to poměrně vysoko na 65,8 %, 60 % a 70 %. Koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ ve vodě klesla o víc než polovinu, ale její retence byla negativní -23,5 %.

Ve fázi „hodina po výlovu“ byl zaznamenán další nárůst hodnot všech parametrů s výjimkou $P_{\text{rozp.}}$, který naopak poklesl. Nerozpuštěné látky sušené vzrostly přibližně o 30 % a žíhané o 42 %. Jejich retence však byla opět vysoká a dosahovala přes 80 %. Hodnota TOC a TP, resp. TN se zvýšila opět, a to 35 %, resp. 50 %. Retence NL vykazovala 60 až 77 %. Naproti tomu koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ opět poklesla, ale jeho retence zůstala negativní (-38,78 %).

Bilance živiny

Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 13. Díky zhoršené kvalitě vody zjištěné ve fázi „ráno před výlovem“ bylo zachyceno poněkud méně živiny, než bylo obvyklé. Nerozpuštěné látky sušené 32,6 %, resp. žíhané 34,1 %. Velmi nízká byla rovněž retence TOC (0,8 %), TN (2,5 %) a $\text{Ca}_{\text{rozp.}}$ (3,8 %). Záporná retence, tedy naopak uvolnění živin bylo zjištěno opět pro TP, resp. rozpuštěné formy fosforu (-8,2 %, resp. -25,9 %).

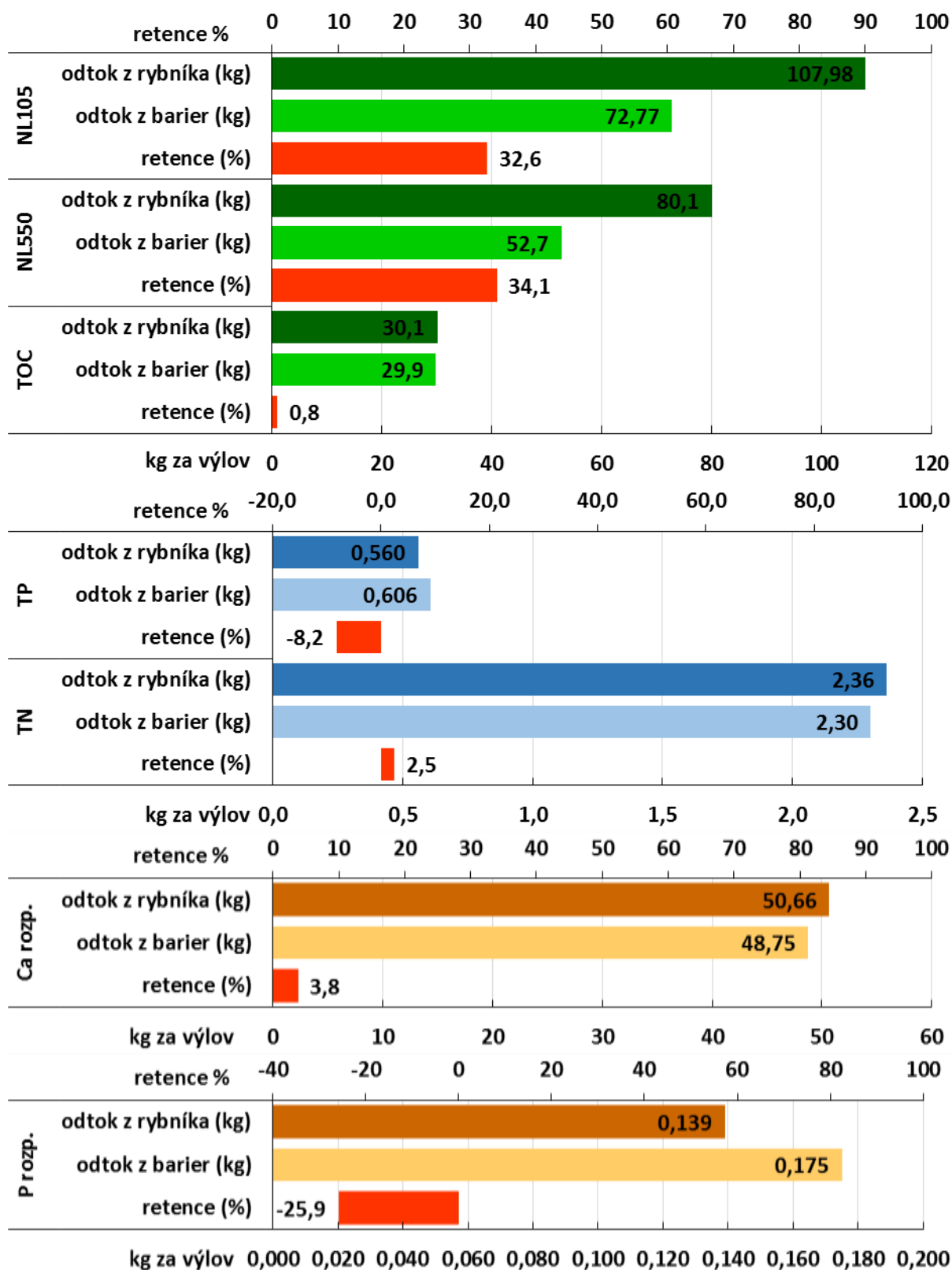
Zkušenosti a postřehy

Na tomto rybníce se ukázala potřeba všimnout si únosnosti terénu v okolí stok pro mechanizaci, která je nezbytná pro následné vyčištění a odstranění sedimentu z vodoteče. Tato skutečnost může limitovat vzdálenost hrázek a tím i velikost akumulovaného objemu vody, resp. doby zdržení.



Tabulka 9. Laboratorní výsledky kvality vody Ouhlín

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	20	28	40,00
	těsně před výlovem	33	27	-18,18
	výlov	140	36	-74,29
	hodina po výlovu	190	65	-65,79
	průměr±SD	98,75±71,62	39,00±15,41	-59,27±45,50
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	15	56	273,33
	těsně před výlovem	130	80	-38,46
	výlov	1 300	230	-82,31
	hodina po výlovu	1 700	310	-81,76
	průměr±SD	786,25±728,76	169,00±105,23	-78,51±148,66
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	8,6	41	376,74
	těsně před výlovem	93	55	-40,86
	výlov	980	170	-82,65
	hodina po výlovu	1 400	230	-83,57
	průměr±SD	620,40±589,39	124,00±79,06	-80,01±193,79
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	1,6	2,1	31,25
	těsně před výlovem	2,6	2,1	-19,23
	výlov	10,0	3,6	-64,00
	hodina po výlovu	15,0	6,0	-60,00
	průměr±SD	7,30±5,50	3,45±1,59	-52,74±38,43
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	0,28	0,55	96,43
	těsně před výlovem	0,90	0,63	-30,00
	výlov	3,00	0,90	-70,00
	hodina po výlovu	4,10	0,94	-77,07
	průměr±SD	2,07±1,55	0,76±0,17	-63,53±69,67
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem			
	ráno před výlovem	0,13	0,17	30,77
	těsně před výlovem	0,17	0,18	5,88
	výlov	0,068	0,084	23,53
	hodina po výlovu	0,049	0,068	38,78
	průměr±SD	0,10±0,05	0,13±0,05	20,38±12,15



Obrázek 13. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Ouhlín



4.5 Brdský 2017

Budování hrázek a doba zdržení

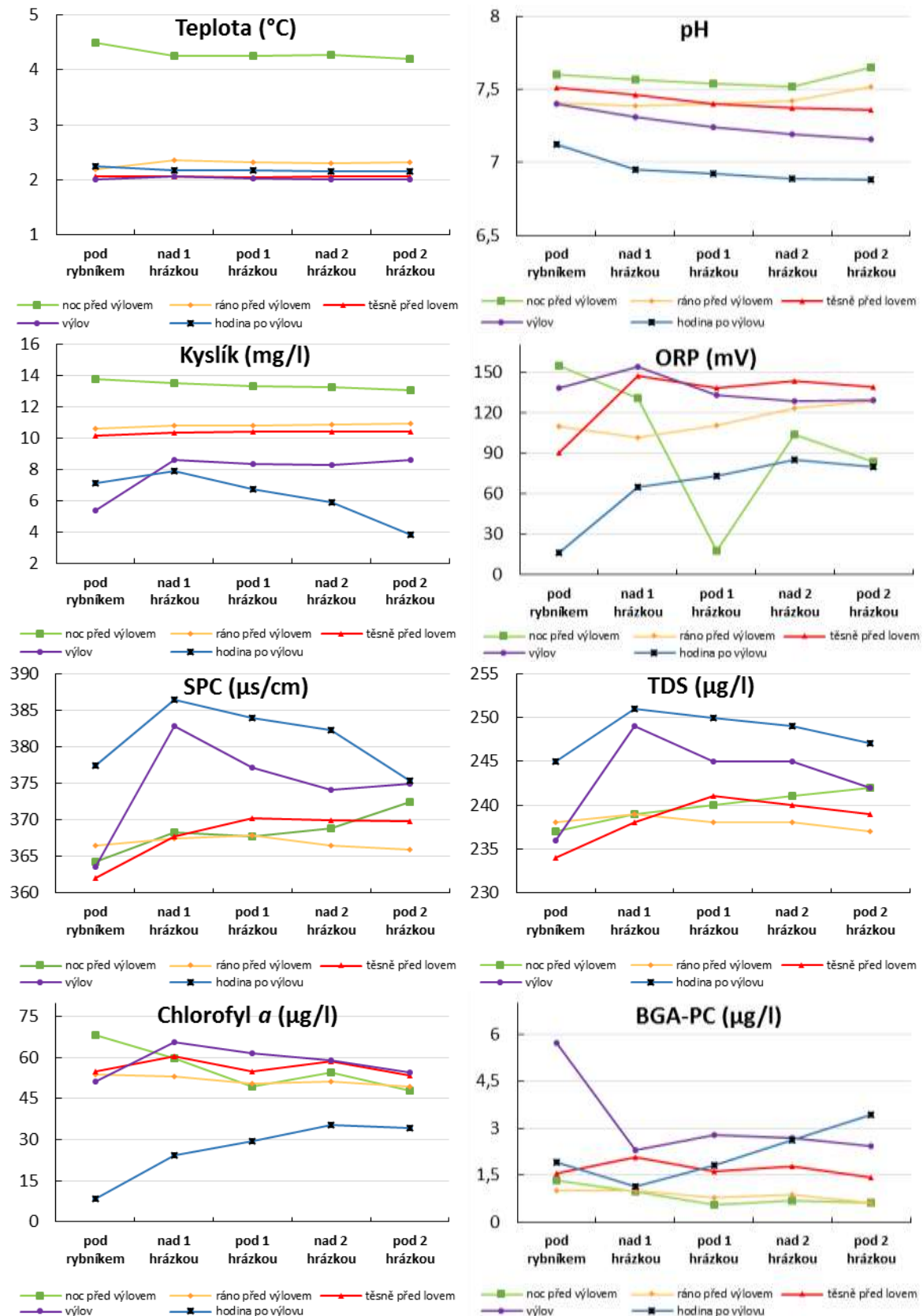
Rybník Brdský se jevil jako ideální lokalita na budování a testování hrázek. Pod jeho hrází se nalézá prostorný travnatý pozemek s mírným spádem a dobrou přístupností pro mechanizaci. Bezprostředně pod rybníkem se nachází na pravé straně stoky mokrá olšina, kde nebylo vhodné bariery zřizovat s ohledem na problematickou dostupnost pro mechanizaci při následném čištění stok. Hrázky byly proto zřizovány poněkud níže po vodě na dobře dostupném otevřeném prostranství. Přibližně 20 m pod hrází se do stoky z levé strany připojuje vodoteč od bezpečnostního přelivu a po dalších 20 m vystupuje stoka z pravostranného porostu olší. První bariera byla postavena přibližně až 60 m pod hrází rybníka, její objem byl 47,25 m³. Druhá bariera byla postavena o dalších 22 m níž, tedy 82 m pod hrází. Její objem byl 40,22 m³. Celkový teoretický objem vzduté vody byl 87,47 m³. Teoretická doba zdržení vody byla přes noc vypočtena na 265 minut. Později výrazně klesla na 65 min. (ráno před lovem), resp. 80–92 minut (těsně před lovem a výlov). Skutečná doba zdržení však byla menší. Na tomto rybníce se ukázal jako problematický právě nenápadný levostranný přítok od bezpečnostního přelivu, vedle kterého tekla rovněž obtoková stoka rybníka. V noci z 9. a 10. 3. 2017 přišla jedna z prvních jarních bouřek doprovázených intenzivním deštěm. Díky tomu se naplnila boční vodoteč vodou, která následně zředovala vodu protékající bariery od fáze „ráno před výlovem“ až do konce sledování (Tab. 11). To mělo za následek určité zkreslení měřených výsledků. Tuto skutečnost považujeme za korektní uvést hned na začátku.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoků bariery uvádí tabulka č. 10. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 14. Kvalita vody přítékající pod rybníkem zleva je uvedena v tabulce č. 11. Teplota vody byla nízká a pohybovala se kolem 4 °C v noci před výlovem, resp. jen 2 °C v den výlovu. Hodnota pH byla průtokem přes bariery v obecné rovině mírně snižována s výjimkou prvních dvou měření. Obsah kyslíku byl ráno před výlovem, těsně před výlovem a v průběhu výlovu zvyšován, zatímco u zbývajících dvou měření naopak snižován. U ORP bylo zjištěno zvyšování hodnot po průtoku bariery u všech měření s výjimkou fáze „noc před výlovem“ a „výlov“. V průměru došlo naopak ke snížení hodnot u SPC a TDS.

Tabulka 10. Základní fyzikálně chemické parametry vody Brdský (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	5	2,60±0,95	2,58±0,85	2,56±0,85	2,56±0,86	2,55±0,83	2,57±0,87
SPC (μS.cm ⁻¹)	5	366,80±5,53	374,56±8,32	373,40±6,29	372,34±5,55	371,74±3,50	371,77±5,39
TDS (μg.l ⁻¹)	5	238,00±3,74	243,20±5,60	242,80±4,26	242,60±3,93	214,40±3,38	241,60±3,90
Salinita (ppt.)	5	0,17±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00
Kyslík (mg.l ⁻¹)	5	9,42±2,91	10,25±1,96	9,91±2,25	9,74±2,49	9,36±3,12	9,74±2,46
Kyslík (%)	5	70,58±22,59	75,66±16,29	65,80±12,05	72,60±18,66	69,24±24,19	72,28±19,37
pH	5	7,41±0,16	7,34±0,21	7,30±0,21	7,28±0,22	7,31±0,27	7,33±0,21
ORP (mV)	5	101,78±48,21	119,48±32,70	94,46±44,68	116,86±20,35	111,84±25,08	108,88±26,28
Chlor. a (μg.l ⁻¹)	5	47,31±20,29	52,72±14,74	49,25±10,73	51,85±8,64	47,92±7,26	49,81±11,90
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	5	2,30±1,74	1,50±0,57	1,51±0,80	1,73±0,84	1,69±1,09	1,75±0,88



Obrázek 14. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Brdský



Tabulka 11. Základní fyzikálně chemické parametry vody Brdský potok

Parametr	Teplota (°C)	SPC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	TDS ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Salinita (ppt.)	Kyslík ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Kyslík (%)	pH	ORP (mV)	Chlor. ^a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	BGA-PC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
Brdský – potok	2,16	408,2	265	0,20	12,65	92,0	7,56	139,8	8,57	-0,57

Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulky č. 12 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně změnila. V „noci před výlovem“ byl zjištěn poměrně vysoký obsah nerozpuštěných látek jak sušených, tak i žíhaných na úrovni 110 a 85 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Takovéto hodnoty byly u ostatních rybníků typické spíše pro další fáze výlovu. Příčinou může být vysoká biomasa relativně těžké ryby ($K_3 - 2\,915 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ = vlastní obsádka + svoz) komorované v rybníku. Nicméně retence látek byla poměrně vysoká a to přes 35 %. Mírně zvýšena byla i hodnota TN ($6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), která ale vykazovala negativní retenci, tedy uvolnění -13,3 %. Naproti tomu nižší hodnoty vykazoval ve srovnání s průměrem ostatních rybníků TOC ($16 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a TP ($0,24 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), jejich retence však byla přes 12,5 %. V této fázi sledování byla voda protékající barierami ještě nezředitá srážkami.

Ke zředování vody levostranným přítokem došlo až v noci, takže vzorky odebrané ve fázi „ráno před výlovem“ a dále. Tyto výsledky je proto nutné interpretovat opatrně. Množství protékající vody z obou zdrojů a jejich poměr míchání nebylo z technických důvodů možné stanovit (neočekávaná situace a chybějící vybavení v terénu).

Ráno před výlovem došlo k dalšímu mírnému zvýšení koncentrací všech sledovaných látek s výjimkou TN a $P_{\text{rozp.}}$, které naopak poklesly. Vypočtená retence živin (TOC, TP, NL_{105} a NL_{550}) byla opět o něco vyšší. V další fázi strojení „těsně před výlovem“ došlo k přibližně dvojnásobnému zvýšení prakticky všech měřených hodnot s výjimkou TN, resp. $P_{\text{rozp.}}$, který se zvýšil jen o 20 %, resp. 15 %. Jejich retence byla obdobná jako v předchozí fázi.

Vlastní výlov, který byl prováděn podložní sítí, vedl opět ke zvýšení obsahu NL_{105} a NL_{550} na 2 100 a 1 600 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Jejich retence byla v této fázi vysoká, přes 76 %. Zvýšily se i hodnoty ostatních sledovaných parametrů: TOC ($120 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), TN ($16 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), TP ($3,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Jejich retence se zvýšila rovněž a to poměrně vysoko na 70,8 %, 41,3 % a 82,9 %. Koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ se ve vodě mírně zvýšila, ale její retence byla negativní -12,5 %.

Ve fázi „hodina po výlovu“ byl zaznamenán další nárůst hodnot všech parametrů. Nerozpuštěné látky sušené vzrostly přibližně na 4 400 a žíhané na 3 800 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Jejich retence však poklesla a dosahovala jen 9 % a 47 %. Ke zvýšení na 220 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ došlo rovněž u TOC, resp. TN ($26 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), nicméně jeho retence barierami byla negativní (-13,6 %, resp. -11,5 %). To mohlo být dáno „zvedáním“ lehčích, již zachycených sedimentů z důvodu zvýšeného průtoku srážkové vody barierami (z prázdného loviště již teklo málo vody). Naproti tomu u TP se zvýšila jeho hodnota velmi výrazně a to na 63 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž byla vypočtena jeho retence na úrovni 80,9 %. Zajímavě vyšla změna koncentrace $P_{\text{rozp.}}$, která se na výtoku z rybníka opět zvýšila ($0,058 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ale jeho retence byla pozitivní (53,5 %).

Bilance živiny

Vypočtené bilance pro vybrané látky ukazuje obrázek 15. Nerozpuštěné látky sušené dosáhly 56,0 %, resp. žíhané 63,0 %. Nízká byla retence TOC (40,0 %) a TN (10,9 %). Záporná retence, tedy naopak uvolnění živin bylo zjištěno opět pro rozpuštěné formy fosforu (-38,5 %). Naproti tomu vysoká retence byla zjištěna pro TP a to až 76,4 %.

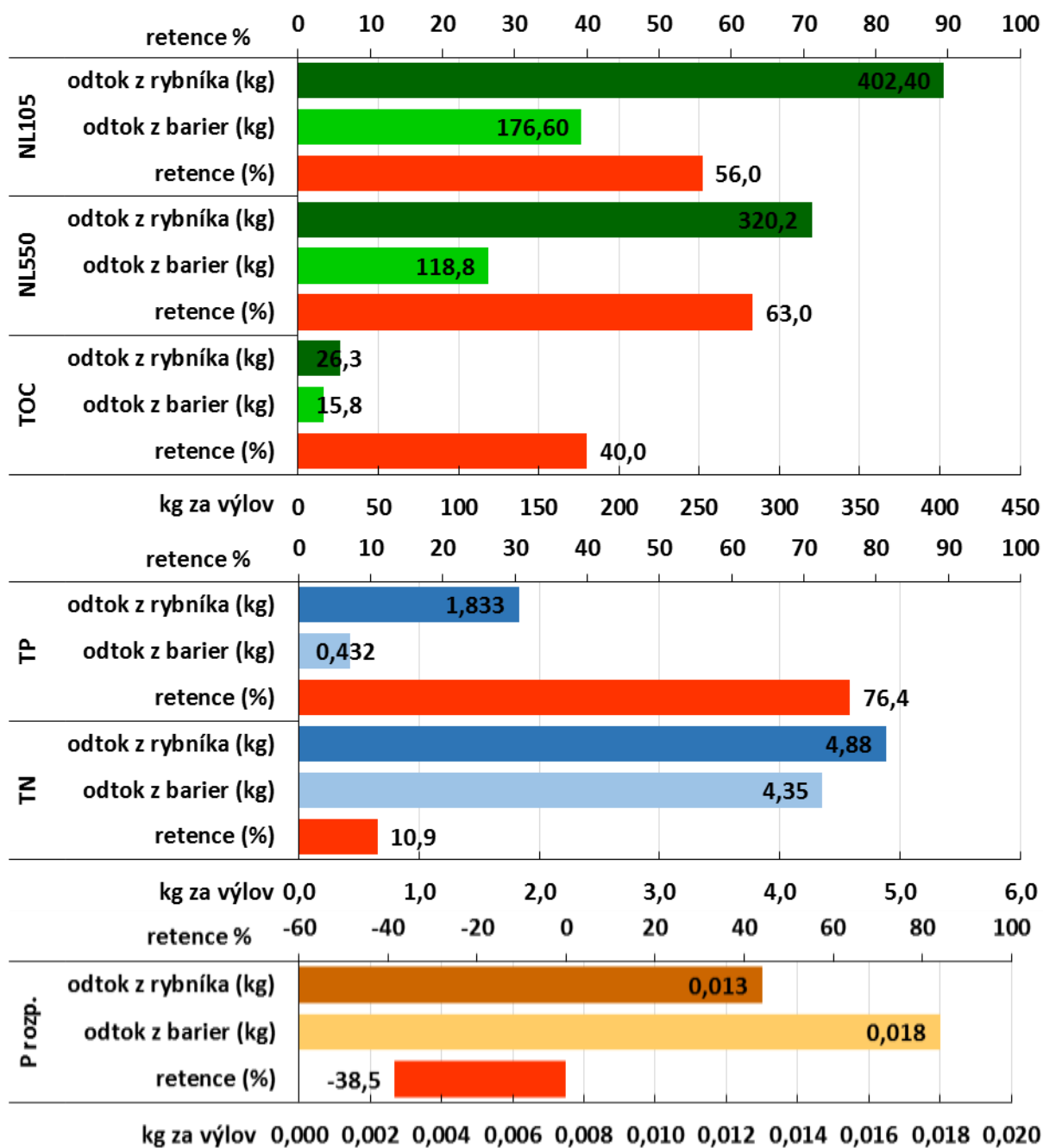


Zkušební a postřehy

Rybník Brdský ukázal, že pro tuto technologii zachytávání sedimentů při výloveh nejsou vhodné průtočné rybníky postavené na vodnatých vodotečích. Při srážkové činnosti dochází ke zvýšenému průtoku vody a tím i zředování vod protékajících barierami. Tato skutečnost negativně působí na dobu zdržení a tím i efektivitu sedimentace. Případná následná bouřková činnost může rovněž již zachycený sediment odplavit dál, před jeho odstraněním ze stoky. I tuto skutečnost jsme si potvrdili na rybníku Brdský.

Tabulka 12. Laboratorní výsledky kvality vody Brdský

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)	potok Brdský
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	16	14	-12,50	
	ráno před výlovem	17	12	-29,41	
	těsně před výlovem	31	24	-22,58	
	výlov	120	35	-70,83	
	hodina po výlovu	220	250	13,64	7,6
	průměr±SD	80,80±79,58	67,00±91,87	-17,08±27,47	
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	110	71	-35,45	
	ráno před výlovem	160	85	-46,88	
	těsně před výlovem	390	220	-43,59	
	výlov	2 100	440	-79,05	
	hodina po výlovu	4 400	4 000	-9,09	5,6
	průměr±SD	1 432,00±1 655,70	963,20±1 524,17	-32,74±22,46	
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	85	53	-37,65	
	ráno před výlovem	130	68	-47,69	
	těsně před výlovem	330	180	-45,45	
	výlov	1 600	370	-76,88	
	hodina po výlovu	3 800	2 000	-47,37	4,2
	průměr±SD	1 189,00±1 418,76	536,20±741,60	-55,07±13,44	
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	6	6,8	13,33	
	ráno před výlovem	5,3	5,4	1,89	
	těsně před výlovem	6,6	6,5	-1,52	
	výlov	16	9,4	-41,25	
	hodina po výlovu	26	29	11,54	13
	průměr±SD	11,98±8,03	11,42±8,89	-4,67±19,83	
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,24	0,21	-12,50	
	ráno před výlovem	0,31	0,24	-22,58	
	těsně před výlovem	0,62	0,45	-27,42	
	výlov	3,80	0,65	-82,89	
	hodina po výlovu	63	12	-80,95	0,076
	průměr±SD	13,59±24,74	2,71±4,65	-80,06±30,32	
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,024	0,036	50,00	
	ráno před výlovem	0,017	0,031	82,35	
	těsně před výlovem	0,020	0,029	45,00	
	výlov	0,024	0,027	12,50	
	hodina po výlovu	0,058	0,027	-53,45	0,028
	průměr±SD	0,03±0,01	0,03±0,00	4,90±46,04	



Obrázek 15. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Brdský



4.6 Vrbice 2017

Budování hrázek a doba zdržení

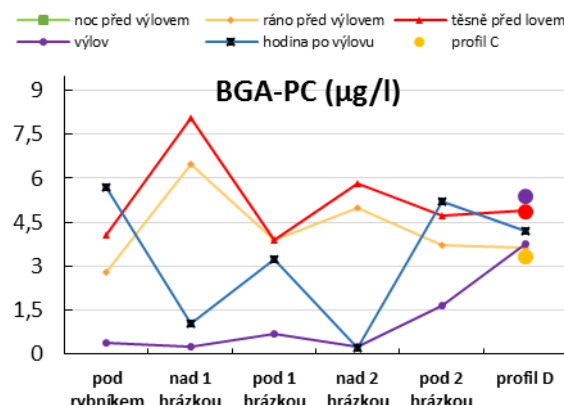
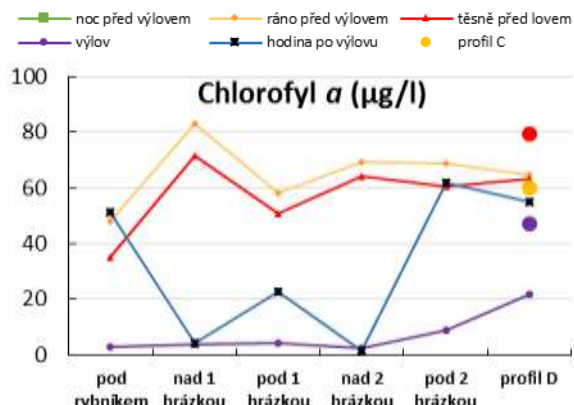
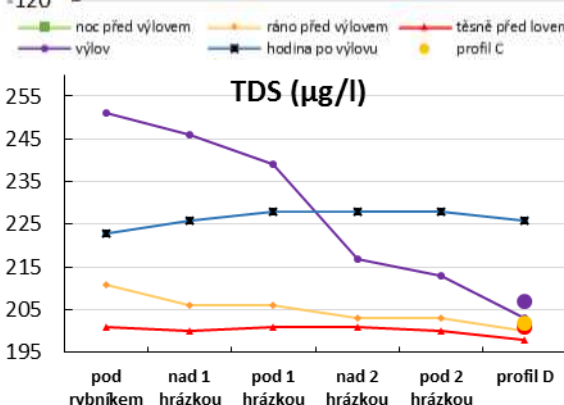
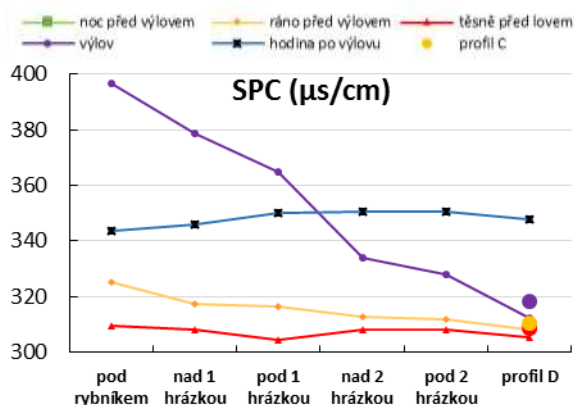
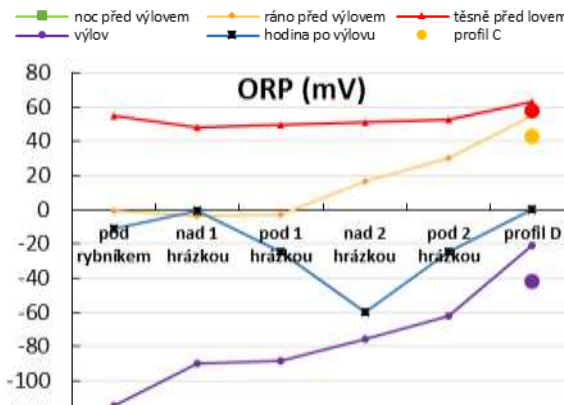
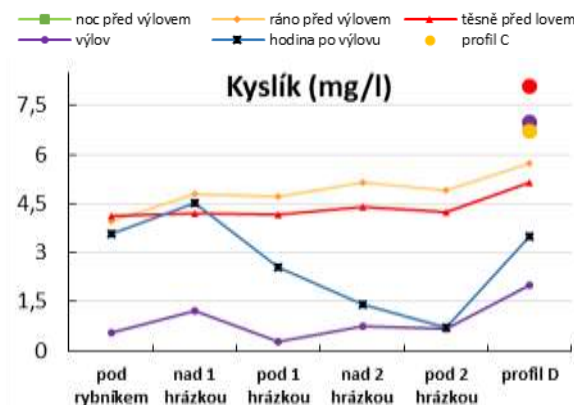
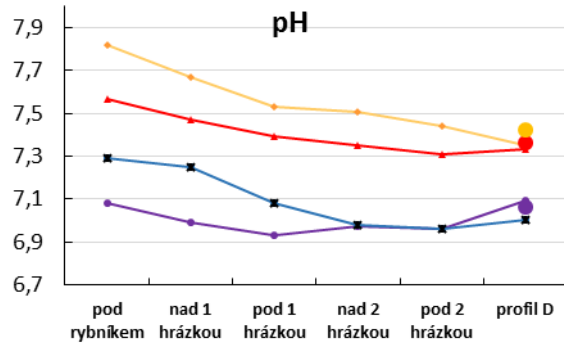
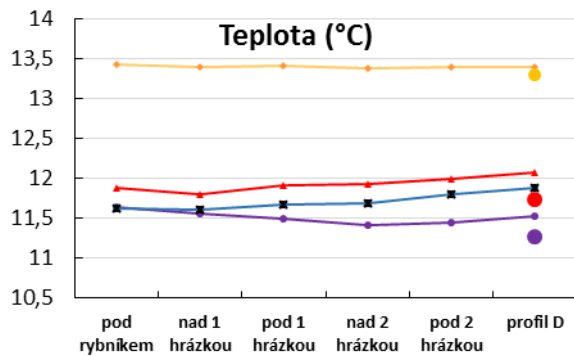
Na rybníku Vrbice byly hráčky s ohledem na místní podmínky (pastvina dobytka, mostek) zřizovány poněkud níže po vodě. První bariera byla postavena cca 55 m pod hrází rybníka. Druhá pak o dalších 30 m dál po vodě, tedy 75 m od hráze. Celkový objem barier byl 15,4 m³, z toho 7,6 m³ připadalo na první bariery a 7,8 m³ na druhou bariery. Teoretická doba zdržení vody byla ráno před výlovem poměrně krátká, jen 10 min. z důvodu intenzivního prázdnění rybníku. V dalších fázích sledování však došlo k jejímu prodloužení na 41, resp. 90 minut (těsně před lovem, resp. při výlovu). Relativně malý objem barier byl dán skutečností, že odtoková stoka z rybníka byla vedena ve svahu jakoby „po vrstevnici“ s velmi mírným spádem. Z levé strany stoky se svah zvyšoval a byl silně zarostlý křovinami, z pravé strany pak padal do zatravněného úžlabí. Ve stoce byly proto postaveny dvouřadé relativně krátké bariery. Jelikož vlastní stoka pod rybníkem byla poměrně mělká a úzká, akumulací kapacita barier byla malá. Z důvodu jejího zvýšení byly u obou barier postaveny z pravé strany podél stoky a kolmo k hráze křídla, která umožnila zvýšit objem zadržené vody. Nicméně z obou barier byla část vody díky netěsnostem vybřežena a unikala po travnatém úžlabí (pastvině) dolů, kde se následně spojila s vodou ze stoky níže ležící. Pro horní bariery se jednalo o plochu cca 96 m² a pro druhou bariery cca 70 m². Po spojení obou těchto částí byla tato voda vzorkována jako profil „C“. Pod druhou bariery pokračovala stoka velmi hustým a vzrostlým porostem bylin a křovin a po 20 m stékala samovolně do úžlabí. Na tomto místě byla voda měřena jako profil „D“. Díky této jedinečné konfiguraci se nám podařilo alespoň z části nastínit, jak efektivně může fungovat travní porost při zachytávání sedimentu.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku barierami uvádí tabulka č. 13. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 16. S ohledem na velikost rybníku a vysokou teplotu vody (12 °C) byl rybník po postavení barier a přes celou noc zastaven. Hodnota pH byla průtokem přes bariery v obecné rovině mírně snižována. Obsah kyslíku byl mírně zvyšován s výjimkou měření hodinu po výlovu. K výraznějšímu zvýšení obsahu kyslíku došlo na profilech C a D (okysličení stykem se vzduchem). U ORP bylo zjištěno zvyšování hodnot po průtoku barierami u všech měření. V průměru došlo naopak ke snížení hodnot u SPC a TDS. Dynamika změny koncentrace Chlorofylu *a* a BGA-PC po průtoku barierami směřovala k zvyšování jejich hodnot.

Tabulka 13. Základní fyzikálně chemické parametry vody Vrbice (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	4	12,15±0,75	12,09±0,76	12,13±0,76	12,11±0,76	12,16±0,74	12,12±0,75
SPC (μS.cm ⁻¹)	4	343,68±32,84	337,55±27,58	333,88±24,48	326,35±17,06	324,48±16,80	333,19±21,77
TDS (μg.l ⁻¹)	4	221,50±18,73	219,50±18,08	218,50±15,60	212,25±10,99	211,00±10,93	216,55±13,68
Salinita (ppt.)	4	0,17±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01
Kyslík (mg.l ⁻¹)	4	3,05±1,46	3,69±1,44	2,93±1,71	2,92±1,87	2,63±1,96	3,04±1,57
Kyslík (%)	4	28,75±13,71	34,58±13,70	27,73±16,30	28,18±17,77	25,70±18,03	28,99±14,87
pH	4	7,44±0,28	7,35±0,25	7,23±0,24	7,20±0,23	7,17±0,21	7,28±0,24
ORP (mV)	4	-17,90±61,43	-11,70±49,61	-16,63±49,49	-16,98±52,41	-1,10±44,95	-12,86±50,08
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	4	34,38±19,11	40,65±36,91	34,12±21,74	34,49±32,43	49,98±24,04	38,72±24,06
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	4	3,23±1,95	3,95±3,37	2,92±1,32	2,81±2,61	3,83±1,38	3,35±1,76



Obrázek 16. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Vrbsce



Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulek č. 14 a 15 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. První vzorek vody byl odebrán až „ráno před výlovem“, kdy byl rybník intenzivně prázdněn. Počínaje tímto rybníkem došlo rovněž k rozšíření spektra prováděných analýz. Hodnota BSK₅ dosahovala 21 mg.l⁻¹ a průtokem přes bariery byla snížena na 19 mg.l⁻¹ (-9,5 %). U CHSK_{Cr} však došlo průtokem přes bariery k jeho zvýšení ze 100 a 110 mg.l⁻¹. Obsah NL₁₀₅ a NL₅₅₀ byl mírně zvýšen a dosahoval 170, resp. 120 mg.l⁻¹. Nicméně jejich retence byla zjištěna na úrovni přes 35 %. Ve srovnání s ostatními rybníky byla mírně zvýšena i hodnota TN (7,6 mg.l⁻¹) a TP (0,67 mg.l⁻¹) po průchodu bariery (1,3 % a -6 %). Výrazněji byl průchodem bariery zvýšen rovněž P_{rozp.} (-141 %). Tyto skutečnosti mohly být dány vyšší pohybovou aktivitou obsádky ryb v rybníce, teplotou vody (K₃ – 844 kg.ha⁻¹), vyplavením P z koryta stoky. S minimálními změnami procházely bariery i další sledované látky uvedeny v tabulce 15.

Těsně před výlovem došlo k dalšímu výraznějšímu nárůstu koncentrace prakticky všech parametrů, s výjimkou Fe_{rozp.}, který naopak poklesl. Poněkud mírnější nárůst byl zaznamenán jen u TIC, KNK_{4,5} a Ca. Nejvyšší retence na úrovni přes 64 % byla zjištěna u nerozluštěných látek a Ca. Vysoký záchyt (nad 40 %) průtokem vody bariery byl zjištěn u TP a BSK₅, zatímco u TOC, TN a CHSK_{Cr} byl na úrovni 20 až 30 %. Ještě menší pak byla retence u vápníku (11,4 %). Ostatní parametry dosahovaly nízké retence (KNK_{4,5} 4,4 %, TIC 0,0 %), resp. záporné (TC -1,19 %, P_{rozp.} -16,7 %, Fe_{rozp.} -60,5 %). Na tomto místě je vhodné poukázat jakými purifikačními schopnostmi disponuje travní porost, ať se jedná o pastvinu (viz. profil C) nebo silně zarostlou stoku (viz. profil D). S výjimkou rozpuštěných forem P a Fe dochází k dalšímu zvýšenému zachycení živin. Tímto je možné demonstrovat, že ke zlepšení kvality vody pod rybníkem může být efektivně použit rovněž i její řízený rozliv na travní porosty (mokřady) pod rybníkem.

Vlastní výlov, byl s ohledem na velikost rybníku prováděn ručně „na kesery“. Pohyb osob v lovišti, jakož i vyšší teplota vody a biomasa obsádky (K₃ – 844 kg.ha⁻¹) vedly ke zvýšení obsahu NL₁₀₅ a NL₅₅₀ na extrémních 47 000 a 40 000 mg.l⁻¹. Jejich retence byla v této fázi celkem vysoká, kolem 62 %, ale ve srovnání s ostatními rybníky nižší. Výrazně se zvýšili i hodnoty dalších sledovaných parametrů, přičemž jejich retence zůstala rovněž pozitivní: BSK₅ (210 mg.l⁻¹; 42,8 %), Ca (240 mg.l⁻¹; 33,3 %), Fe (1200 mg.l⁻¹; 24,2 %), KNK_{4,5} (3,7 mmol.l⁻¹; 21,6,4 %), TN (53 mg.l⁻¹; 13,2 %). Naproti tomu u některých parametrů došlo rovněž k jejich zvýšení, ale jejich retence byla průchodem vody bariery naopak negativní: CHSK_{Cr} (530 mg.l⁻¹; -45,3%), TOC (200 mg.l⁻¹; -70 %) TIC (73 mg.l⁻¹; -1,4 %), TC (280 mg.l⁻¹; -50,0 %). Rovněž poněkud překvapivě působí výsledky rozpuštěných forem P a Fe. Koncentrace P_{rozp.} poklesla na 0,043 mg.l⁻¹ a byla paradoxně nejnižší ze všech vzorků odebraných na rybníku Vrbice. Zároveň bylo docíleno pozitivní retence 20,9 %, jako na jediném ze čtyř vzorků. U Fe_{rozp.} došlo naopak k osminásobnému zvýšení jeho hodnoty na 3,1 mg.l⁻¹, přičemž jeho retence byla přes 94 %.

Fáze „hodina po výlovu“ přinesla určité překvapení, neboť očekávaný a obvyklý nárůst koncentrace nerozpuštěných látek a dalších živin se nedostavil. Množství NL₁₀₅ a NL₅₅₀ naopak velmi výrazně pokleslo na 1 400 mg.l⁻¹, resp. 1 200 mg.l⁻¹. Jejich retence se ale zvýšila na 72,8 a 76,7 %. Pokles parametrů na úroveň srovnatelnou s fází „těsně před výlovem“ byl zaznamenán u BSK₅, TN, TIC, KNK_{4,5}, Ca a Fe_{rozp.}. Jejich retence byla přes přirozený pokles objemu průtoku vody bariery vcelku slušná. Ostatní látky (CHSK_{Cr}, TC, TOC, Fe) poklesly rovněž, ale jejich snížení bylo poněkud menší. Jejich retence byla, ale rovněž poměrně značná (37,0 %; 47,5 %; 53,9 %; 75,0 %). Důvodem takto výrazného poklesu koncentrace látek ve vodě byla skutečnost, že strojič sice zanechal námi požadovanou



hodinu po výlovu volně protékat požerákem vodu, ale zároveň do požeráku vrátil dvě dlužky, které zachovávaly určitý objem vody v lovišti. Voda odtékající z loviště tedy nezpůsobovala povrchovou erozi bahna, jak tomu bývá u prázdného rybníka, ale naopak měla prostor pro sedimentaci. To vedlo k zjištěnému zlepšení kvality vody ve fázi „po výlovu“. Motivací k takovému postupu byla snaha zamezit zavalení nízko položené roury a vývěřiště bahnem z loviště, které by dle zkušenosti v dalším roce komplikovalo vypuštění rybníka. Za povšimnutí zde stojí rovněž další zlepšení kvality vody na profilu D ve srovnání s profilem B.

Tabulka 14. Laboratorní výsledky kvality vody Vrbice

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)	Profil C „tráva“	Profil D „stoka“
BSK₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	21	19	-9,52		
	těsně před výlovem	31	17	-45,16	15	16
	výlov	210	120	-42,86		
	hodina po výlovu	27	17	-37,04		15
	průměr±SD	72,25±79,61	43,25±44,32	-40,14±14,24		
CHSK_{Cr} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	100	110	10,00		
	těsně před výlovem	150	110	-26,67	100	98
	výlov	530	770	45,28		
	hodina po výlovu	280	140	-50,00		130
	průměr±SD	265,00±166,51	282,50±281,72	6,60±36,22		
NL₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	170	110	-35,29		
	těsně před výlovem	540	190	-64,81	130	130
	výlov	47 000	18 000	-61,70		
	hodina po výlovu	1 400	380	-72,86		270
	průměr±SD	12 277,5±20052,01	4 670±7696,7	-61,96±14,09		
NL₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	120	77	-35,83		
	těsně před výlovem	430	140	-67,44	90	95
	výlov	40 000	15 000	-62,50		
	hodina po výlovu	1 200	280	-76,67		210
	průměr±SD	10 437,50±17072,45	3 874,25±6423,87	-62,88±15,18		
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	7,6	7,5	-1,32		
	těsně před výlovem	11	8,1	-26,36	7,3	7,5
	výlov	53	46	-13,21		
	hodina po výlovu	19	12	-36,84		8,6
	průměr±SD	22,65±18,00	18,40±16,03	-18,76±13,40		
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	0,67	0,71	5,97		
	těsně před výlovem	1,4	0,79	-43,57	0,63	0,62
	výlov	30	22	-26,67		
	hodina po výlovu	1,8	0,82	-54,44		0,73
	průměr±SD	8,47±12,44	6,08±9,19	-28,20±22,84		
P_{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	0,087	0,21	141,38		
	těsně před výlovem	0,12	0,14	16,67	0,13	0,14
	výlov	0,043	0,034	-20,93		
	hodina po výlovu	0,073	0,086	17,81		0,068
	průměr±SD	0,08±0,03	0,12±0,07	45,51±61,28		



Tabulka 15. Laboratorní výsledky kvality vody Vrbice

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)	Profil C „tráva“	Profil D „stoka“
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	39	39	0,00		
	těsně před výlovem	62	43	-30,65	39	37
	výlov	200	340	70,00		
	hodina po výlovu	130	60	-53,85		34
	průměr±SD	107,75±62,90	120,50±126,97	11,83±46,60		
TIC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	21	20	-4,76		
	těsně před výlovem	22	22	0,00	20	21
	výlov	73	74	1,37		
	hodina po výlovu	26	24	-7,69		25
	průměr±SD	35,50±21,73	35,00±22,56	-1,41±3,64		
TC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	60	59	-1,67		
	těsně před výlovem	84	85	1,19	59	58
	výlov	280	420	50,00		
	hodina po výlovu	160	84	-47,50		59
	průměr±SD	146,00±85,72	162,00±149,32	10,96±34,49		
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	2,1	2,1	0,00		
	těsně před výlovem	2,3	2,2	-4,35	2,1	2,2
	výlov	3,7	2,9	-21,62		
	hodina po výlovu	2,8	2,7	-3,57		2,6
	průměr±SD	2,73±0,62	2,48±0,33	-9,17±8,38		
Ca (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	32	31	-3,13		
	těsně před výlovem	35	31	-11,43	32	31
	výlov	240	160	-33,33		
	hodina po výlovu	37	32	-13,51		31
	průměr±SD	86,00±0,62	63,50±0,33	-26,16±8,38		
Fe (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	7,8	5,7	-26,92		
	těsně před výlovem	27	9,5	-64,81	5,9	6,1
	výlov	1 200	910	-24,17		
	hodina po výlovu	64	16	-75,00		13
	průměr±SD	324,70±505,76	235,30±389,56	-27,53±22,49		
Fe _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem					
	ráno před výlovem	0,58	0,65	12,07		
	těsně před výlovem	0,38	0,61	60,53	0,57	0,65
	výlov	3,1	0,18	-94,19		
	hodina po výlovu	0,45	0,34	-24,44		0,29
	průměr±SD	1,13±1,14	0,45±0,19	-60,53±56,46		

Bilance živiny

Vypočtené bilance pro vybrané látky ukazuje obrázek 18. Nerozpuštěné látky sušené dosáhly záchytu 60,0 %, resp. žíhané 61,4 %. Překvapivě záporná byla retence TOC (-8,0 %). Poměrně nízkého záchytu bylo docíleno u TN (7,4 %) a TP (18,4 %). Záporná retence, tedy naopak uvolnění živin bylo zjištěno pro rozpuštěné formy fosforu (-126 %). Naproti tomu pozitivní retence byla zjištěna pro Ca_{rozp.} (12 %). Retence dalších parametrů uvádí tabulka 16.



Tabulka 16. Přehled bilance vybraných parametrů kvality vody a živin na rybníku Vrbice

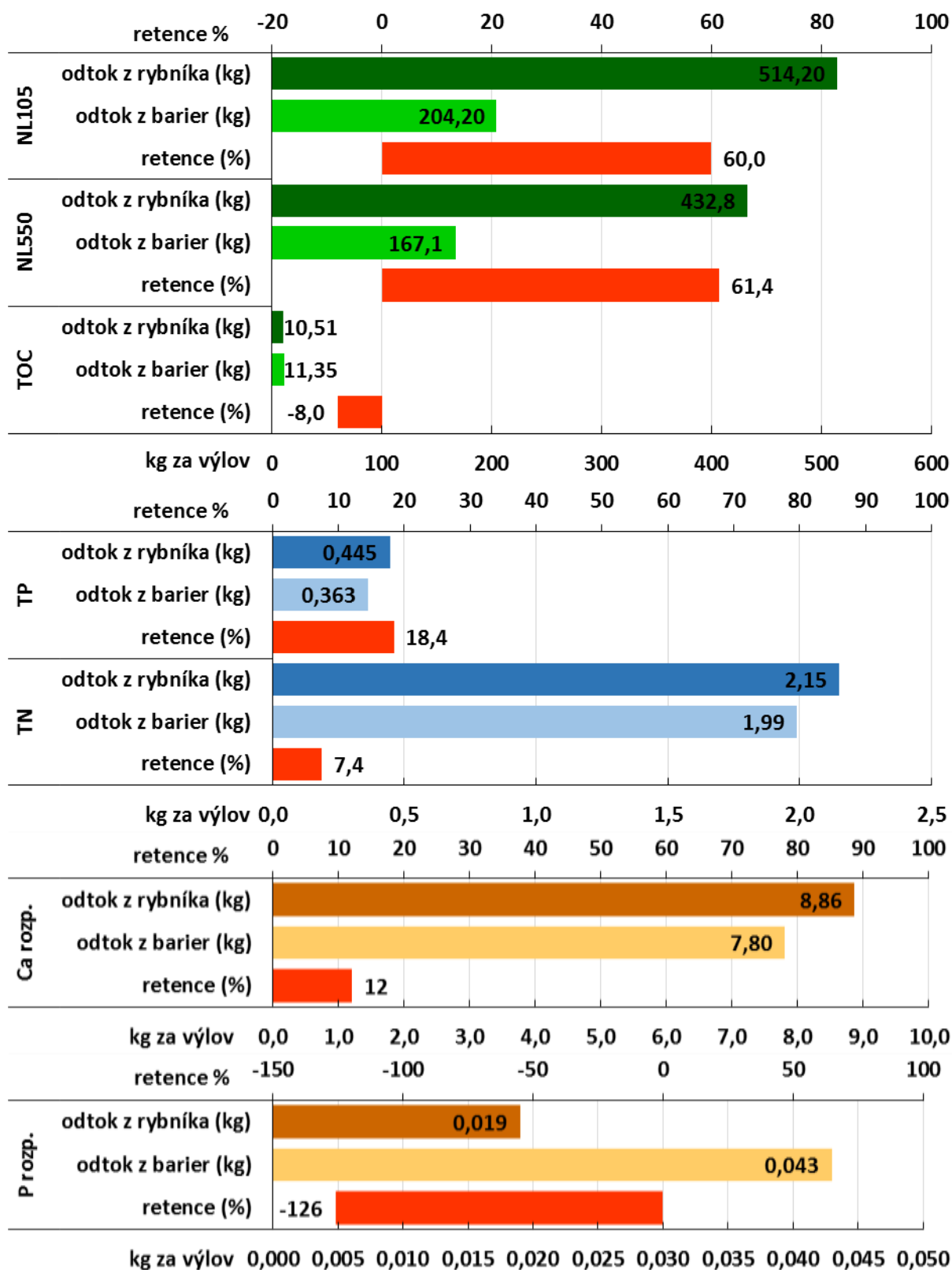
Parametr	BSK ₅	CHSK _{Cr}	TC	TIC	Fe
Přítok z rybníku (kg)	6,44	26,75	15,56	4,96	14,06
Odtok pod 2 barierou (kg)	4,98	29,81	16,42	4,80	10,33
Retence (kg)	1,46	-3,06	-0,86	0,16	3,73
Retence (%)	22,7	-11,4	-5,5	3,2	26,5

Zkušenosti a postřehy

Výsledky získané na rybníku Vrbice ukázaly, že průtokem vody přes travní porost lze rovněž efektivně zlepšovat kvalitu vody vypouštěnou při výlovech (viz. obr. 17). Podobných výsledků bylo dosaženo i průtokem vody přes silně zarostlou stoku pod druhou barierou v délce cca 20 m. Na tomto rybníce bariery opět dobře zachytily unikající střevličku východní a zamezily šíření nepůvodního druhu.



Obrázek 17. Rozlití vody na travním porostu pod první (nahore vlevo) a druhou barierou (nahore vpravo), plevelné ryby zachycené nad první barierou (vlevo dole) a zarostlá stoka nad profilem D (vpravo dole)



Obrázek 18. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Vrbice



4.7 Pláňavy 2017

Budování hrázek a doba zdržení

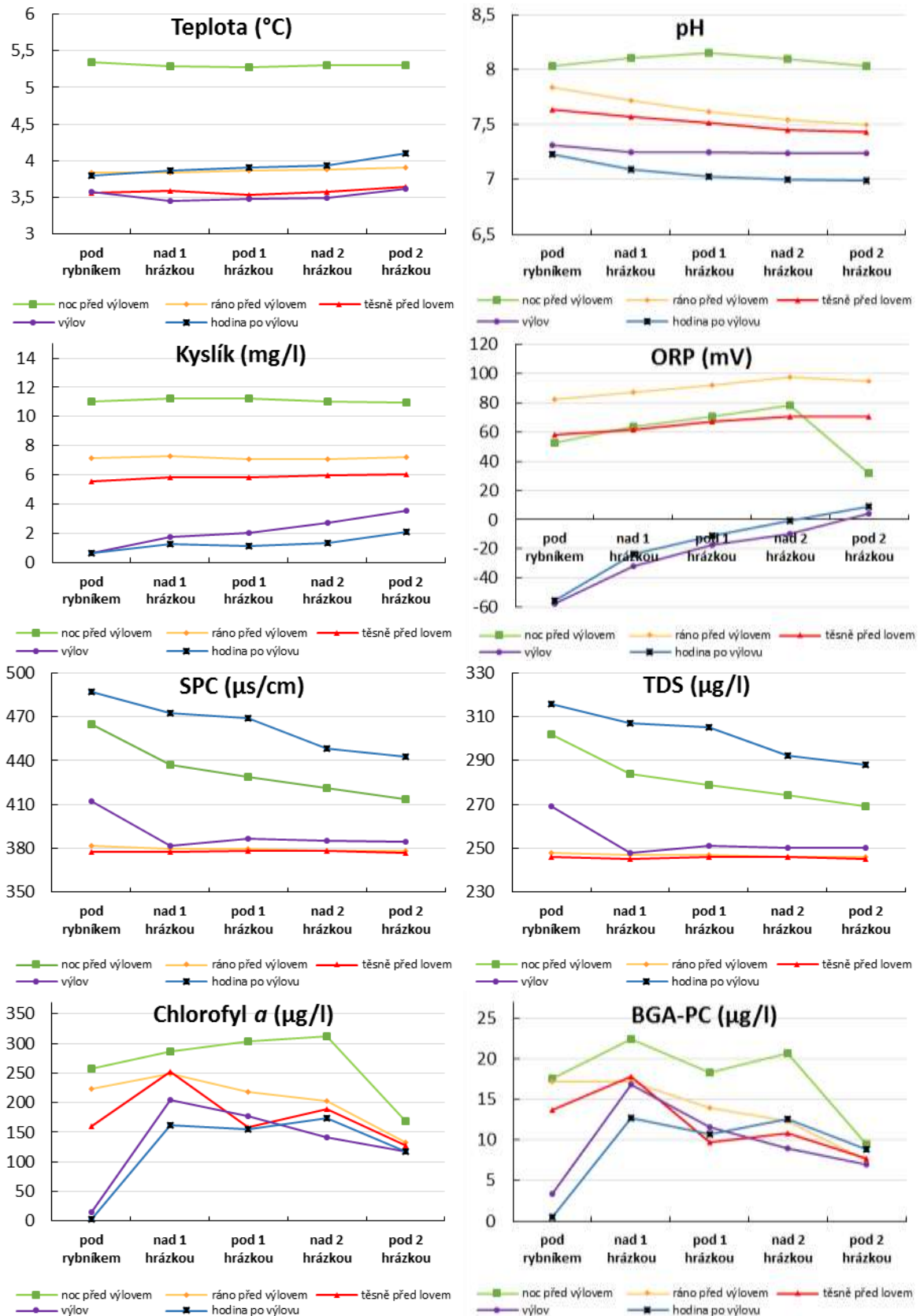
Na rybníku Pláňavy byla první hrázka postavena 32,5 m pod hrází rybníka, druhá o dalších 14 m níže, tedy 46,5 m od hráze. Více prostoru pod rybníkem nebylo k dispozici, jelikož stoka po dalších 30 m ústila do výtopy rybníka Milavy (prostor zarostlý stromy). Objem akumulované vody nad první barierou byl 19,4 m³ a nad druhou barierou 9 m³. Celkový objem akumulované vody byl tedy 28,4 m³. Teoretická doba zdržení byla v prvních dvou fázích sledování (noc před výlovem – ráno před výlovem – těsně před výlovem) 31 až 37 minut. Následně došlo k jejímu dalšímu prodloužení na 50 min. (těsně před výlovem – výlov), resp. až na 189 min. v průběhu samotného výlovu. Vlastní bariery byly postaveny ze dvou řad balíků slámy se vzájemným překryvem styčných míst. Na tomto rybníce byla poprvé instalována jutová tkanina k vystlání dna zdrže těsně nad hrázkami z důvodu potlačení podtékání hrázek. Nutno dodat, že se toto řešení plně osvědčilo. Postupně došlo průtokem vody ke kolmataci dna zdrže, které následně dokázalo udržet zbytky zachycené vody společně i s přeživšími rybami.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku barierami uvádí tabulka č. 17. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 19. Teplota vody se pohybovala v noci před výlovem na úrovni 5,3 °C a do rána klesla na 3,5 °C. Hodnota pH byla průtokem přes bariery v obecné rovině mírně snižována, přičemž jeho hodnota v průběhu sledování rovněž poklesla z 8 na 7. Obsah kyslíku byl průtokem vody přes bariery mírně zvyšován. Přičemž při výlovu a po jeho ukončení vytékala z rybníku voda s obsahem O₂ jen 0,6 mg.l⁻¹, ale pod druhou barierou bylo naměřeno už 3,5, resp. 2 mg.l⁻¹. Dynamika ORP vykazovala při průtoku barierami zvyšování hodnot s výjimkou fáze „noc před výlovem“, kdy byla jeho hodnota naopak snížena. Měření v průběhu výlovu a po jeho ukončení ukázalo výrazné záporné hodnoty, které se po průtoku barierami zvýšily těsně nad nulu. V průměru došlo naopak ke snížení hodnot u SPC a TDS. Dynamika změny koncentrace Chlorofylu *a* a BGA-PC po průtoku barierami směřovala k zvyšování jejich hodnot s výjimkou posledních dvou měření, kde tomu bylo právě naopak.

Tabulka 17. Základní fyzikálně chemické parametry vody Pláňavy (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	5	4,02±0,67	4,01±0,66	4,01±0,65	4,03±0,66	4,11±0,62	4,04±0,65
SPC (μS.cm ⁻¹)	5	424,74±43,90	409,70±38,58	408,40±35,52	402,22±27,94	399,18±25,36	408,85±34,02
TDS (μg.l ⁻¹)	5	276,20±28,32	266,20±25,02	265,60±23,13	261,60±18,43	259,60±16,64	265,84±22,13
Salinita (ppt.)	5	0,21±0,02	0,20±0,02	0,20±0,02	0,19±0,02	0,19±0,01	0,20±0,02
Kyslík (mg.l ⁻¹)	5	5,00±3,97	5,47±3,69	5,45±3,64	5,62±3,42	5,98±3,09	5,50±3,56
Kyslík (%)	5	38,76±31,19	42,42±29,19	42,24±28,67	43,39±27,09	45,96±24,59	42,55±28,09
pH	5	7,61±0,30	7,55±0,36	7,51±0,38	7,47±0,37	7,44±0,34	7,52±0,35
ORP (mV)	5	16,16±60,04	31,40±48,94	40,32±45,28	47,16±43,59	41,92±35,35	35,39±45,92
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	5	131,84±105,01	230,76±43,18	202,66±55,64	203,96±57,72	133,15±19,00	180,47±52,40
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	5	10,47±7,14	17,42±3,08	12,88±3,10	13,11±4,02	8,10±0,91	12,39±3,13



Obrázek 19. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Pláňavy



Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulek č. 18 a 19 je patrné, že se kvalita vody v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. Kvalita vody v noci před výlovem a ráno před výlovem byla u všech parametrů velmi podobná s výjimkou $P_{\text{rozp.}}$, který poklesl téměř o polovinu. Hodnota BSK_5 dosahovala 25, resp. 22 mg.l^{-1} a průtokem přes bariery byla snížena velmi málo (0,0 %, resp. o 9,1 %). U $CHSK_{\text{Cr}}$, jejíž hodnoty dosáhly 140, resp. 100 mg.l^{-1} však došlo průtokem přes bariery k poněkud vyšší retenci (21,4 %, resp. 5,0 %). Koncentrace nerozpuštěných látek byla ve srovnání s ostatními rybníky spíše na podprůměrné úrovni, a to výrazněji zejména ve fázi „ráno před výlovem“. Pod rybníkem dosahovaly hodnoty NL_{105} 49, resp. 46 mg.l^{-1} a pro NL_{550} 19, resp. 20 mg.l^{-1} . Jejich retence byla velmi podobná, a to na úrovni kolem 10 % s výjimkou NL_{550} ráno před výlovem, kde bylo průtokem vody přes bariery docíleno zadržení o 20,0 %. Relativně malé zachycení živin bylo v těchto prvních dvou fázích zaznamenáno rovněž pro: TN, TC, TOC, TIC, $KNK_{4,5}$, Ca a $Fe_{\text{rozp.}}$. Naopak záporná retence, tedy zvýšení koncentrace živin bylo zjištěno ve stejných fázích u TP a $P_{\text{rozp.}}$. Rozpuštěné železo procházelo bariery beze změny koncentrace, zatímco u Fe jako takového, došlo k určitému snížení koncentrace pod bariery o 38,1 a 22,5 %.

Těsně před výlovem došlo překvapivě k mírnému poklesu BSK_5 na 17 mg.l^{-1} , zatímco jeho retence byla negativní (-23,5 %). U $CHSK_{\text{Cr}}$ došlo k určitému zvýšení hodnoty na 140 mg.l^{-1} , ale jeho retence byla rovněž zvýšená na -28,6 %. Nerozpuštěné látky sušené se zvýšily takřka čtyřnásobně na 200 mg.l^{-1} , zatímco žíhané až sedminásobně na 140 mg.l^{-1} . Retence obou parametrů byla vysoká 68 % a 75 %. Podobné výsledky byly zjištěny rovněž u Fe, které vzrostlo takřka sedminásobně na 6,9 mg.l^{-1} , při retenci 69,6 %. Poněkud nižší snížení koncentrace pod bariery o 34,3 %; 33,3 %; 25,4 %; 19,4 % a 15,9 % bylo zjištěno u TP; TIC; TC; TOC a TN, jejichž obsah ve vodě pod rybníkem se zvýšil v porovnání s předchozími fázemi méně výrazně. Naproti tomu velmi malá retence, resp. změna těsně nad 4 %, byla zjištěna u Ca, resp. $KNK_{4,5}$, jejichž koncentrace se rovněž na výtoku z rybníka nepatrně zvýšily. U rozpuštěných forem železa a fosforu byly změny v koncentraci malé, ale jejich retence byla opět negativní (-18,2 % a -88,4 %).

Výlov rybníku probíhal pomocí vatky a byly provedeny dva zátahy. Zbytek ryb byl doloven na kesery. V rybníce byl velký výskyt podetřených plevných ryb, které svými těly ucpávaly mříž v požeráku. Ta musela být nepřetržitě čištěna. Kvalita vody vytékající z rybníka v průběhu výlovu se zhoršila velmi výrazně. Koncentrace nerozpuštěných látek a TP vzrostla přibližně 60x na 11 000 mg.l^{-1} u NL_{105} , 8 800 mg.l^{-1} u NL_{550} a 48 mg.l^{-1} u TP. Na druhou stranu však byla zjištěna retence pod bariery na úrovni 99 %. Takřka 20x došlo rovněž ke zvýšení u BSK_5 na 330 mg.l^{-1} , zatímco u $CHSK_{\text{Cr}}$ to bylo až 39násobné zvýšení na 5 500 mg.l^{-1} . Podobně vysoký nárůst byl zaznamenán taky u TOC 1 100 mg.l^{-1} (35x) a TN 120 mg.l^{-1} (27x). Ve všech případech však byla retence velmi vysoká na úrovni 93,6 % až 97,4 %. Koncentrace celkového uhlíku se zvýšila je 16násobně (1 100 mg.l^{-1}) a vápníku pouze 9,5x (410 mg.l^{-1}). Jejich retence však byla rovněž velmi vysoká (95 % a 90 %). Nejvyšší nárůst koncentrace, více než stonásobný, byl zjištěn pro Fe (750 mg.l^{-1}). Avšak jeho zadržení bylo takřka absolutní (99,72 %). Naopak k nejmenšímu zvýšení koncentrace došlo u TIC (o 9 %) a $KNK_{4,5}$ (o 39 %). Jejich retence však byla ve srovnání s ostatními parametry výrazně nižší a to pouze 26,5 % a -31,3 %. Opět velmi specifický byl výsledek průtoku nerozpuštěných forem fosforu a dusíku bariery. Zatímco koncentrace $P_{\text{rozp.}}$ se prakticky nezměnila, jeho retence zůstala i nadále negativní, ale o polovinu méně (-42,9 %) ve srovnání s předchozí fází. Naproti tomu koncentrace $Fe_{\text{rozp.}}$ poklesla o více než polovinu na 0,05 mg.l^{-1} , ale jeho retence byla opět negativní, a to mnohem výrazněji (-100 %).



Fáze „hodina po výlovu“ přinesla opět překvapení v podobě poklesu koncentrace všech sledovaných parametrů s výjimkou TIC, resp. KNK_{4,5}, kde naopak nastalo jejich zvýšení o 347 %, resp. 15,6 %. Důvodem byl malý objem vody vytékající z rybníku, která fakticky stačila z části sedimentovat již v prostoru vývařiště, kde byl odebírán vzorek A. Vývařiště se tak chovalo obdobně jako loviště na rybníku Vrbice. Naměřené koncentrace zůstávaly stále velmi vysoké BSK₅ 94 mg.l⁻¹, CHSK_{Cr} 4900 mg.l⁻¹, NL₁₀₅ 9800 mg.l⁻¹, TN 99 mg.l⁻¹, TP 31 mg.l⁻¹, TOC 830 mg.l⁻¹, TC 1 000 mg.l⁻¹ a Fe 520 mg.l⁻¹. Jejich snížení průtokem vody bariérami však bylo stále velmi vysoké a to na úrovni 75,5 % až 99,3 %.

Tabulka 18. Laboratorní výsledky kvality vody Pláňavy

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	25	25	0,00
	ráno před výlovem	22	20	-9,09
	těsně před výlovem	17	21	23,53
	výlov	330	21	-93,64
	hodina po výlovu	94	23	-75,53
	průměr±SD	97,60±119,59	22,00±1,79	-77,46±45,43
CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	140	110	-21,43
	ráno před výlovem	100	95	-5,00
	těsně před výlovem	140	100	-28,57
	výlov	5 500	140	-97,45
	hodina po výlovu	4 900	130	-97,35
	průměr±SD	2 156,00±2 492,60	115,00±17,32	-94,67±39,48
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	49	45	-8,16
	ráno před výlovem	46	41	-10,87
	těsně před výlovem	200	64	-68,00
	výlov	11 000	78	-99,29
	hodina po výlovu	9 800	110	-98,88
	průměr±SD	4 219,00±5 061,32	67,60±25,05	-98,40±40,44
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	19	17	-10,53
	ráno před výlovem	20	16	-20,00
	těsně před výlovem	140	35	-75,00
	výlov	8 800	41	-99,53
	hodina po výlovu	8 000	57	-99,29
	průměr±SD	3 395,80±4 093,97	33,20±15,42	-99,02±38,41
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	4,1	4,1	0,00
	ráno před výlovem	3,7	3,4	-8,11
	těsně před výlovem	4,4	3,7	-15,91
	výlov	120	4,7	-96,08
	hodina po výlovu	99	7,1	-92,83
	průměr±SD	46,24±52,08	4,60±1,32	-90,05±42,66
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,34	0,37	8,82
	ráno před výlovem	0,37	0,39	5,41
	těsně před výlovem	0,73	0,48	-34,25
	výlov	48	0,52	-98,92
	hodina po výlovu	31	0,82	-97,35
	průměr±SD	16,09±19,86	0,52±0,16	-96,79±47,30
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,13	0,11	-15,38
	ráno před výlovem	0,08	0,13	62,50
	těsně před výlovem	0,069	0,13	88,41
	výlov	0,07	0,1	42,86
	hodina po výlovu	0,054	0,15	177,78



průměr±SD 0,08±0,03 0,12±0,02 53,85±63,29

Tabulka 19. Laboratorní výsledky kvality vody Pláňavy

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	28	29	3,57
	ráno před výlovem	25	23	-8,00
	těsně před výlovem	31	25	-19,35
	výlov	1 100	29	-97,36
	hodina po výlovu	830	28	-96,63
	průměr±SD	402,80±466,91	26,80±2,40	-93,35±44,23
TIC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	28	28	0,00
	ráno před výlovem	32	30	-6,25
	těsně před výlovem	45	30	-33,33
	výlov	49	36	-26,53
	hodina po výlovu	170	50	-70,59
	průměr±SD	64,80±53,18	34,80±8,06	-46,30±24,90
TC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	55	54	-1,82
	ráno před výlovem	52	51	-1,92
	těsně před výlovem	67	50	-25,37
	výlov	1 100	55	-95,00
	hodina po výlovu	1 000	72	-92,80
	průměr±SD	451,80±487,03	56,40±8,01	-87,60±42,14
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	noc před výlovem	2,3	2,2	-4,35
	ráno před výlovem	2,2	2,2	0,00
	těsně před výlovem	2,3	2,2	-4,35
	výlov	3,2	2,2	-31,25
	hodina po výlovu	3,7	2,9	-21,62
	průměr±SD	2,74±0,60	2,34±0,28	-14,60±12,03
Ca (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	45	45	0,00
	ráno před výlovem	40	39	-2,50
	těsně před výlovem	43	41	-4,65
	výlov	410	40	-90,24
	hodina po výlovu	280	47	-83,21
	průměr±SD	163,60±153,72	42,40±3,07	-74,08±41,41
Fe (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	1,1	0,68	-38,18
	ráno před výlovem	1,2	0,93	-22,50
	těsně před výlovem	6,9	2,1	-69,57
	výlov	750	2,1	-99,72
	hodina po výlovu	520	3,4	-99,35
	průměr±SD	255,84±318,02	1,84±0,97	-99,28±31,39
Fe _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,13	0,13	0,00
	ráno před výlovem	0,11	0,11	0,00
	těsně před výlovem	0,11	0,13	18,18
	výlov	0,05	0,10	100,00
	hodina po výlovu	0,06	0,09	50,00
	průměr±SD	0,09±0,03	0,11±0,02	21,74±37,88

Bilance živin

Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 20. Nerozpuštěné látky sušené dosáhly vysoké úrovně zachytu 77,0 %, resp. žíhané 85,0 %. Na vyšší úrovni 61 % byla zjištěna rovněž retence TP. Poněkud nižší však byla vypočtena retence TOC (32,8 %) a TN (28,3 %). Překvapivě pozitivní retence byla zjištěna rovněž pro Ca_{rozp.} (10,3 %) a P_{rozp.} (4,0 %). Retence dalších parametrů uvádí tabulka 20.

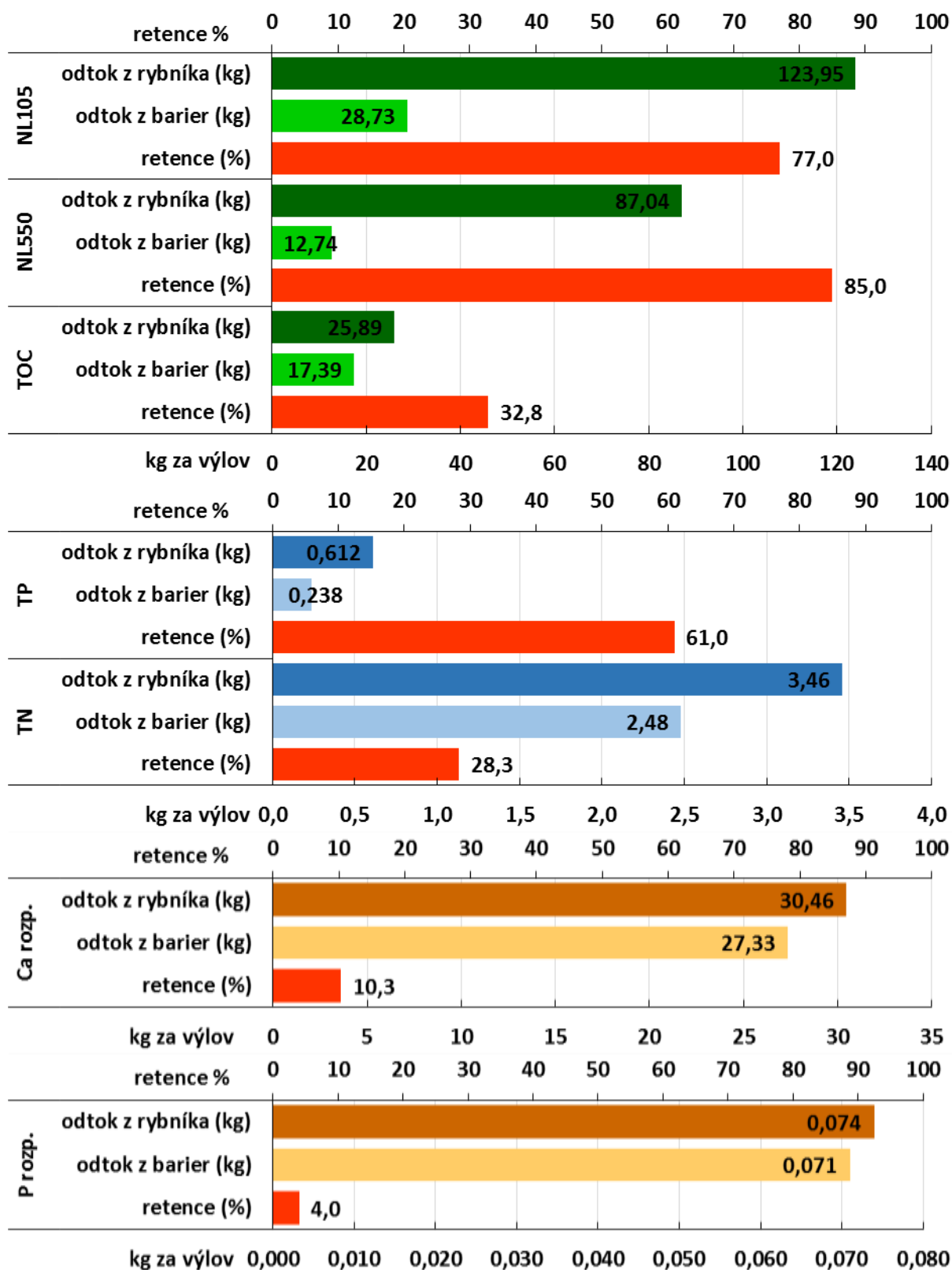


Tabulka 20. Přehled bilance vybraných parametrů kvality vody a živin na rybníku Pláňavy

Parametr	BSK ₅	CHSK _{Cr}	TC	TIC	Fe
Přítok z rybníku (kg)	17,44	126,60	42,88	18,68	6,92
Odtok pod 2 barierou (kg)	14,72	67,10	33,28	17,80	0,52
Retence (kg)	2,72	59,50	9,60	0,88	6,40
Retence (%)	15,6	47,0	22,4	4,7	92,5

Zkušenosti a postřehy

Výsledky získané na rybníku Pláňavy je možné považovat za nejlepší ze všech sledovaných rybníků. Situace pod rybníkem byla pro stavbu hrázek ideální po všech stránkách. Vystlání prostoru před barierami jutovou tkaninou pomohlo snížit problémy s podtékáním hrázek. Na tomto rybníce bariery opět dobře zachytily unikající střevličku východní a zamezily šíření nepůvodního druhu.



Obrázek 20. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Pláňavy



4.8 Novokoželský 2017

Budování hrázek a doba zdržení

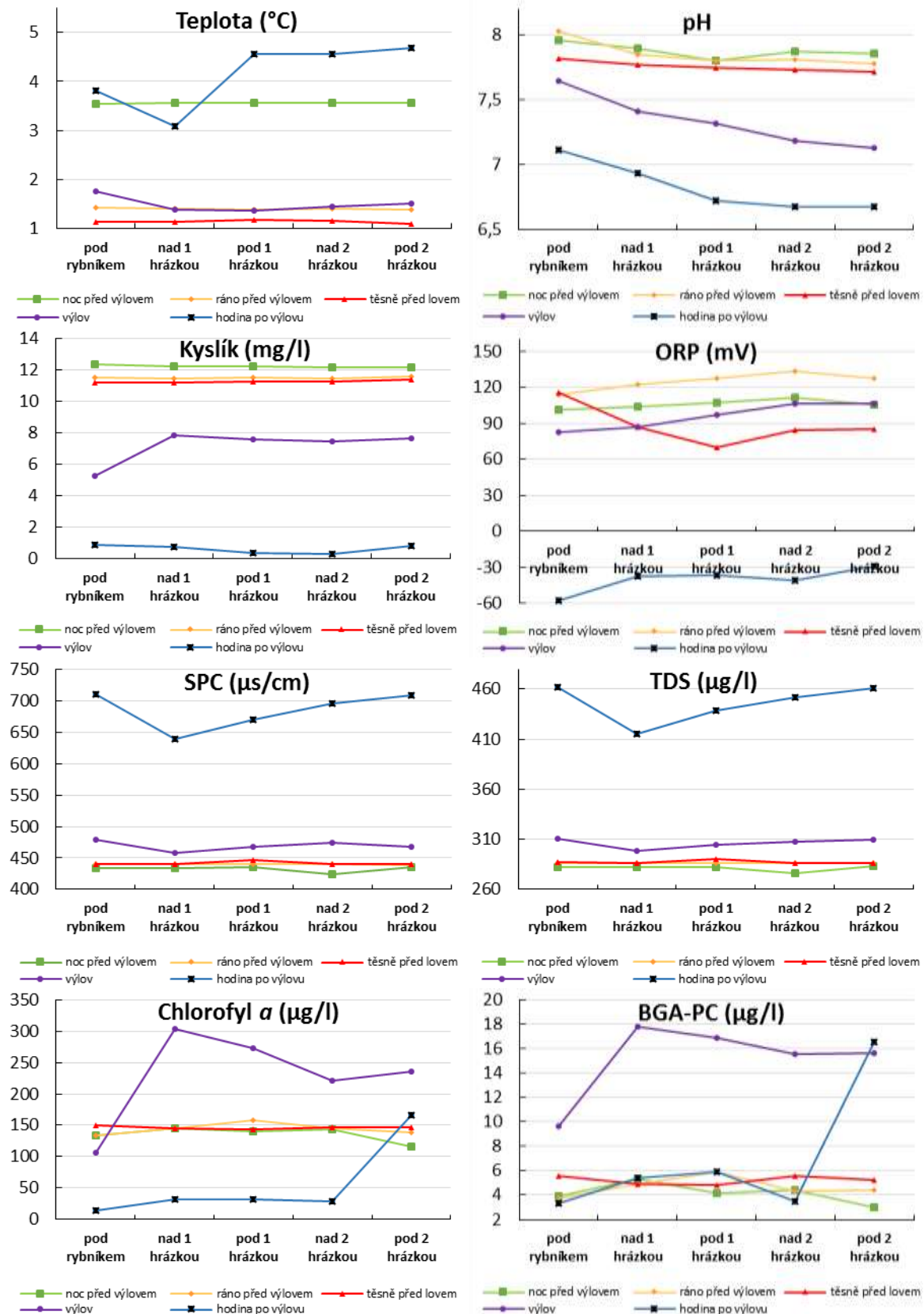
Na rybníku Novokoželský 2017 byla stoka v létě po předchozím testování kompletně vyčištěna. První hrázka byla postavena 51 m pod hrází a druhá o 16,5 m níže, tedy 67,5 m od hráze. Objem první bariery byl 42,3 m³ a druhé 18,7 m³. Celkový objem obou barier byl tedy 70 m³. Teoretická doba zdržení byla mezi fázemi noc před výlovem a ráno před výlovem 65 min. Následně při intenzivním prázdnění rybníka a průtoku vody 3,86 m³.min.⁻¹ poklesla na 18 minut. V průběhu výlovu, ale opět vzrostla na 78 minut (0,9 m³.min.⁻¹). Vlastní bariery byly postaveny ze dvou řad balíků slámy se vzájemným překryvem styčných míst. Na tomto rybníce byla rovněž instalována jutová tkanina k vystlání dna zdrže těsně nad hrázkami z důvodu potlačení podtékání hrázek. S ohledem na relativně velkou výšku barier a velký průtok vody však k určitému podtékání docházelo.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku barierami uvádí tabulka č. 21. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 21. Teplota vody byla s ohledem na termín výlovu nízká a pohybovala se v noci před výlovem na úrovni 3,5 °C a do rána klesla pod 2 °C. Hodinu po výlovu, za jasného počasí však opět vzrostla na 3,8 °C. Hodnota pH byla průtokem přes bariery mírně snižována, přičemž jeho úroveň v průběhu celého sledování rovněž poklesla z 8 na 7,11. Obsah kyslíku byl průtokem vody přes bariery opět mírně zvyšován. Přičemž hodinu po výlovu vytékala z rybníku voda s obsahem O₂ jen 0,9 mg.l⁻¹. Dynamika ORP vykazovala při průtoku barierami zvyšování hodnot s výjimkou fáze „těsně před výlovem“, kdy byla jeho hodnota naopak snížena. Měření hodinu po výlovu ukázalo výrazné záporné hodnoty (-57,9 mV), které se průtokem barierami zmírňovaly (-28,8 mV). V průměru došlo naopak ke snižování hodnot SPC a TDS, i když se jednalo o velmi malé absolutní hodnoty. Dynamika změny koncentrace Chlorofylu *a* a BGA-PC po průtoku barierami směřovala k zvyšování jejich hodnot s výjimkou měření „noc před výlovem“ a „těsně před výlovem“, kde tomu bylo právě naopak.

Tabulka 21. Základní fyzikálně chemické parametry vody Novokoželský 2017 (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Nad 2 hrázkou	Pod 2 hrázkou	Průměr ±SD
Teplota (°C)	5	2,33±1,12	2,11±1,01	2,41±1,38	2,43±1,38	2,45±1,42	2,35±1,25
SPC (μS.cm ⁻¹)	5	501,04±105,75	482,34±78,76	491,92±89,74	495,04±101,49	498,28±106,00	493,72±96,21
TDS (μg.l ⁻¹)	5	325,60±68,96	313,40±51,08	320,20±59,86	321,60±66,04	325,20±68,60	321,20±62,89
Salinita (ppt.)	5	0,24±0,05	0,23±0,04	0,24±0,05	0,24±0,05	0,24±0,05	0,24±0,05
Kyslík (mg.l ⁻¹)	5	8,25±4,45	8,71±4,26	8,60±4,44	8,54±4,45	8,73±4,27	8,57±4,36
Kyslík (%)	5	60,32±32,03	63,24±30,98	62,28±32,43	61,86±32,48	63,36±31,27	62,21±31,73
pH	5	7,71±0,33	7,57±0,36	7,48±0,42	7,45±0,46	7,43±0,46	7,53±0,40
ORP (mV)	5	71,22±65,64	72,60±56,55	72,90±57,84	78,82±61,98	79,18±55,59	74,94±58,96
Chlor. <i>a</i> (μg.l ⁻¹)	5	107,67±48,97	154,20±86,76	149,38±76,45	136,87±62,02	160,35±40,94	141,69±55,11
BGA-PC (μg.l ⁻¹)	5	5,26±2,32	7,68±5,06	7,52±4,71	6,69±4,48	8,95±5,85	7,22±4,05



Obrázek 21. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Novokoželský 2017



Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulek č. 22 a 23 je patrné, že se kvalita vody v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. Kvalita vody v noci před výlovem a ráno před výlovem byla opět u všech parametrů velmi podobná, jen s velmi malým nárůstem mezi fázemi, s výjimkou TIC a $KNK_{4,5}$, které naopak poklesly. Proto budou obě tyto fáze komentovány společně. Většina sledovaných ukazatelů byla ve srovnání s ostatními rybníky relativně nízká a to i přes poměrně vysokou biomasu ryb ($K_2 - 1\ 340\ \text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Důvod je možné spatřovat v nízké teplotě vody, která inhibovala pohybovou aktivitu ryb. Hodnota BSK_5 dosahovala jen 9,2 (noc před výlovem), resp. 11 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (ráno před výlovem) a průtokem přes bariery byla změněna oběma směry (+19,6 %, resp. -9,1 %). Podobně na tom byla rovněž hodnota $CHSK_{Cr}$: 82, resp. 93 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ při retenci 12,2 % a 5,38 %. Koncentrace nerozpuštěných látek byla ve srovnání s ostatními rybníky podprůměrná. Pod rybníkem dosahovaly hodnoty NL_{105} 58, resp. 63 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a pro NL_{550} 23, resp. 31 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Průchodem vody přes bariery však došlo paradoxně ke zvýšení naměřených hodnot.

Minimální, nebo dokonce zvýšené zachycení živin bylo zjištěno pro obě fáze vzorkování u: TN (+25,9 % a -2,9 %), TP (+2,8 % a +10,3 %), TC (-1,8 % a 0,0%), TOC (+17,4 % a 0,0 %), TIC (+5,9 % a 0,0 %), $KNK_{4,5}$ (-3,1 % a +3,3 %), Ca (+2,2 % a -4,17 %), Fe (0,0 % a +56,0 %). Koncentrace rozpuštěných forem železa nepatrně vzrostla (z 0,05 na 0,06 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), přičemž se ale výrazně změnila jeho retence $Fe_{rozp.}$ (40,0 % a -16,7 %). Naproti tomu $P_{rozp.}$ nevykazoval tak výrazné rozdíly, jak u své koncentrace (z 0,025 na 0,026 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), tak i u zjištěné negativní retence (-64,0 % a -57,7 %).

Těsně před výlovem došlo k dalšímu mírnému zvýšení BSK_5 na 13 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, zatímco jeho retence byla již pozitivní (24,6 %). U $CHSK_{Cr}$ došlo již k výraznějšímu zvýšení hodnoty na 130 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a jeho retence byla rovněž zvýšená na 29,3 %. Nerozpuštěné látky sušené se zvýšily čtyřnásobně na 250 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, zatímco žíhané až 5,5krát na 170 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Retence obou parametrů byla již vysoká 62,0 % a 65,9 %. Podobné výsledky byly zjištěny rovněž u Fe, které vzrostlo čtyřnásobně na 10,0 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, při retenci 54,0 %. Větší než dvojnásobné zvýšení koncentrace v této fázi bylo zjištěno u TP (0,88 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a to při značné retenci 51,1 %. Malé zvýšení koncentrace na úrovni 30 až 60 % ve srovnání s ránem před výlovem, bylo zjištěno u TN, TOC, TIC a TC. Pokles jejich obsahu ve vodě po průtoku bariery byl však spíše menší, a to na úrovni 20,0 až 35,9 %. Naproti tomu koncentrace Ca, resp. $KNK_{4,5}$ se zvýšily rovněž nepatrně, ale jejich retence byla velmi malá 6,0 %, resp. 0,0 %. Množství unikajícího $P_{rozp.}$ z rybníku opět nepatrně vzrostlo (z 0,026 na 0,029 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ale jeho negativní retence opět poklesla (-27,6 %). Koncentrace $Fe_{rozp.}$ se však vůbec nezměnila, ale jeho retence byla nulová.

Kvalita vody vytékající z rybníka v průběhu výlovu se opět výrazně zhoršila. Koncentrace nerozpuštěných látek vzrostla přibližně 25x, resp. u TP až 35x na 5 900 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ u NL_{105} ; 4 400 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ u NL_{550} a 31 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ u TP. Na druhou stranu však byla zjištěna jejich retence pod bariery na úrovni kolem 95 %. K více než desetinásobnému zvýšení koncentrací ve srovnání s fází „těsně před výlovem“ došlo při samotném výlovu rovněž u BSK_5 (180 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), $CHSK_{Cr}$ (2 000 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a TOC (630 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Výrazně se však rovněž zvýšil rovněž jejich záchyt při průtoku bariery a to na úroveň 90,0 %, 86,5 % a 91,3 %. Nejvyšší nárůst koncentrace, a to 47násobný, však byl zaznamenán pro Fe (470 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Jeho zadržení bariery však bylo velmi vysoké (97,02 %). Několikanásobně došlo rovněž ke zvýšení koncentrací u TC (750 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$; 8,9x), Ca (230 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$; 4,6x) a TIC (230 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$; 4,3x) a to vše při retenci nad 77 %. Malý nárůst zvýšení koncentrací při výlovu, na úrovni 20, resp. 40 % ve srovnání s výše uvedenými parametry byl naopak zaznamenán u $KNK_{4,5}$, resp. TN. Jejich retence však byla odlišná (10,8 %, resp. -27,9 %). Specifický byl výsledek průtoku nerozpuštěných forem fosforu a dusíku bariery. Koncentrace $P_{rozp.}$ se mírně zvýšila



společně s jeho negativní retencí (-29,0 %) ve srovnání s předchozí fází. Naproti tomu koncentrace $Fe_{rozp.}$ poklesla o třetinu na $0,04 \text{ mg.l}^{-1}$, ale jeho zadržení bylo naopak pozitivní (25,0 %).

Tabulka 22. Laboratorní výsledky kvality vody Novokoželský 2017

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
BSK₅ (mg.l^{-1})	noc před výlovem	9,2	11	19,57
	ráno před výlovem	11	10	-9,09
	těsně před výlovem	13	9,8	-24,62
	výlov	180	18	-90,00
	hodina po výlovu	430	79	-81,63
	průměr±SD	128,64±164,28	25,56±26,89	-80,13±42,27
CHSK_{Cr} (mg.l^{-1})	noc před výlovem	82	92	12,20
	ráno před výlovem	93	88	-5,38
	těsně před výlovem	130	92	-29,23
	výlov	2 000	270	-86,50
	hodina po výlovu	7 600	2 300	-69,74
	průměr±SD	1 981,00±2 904,15	568,40±868,58	-71,31±37,40
NL₁₀₅ (mg.l^{-1})	noc před výlovem	58	61	5,17
	ráno před výlovem	63	84	33,33
	těsně před výlovem	250	95	-62,00
	výlov	5 900	300	-94,92
	hodina po výlovu	17 000	4 800	-71,76
	průměr±SD	4 654,20±6 566,15	1 068,0±1 867,98	-77,05±48,80
NL₅₅₀ (mg.l^{-1})	noc před výlovem	23	24	4,35
	ráno před výlovem	31	48	54,84
	těsně před výlovem	170	58	-65,88
	výlov	4 400	190	-95,68
	hodina po výlovu	13 000	3 600	-72,31
	průměr±SD	3 524,80±5 025,32	784,00±1 409,19	-77,76±55,94
TN (mg.l^{-1})	noc před výlovem	2,7	3,4	25,93
	ráno před výlovem	3,4	3,3	-2,94
	těsně před výlovem	4,5	3,6	-20,00
	výlov	6,1	7,8	27,87
	hodina po výlovu	230	76	-66,96
	průměr±SD	49,34±90,34	18,82±28,64	-61,86±34,87
TP (mg.l^{-1})	noc před výlovem	0,36	0,37	2,78
	ráno před výlovem	0,39	0,43	10,26
	těsně před výlovem	0,88	0,43	-51,14
	výlov	31	1,2	-96,13
	hodina po výlovu	83	13	-84,34
	průměr±SD	23,13±32,18	3,09±4,97	-86,66±43,65
P_{rozpuštěný} (mg.l^{-1})	noc před výlovem	0,025	0,041	64,00
	ráno před výlovem	0,026	0,041	57,69
	těsně před výlovem	0,029	0,037	27,59
	výlov	0,031	0,040	29,03
	hodina po výlovu	0,019	0,018	-5,26
	průměr±SD	0,03±0,00	0,04±0,01	36,15±24,77

Fáze „hodina po výlovu“, kdy zůstal požeřák zcela otevřen, přinesla standardní zvýšení koncentrace všech sledovaných parametrů s výjimkou $P_{rozp.}$ a $Fe_{rozp.}$, které naopak poklesly. Zatímco se většina parametrů (NL_{105} – $17\,000 \text{ mg.l}^{-1}$, NL_{550} – $13\,000 \text{ mg.l}^{-1}$, TP – 83 mg.l^{-1} , TOC – $2\,200 \text{ mg.l}^{-1}$, TIC – 550 mg.l^{-1} , TC – $2\,500 \text{ mg.l}^{-1}$, Ca – 550 mg.l^{-1} , Fe – $1\,300 \text{ mg.l}^{-1}$,



BSK₅ – 430 mg.l⁻¹ a CHSK_{Cr} – 7 600 mg.l⁻¹) zvýšila zhruba trojnásobně u KNK_{4,5} to bylo jen o 60 %. Nicméně zadržení všech výše uvedených látek bylo velmi vysoké (67 až 84 %). Poněkud překvapivý byl opět výsledek P_{rozp.}, jehož koncentrace poklesla a retence byla lehce pozitivní (5,3 %). Naproti tomu koncentrace Fe_{rozp.} rovněž poklesla, ale průtokem vody bariérami byla jeho koncentrace extrémně navýšená (-11 233 %).

Tabulka 23. Laboratorní výsledky kvality vody Novokoželský 2017

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	23	27	17,39
	ráno před výlovem	26	26	0,00
	těsně před výlovem	39	28	-28,21
	výlov	630	55	-91,27
	hodina po výlovu	2 200	550	-75,00
	průměr±SD	583,60±841,03	137,20±206,69	-76,49±41,91
TIC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	34	36	5,88
	ráno před výlovem	33	33	0,00
	těsně před výlovem	53	34	-35,85
	výlov	230	52	-77,39
	hodina po výlovu	550	120	-78,18
	průměr±SD	180,00±199,23	55,00±33,23	-69,44±36,16
TC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	57	56	-1,75
	ráno před výlovem	59	59	0,00
	těsně před výlovem	84	63	-25,00
	výlov	750	100	-86,67
	hodina po výlovu	2 500	590	-76,40
	průměr±SD	690,00±942,95	173,60±208,81	-74,84±36,80
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	noc před výlovem	3,2	3,1	-3,13
	ráno před výlovem	3,0	3,1	3,33
	těsně před výlovem	3,1	3,1	0,00
	výlov	3,7	3,3	-10,81
	hodina po výlovu	5,9	5,1	-13,56
	průměr±SD	3,78±1,09	3,54±0,78	-6,35±6,40
Ca (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	46	47	2,17
	ráno před výlovem	48	46	-4,17
	těsně před výlovem	50	47	-6,00
	výlov	230	52	-77,39
	hodina po výlovu	550	120	-78,18
	průměr±SD	184,80±195,74	62,40±28,88	-66,23±36,90
Fe (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	2	2	0,00
	ráno před výlovem	2,5	3,9	56,00
	těsně před výlovem	10	4,6	-54,00
	výlov	470	14	-97,02
	hodina po výlovu	1 300	210	-83,85
	průměr±SD	356,90±504,80	46,90±81,66	-86,86±56,74
Fe _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,05	0,07	40,00
	ráno před výlovem	0,06	0,05	-16,67
	těsně před výlovem	0,06	0,06	0,00
	výlov	0,04	0,03	-25,00
	hodina po výlovu	0,03	3,4	11 233,33
	průměr±SD	0,05±0,01	0,72±1,34	1 404,17±4 493,56



Bilance živin

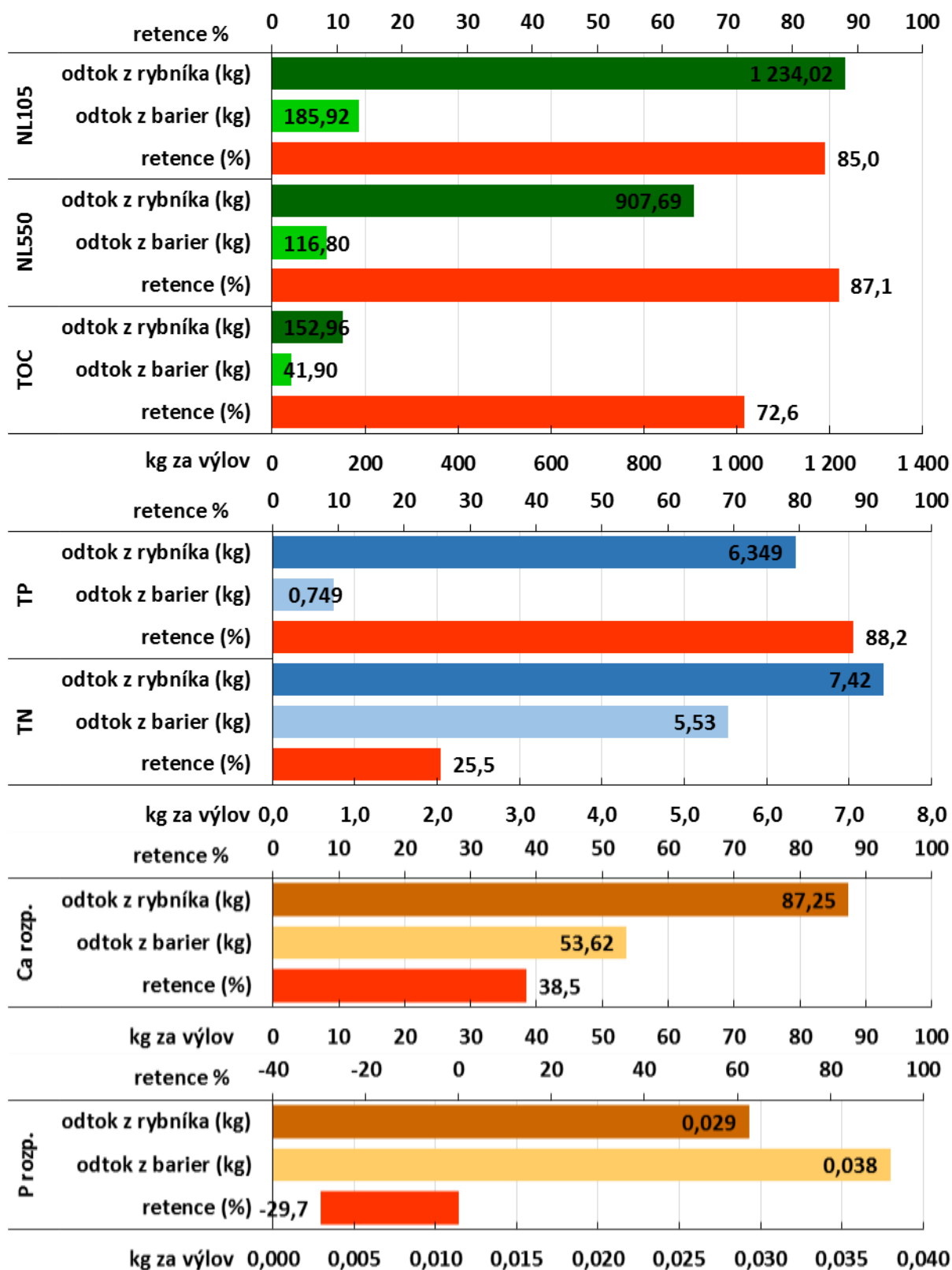
Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 22. Záchyt nerozpuštěných látek sušených dosáhl vysoké úrovně 85,0 % a žíhaných až 87,1 %. Velmi vysoká, až 88,2 % byla rovněž retence TP, zatímco u TOC to bylo poněkud nižší (72,6 %). Výrazně nižší však byla vypočtena retence TN 25,5 %. Překvapivě pozitivní a pro rozpuštěnou formu vcelku vysoká byla zjištěna retence $C_{arozp.}$ (38,5 %). Naproti tomu $P_{rozp.}$ vykázal -29,7 % uvolnění. Velmi vysokou retence dalších parametrů uvádí tabulka 24.

Tabulka 24. Přehled bilance vybraných parametrů kvality vody a živin na rybníku Pláňavy

Parametr	BSK ₅	CHSK _{Cr}	TC	TIC	Fe
Přítok z rybníku (kg)	43,24	503,00	209,45	78,34	93,58
Odtok pod 2 barierou (kg)	13,18	160,70	78,55	42,47	8,04
Retence (kg)	29,44	342,30	130,90	35,87	85,54
Retence (%)	68,1	68,1	62,5	45,8	91,4

Zkušební a postřehy

Výsledky získané na rybníku Novokoželský 2017 ukazují obdobně jako Pláňavy na dobré fungování bariery opatřené jutovou tkaninou. Bylo docíleno vysoké bilance zachycení takřka všech živin. Zvýšené uvolnění $P_{rozp.}$ v celkové bilanci však naznačuje, že k jeho uvolňování dochází při vyšších průtocích vody (intenzivní vypouštění rybníku), které způsobují turbulence usnadňující přístup fosforu z partikulí do vody. Podobně vysokou negativní bilanci záchytu látek je možné pozorovat i u ostatních rybníků, které byly v některé fázi strojení vypouštěny na maximum (Podsilničný, Ouhlín, Brdský a Vrvice). Z tohoto důvodu, jakož i pro optimální fungování hrázek (ztráta objemu vody při nízkém průtoku / živelné přelévání koruny hráze při max. prázdnění), je žádoucí docílit při strojení rybníků kontinuální a vyrovnaný odtok vody. Je potřeba zamezit extrémním stavům, kdy např. voda z rybníka přes noc neodtéká, aby následně byla ráno puštěna na maximum. K této věci je nutno dodat, že manipulace s vodou je do značné míry ovlivněna časovými možnostmi strojiče (účasť na výloveh / nakládka ryb / odpočinek), podmínkami na strojení (maringotka / auto), jakož i finančním ohodnocením přípravy rybníka k výlovu. Jelikož je období výlovu dlouhé, fyzicky namáhavé a časově náročné je logickou snahou strojiče splnit uložené úkoly co nejefektivněji a minimalizovat ztrátu osobního volna. Rybník Novokoželský, který je v prostoru loviště výrazněji zabahněný, měl ze sanitárních důvodů po výlovu otevřenou výpusť a jeho loviště bylo rovněž vyvezeno. Díky této skutečnosti bariery ve stoce pod rybníkem zachytily další unikající bahno i po ukončení našeho sledování. Za několik dní byly naplněné do své maximální kapacity. Tuto skutečnost názorně dokládá i objem vytěženého sedimentu (2016 – 49 m³, 2017 – 55,5 m³).



Obrázek 22. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Novokoželský 2017



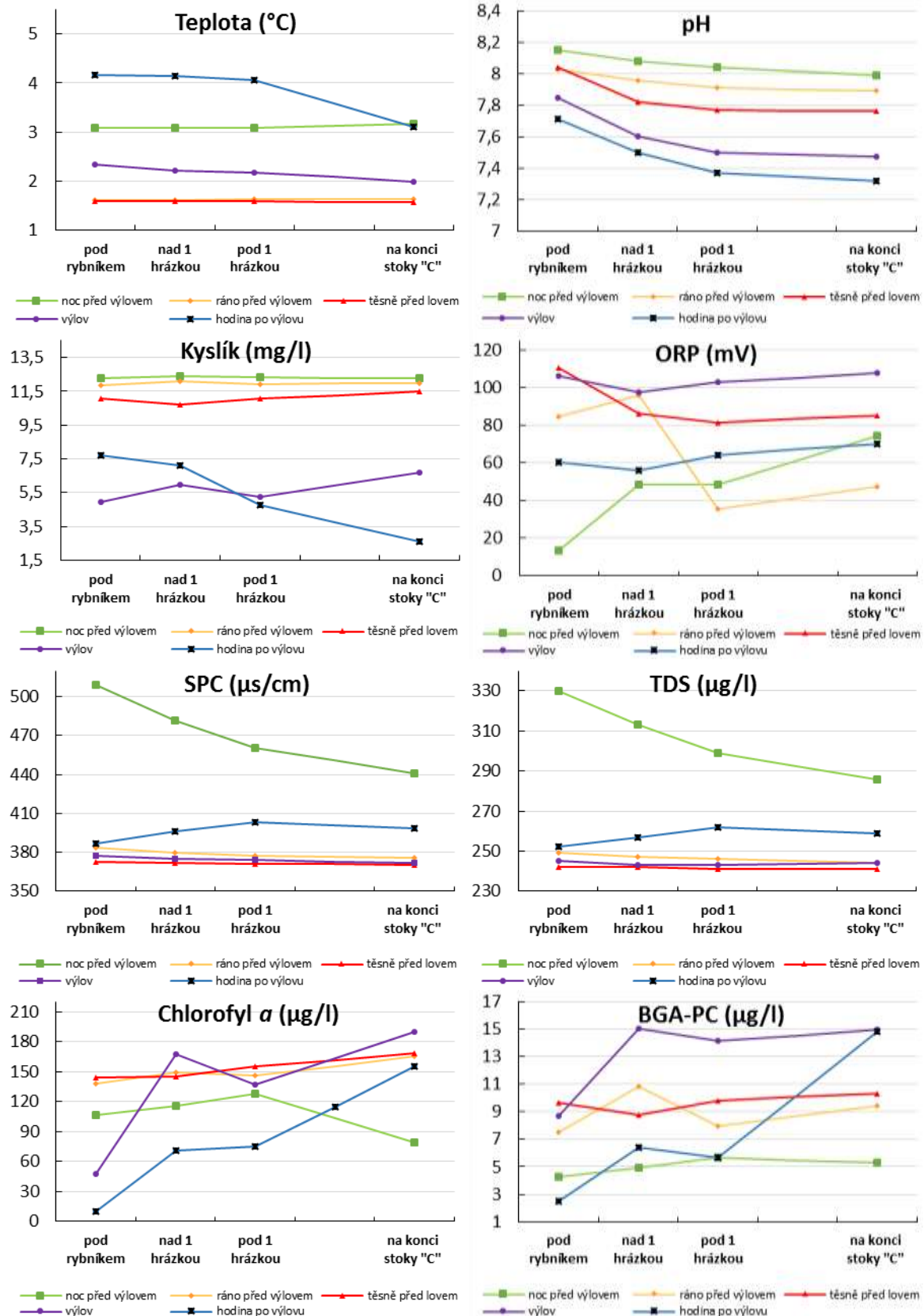
4.9 Mokrý 2017

Budování hrázek a doba zdržení

Rybník Mokrý, který byl posledním testovaným rybníkem, přinesl zcela mimořádnou a neočekávanou situaci. Přibližně 150 m pod jeho hrází začíná výtopy níže položeného rybníka (Starý Čekanický), který není v užívání Blatenské ryby spol s r.o. Stoka mezi oběma rybníky je poměrně široká a hluboká a vyznačuje se velmi malým spádem. Na podzim 2016 byla kompletně vyčištěna. Je-li níže položený rybník na plné vodě, jeho výtopy zasahuje až do vývařiče rybníka Mokrý. Proto bylo předem s majitelem dotčeného rybníka smlouveno, že jeho rybník bude prázdný a stoka pod Mokřým rybníkem bude bez vody. Tento slib však nebyl naplněn. Starý Čekanický rybník byl sice vypouštěn, ale nedokázal odvést velké množství vody přitékající z Mokřého rybníka. Za této situace se ukázalo nemožné postavit plnohodnotné hrázkou, jak tomu bylo u předchozích rybníků. Hlubokou stoku bylo možné překonat jen na jednom místě, kde byla 47 m od hráze přes stoku stará myslivecká lávka. Před ní jsme se pokusili vybudovat první barieru. To se zcela nepodařilo, neboť fixačními prostředky, které byly k dispozici, se nám podařilo překonat vztlak pouze dvou balíky slámy. K zahrazení celé výšky profilu stoky bylo zapotřebí balíky tři. S tímto omezením byl přesto tok stoky přehrazen dvěma řadami balíků slámy, které plavaly u hladiny, takže nade dnem nebylo koryto stoky uzavřeno. Za této situace nebylo technicky možné ani použití jutové tkaniny. Nicméně i takováto nedokonalá hrázka částečně fungovala, neboť dokázala zvýšit výšku vody nad barierou při větším průtoku o 5 až 10 cm. Druhou barieru s ohledem na šířku a hloubku stoky nebylo technicky možné postavit vůbec. Přes tyto nestandardní podmínky, bylo přistoupeno ke vzorkování, neboť přece jen ke vzduť a akumulace vody ve stoce došlo, i když ne zcela díky barierám z balíky slámy. Možnost sedimentace zde byla vytvořena. Pod první barierou byly odebrány vzorky vody s označením „profil B“, zatímco o dalších 51,5 m níže, kde měla být postavena druhá bariera, byl vzorkován „profil C“. Jeho výsledky jsou pak srovnávány obdobně jako profily B ostatních rybníků. Pro kontrolu byl po výlovu rybníku Mokrý odebrán rovněž ověřovací vzorek vody z rybníku Starý Čekanický, který je označený jako „profil D“. Objem akumulované vody nad první barierou byl 34,6 m³ a mezi profilem B a C dalších 72,6 m³. Celkový objem akumulované vody mezi hrázemi a profilem C byl tedy 107,2 m³. Teoretická doba zdržení vody byla vypočtena za noc před výlovem na 12 min (odtok 8,95 m³.min.⁻¹). Ve fázi „těsně před výlovem“ došlo k jejímu prodloužení na 46 minut (odtok 2,33 m³.min.⁻¹) a v průběhu výlovu dokonce takřka 325 min (odtok 0,33 m³.min.⁻¹).

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku barierami uvádí tabulka č. 25. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 23. Teplota vody byla s ohledem na termín výlovu nízká a pohybovala se v noci před výlovem na úrovni 3 °C a do rána klesla na 1,6 °C. Hodinu po výlovu však opět vzrostla na 4,17 °C. Hodnota pH byla průtokem přes bariery ve všech případech mírně snižována, přičemž jeho úroveň v průběhu celého sledování plynule poklesla z 8,15 na 7,71. Obsah kyslíku byl při průtoku vody stokou mírně zvyšován, nicméně hodinu po výlovu došlo naopak k jeho poklesu. Dynamika ORP vykazovala spíše zvyšování hodnot s výjimkou fázi ráno a těsně před výlovem, kdy byla jeho hodnota naopak snížena. Nicméně ani po výlovu nebyly zaznamenány záporné hodnoty ORP. V průměru došlo rovněž ke snižování hodnot SPC a TDS, i když po výlovu jejich obsah mírně narostl. Dynamika změny koncentrace Chlorofylu a a BGA-PC po průtoku vody stokou směřovala k zvyšování jejich hodnot s výjimkou měření „noc před výlovem“, kde množství Chlorofylu a pokleslo.



Obrázek 23. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody na rybníku Mokry



Tabulka 25. Základní fyzikálně chemické parametry vody Mokrý (průměr±SD)

Parametr	Počet měření	Pod rybníkem	Nad 1 hrázkou	Pod 1 hrázkou	Na konci stoky	Rybník pod D*	Průměr** ±SD
Teplota (°C)	5	2,56±0,98	2,53±0,98	2,50±0,95	2,29±0,70	2,85	2,47±0,89
SPC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	5	405,86±51,88	400,74±41,25	397,38±33,69	391,38±26,76	364	398,84±38,10
TDS ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	5	263,60±33,37	260,40±26,83	258,20±21,70	254,80±16,82	237	259,25±24,50
Salinita (ppt.)	5	0,19±0,02	0,19±0,02	0,19±0,02	0,19±0,01	0,17	0,19±0,02
Kyslík ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	5	9,58±2,81	9,65±2,62	9,07±3,34	9,01±3,79	13,37	9,33±3,04
Kyslík (%)	5	70,80±19,63	71,40±18,36	66,64±23,81	65,70±27,21	99,00	68,64±21,44
pH	5	7,96±0,16	7,79±0,22	7,72±0,25	7,69±0,25	7,86	7,79±0,22
ORP (mV)	5	75,14±35,77	76,96±20,59	66,54±23,75	77,10±19,88	62	73,94±20,70
Chlor. a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	5	89,06±52,42	129,62±33,95	127,95±28,18	151,69±38,02	67,85	124,58±28,63
BGA-PC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	5	6,52±2,71	9,20±3,56	8,65±3,16	10,97±3,64	1,92	8,83±2,70

*Starý Čekanický rybník, jedno měření u požeráku 20. 11. 2017 ve 13:00

**vyjma hodnot z profilu „rybník pod“

Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulek č. 26 a 27 je patrné, že se kvalita vody v průběhu strojení a výlovu rybníka výrazně měnila. U tohoto rybníka bude veškeré hodnocení kvality vody vztaženo na změnu koncentrací mezi profily A (pod hrázi rybníka Mokrý) a profilu C (konec stoky). Získána data z profilu B (pod první hrázkou) nebudou komentována a naleznete je v tabulkách 26 a 27. Kvalita vody ve fázi „noci před výlovem“ vykazovala u řady parametrů ve srovnání s ostatními rybníky nadprůměrně vyšší hodnoty. Tato skutečnost mohla být daná ani tak ne biomasou ryb, která nebyla nikterak velká $K_2 - 590 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, jako spíše silným větrem, který rozpochoval masu vody na mělké rozlitiň o velikosti cca 5 ha (výměra rybníku je 20 ha), která k ránu vypuštěním rybníka zanikla a koncentrovala již obsádku do prostoru „většího loviště“. Nízká teplota vody rovněž nezvyšovala pohybovou aktivitu ryb. Hodnota BSK_5 dosahovala $18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a průtokem stokou byla snížena na profilu C o 27,8 %. U CHSK_{Cr} , jehož hodnota dosáhla $110 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ však došlo k poněkud nižší retenci (9,1 %). Koncentrace nerozpuštěných látek byla ve srovnání s ostatními rybníky výrazně zvýšená. Pod rybníkem dosahovala hodnota NL_{105} $120 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a pro NL_{550} $73 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Jejich retence však byla pro tuto fázi ze všech sledovaných rybníků nejvyšší, a to 36,7 % (NL_{105}), resp. 41,1 % (NL_{550}). Stejně nadprůměrná byla i koncentrace Fe $3,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, při retenci 37,1 % a TP $0,47 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, při retenci 21,3 %. Podobně nadprůměrné hodnoty byly zjištěny rovněž u TN ($4,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a TOC ($38 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ale jejich retence byla velmi malá 6,7 % a 5,3 %. Naproti tomu žádné zvýšení ve srovnání s ostatními rybníky nebylo pro tuto fázi zjištěno pro: TIC ($21 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), TC ($59 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), $\text{KNK}_{4,5}$ ($2,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a Ca ($41 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Změny v koncentraci těchto parametrů však byly po průtoku vody stokou minimální. Poněkud překvapivé je však zjištění snížení koncentrací rozpuštěných forem P a Fe na profilu C (o 2,9 % a o 16,7 %), jejich absolutní hodnoty byly podprůměrné. Ráno před výlovem došlo k dalšímu mírnému nárůstu koncentrací (o 4 až 32 %) takřka všech sledovaných parametrů s výjimkou BSK_5 a $\text{Fe}_{\text{rozp.}}$, které naopak poklesli o 40 a 20 %. Největší zvýšení, a to o 43 %, bylo pozorováno u Fe, jeho retence však byla záporná (-4 %). Zajímavé je však zjištění výraznějšího zhoršení kvality vody na konci stoky u BSK_5 (o 30,8 %), NL_{105} (o 15,4 %), NL_{550} (o 17,72 %). Zbývající parametry vykazovaly na konci stoky jen velmi malou retenci na úrovni 0 až 7,7 %. Za rozbřesku byl nad lovištěm natažen plot a poté podložní síť v lovišti. Tato zvýšená pohybová aktivita vedla k nárůstu hodnot nad průměr ve fázi těsně před výlovem. Koncentrace nerozpuštěných látek se zvýšila více než 6, resp. 8krát (NL_{105} $810 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$; NL_{550} $640 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Na druhou stranu se však výrazně zvýšil i jejich záchyt v korytě stoky na 82,7 %, resp. 85,5 %. Výrazné zvýšení koncentrace ve fázi těsně před výlovem bylo zaznamenáno také u Fe na



24 mg.l⁻¹ (až 4,8krát). Jeho retence ve stoce však byla rovněž velmi vysoká (79,2 %). Naproti tomu hodnota u BSK₅, CHSK_{Cr} a TP vzrostla jen 2,5 až 2,9krát a jejich retence byla rovněž poněkud nižší i když stále vysoká (48,5 %; 51,4 % a 64,4 %). Mnohem menší nárůst obsahu, a to o 45 až 60 %, byl zaznamenán u TIC (32 mg.l⁻¹), TN (8,3 mg.l⁻¹), TOC (73 mg.l⁻¹) a TC (110 mg.l⁻¹). Zadržení těchto živin však bylo o poznání menší (18,8 %; 24,1 %; 37,0 % a 34,6 %). Žádná, resp. velmi malá změna koncentrace v porovnání s rámem před výlovem bylo zjištěna u KNK_{4,5}, resp. Ca. Stejně úrovně dosáhla i jejich retence (0,0 %, resp. 14,0 %). U rozpuštěných forem železa a fosforu byly změny v koncentraci spíše menší a představovaly zvýšení o 80 a 32 %. Jejich retence však byla pozitivní (44,4 a 25,9 %).

Tabulka 26. Laboratorní výsledky kvality vody Mokřý

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 1 hrázkou	Rozdíl A-B (%)	Profil C konec stoky	Rozdíl A-C (%)	Profil D rybník pod
BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	18	15	-16,67	13	-27,78	
	ráno před výlovem	13	16	23,08	17	30,77	
	těsně před výlovem	33	22	-33,33	17	-48,48	
	výlov	61	54	-11,48	24	-60,66	
	hodina po výlovu	64	35	-45,31	24	-62,50	10
	průměr±SD	37,80±21,24	28,40±14,65	-16,74±23,26	19,00±4,34	-33,73±34,54	
CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	110	110	0,00	100	-9,09	
	ráno před výlovem	130	130	0,00	120	-7,69	
	těsně před výlovem	370	270	-27,03	180	-51,35	
	výlov	680	770	13,24	210	-69,12	
	hodina po výlovu	590	420	-28,81	230	-61,02	85
	průměr±SD	376,00±232,17	340±242,16	-8,52±16,57	168,0±50,36	-39,65±26,14	
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	120	100	-16,67	76	-36,67	
	ráno před výlovem	130	140	7,69	150	15,38	
	těsně před výlovem	810	400	-50,62	140	-82,72	
	výlov	7 200	1 500	-79,17	220	-96,94	
	hodina po výlovu	3 900	790	-79,74	240	-93,85	29
	průměr±SD	2 432±2 762,76	586±518,98	-43,70±34,57	165,2±59,03	-58,96±43,01	
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	73	63	-13,70	43	-41,10	
	ráno před výlovem	79	93	17,72	93	17,72	
	těsně před výlovem	640	300	-53,13	93	-85,47	
	výlov	6 000	1 200	-80,00	150	-97,50	
	hodina po výlovu	3 300	640	-80,61	160	-95,15	10
	průměr±SD	2 018,4±2321,27	459,2±423,77	-41,94±38,54	107,8±42,76	-60,30±44,02	
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	4,5	4,6	2,22	4,2	-6,67	
	ráno před výlovem	5,7	6,1	7,02	5,6	-1,75	
	těsně před výlovem	8,3	7,8	-6,02	6,3	-24,10	
	výlov	18	20	11,11	7,4	-58,89	
	hodina po výlovu	17	13	-23,53	10	-41,18	3,3
	průměr±SD	10,70±5,70	10,30±5,62	-1,84±12,25	6,70±1,95	-26,52±21,34	
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,47	0,44	-6,38	0,37	-21,28	
	ráno před výlovem	0,62	0,66	6,45	0,61	-1,61	
	těsně před výlovem	1,8	1,2	-33,33	0,64	-64,44	
	výlov	10	3,3	-67,00	0,76	-92,40	
	hodina po výlovu	16	2	-87,50	0,87	-94,56	0,24
	průměr±SD	5,78±6,21	1,52±1,04	-33,55±35,46	0,65±0,17	-54,86±37,52	
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,034	0,034	0,00	0,033	-2,94	
	ráno před výlovem	0,041	0,038	-7,32	0,04	-2,44	
	těsně před výlovem	0,054	0,042	-22,22	0,04	-25,93	
	výlov	0,052	0,11	111,54	0,052	0,00	
	hodina po výlovu	0,035	0,048	37,14	0,061	74,29	0,05



průměr±SD 0,04±0,01 0,05±0,03 23,83±48,02 0,05±0,01 8,60±34,16

Tabulka 27. Laboratorní výsledky kvality vody Mokřý

Parametr	Vzorek	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 1 hrázkou	Rozdíl A-B (%)	Profil C konec stoky	Rozdíl A-C (%)	Profil D rybník pod
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	38	39	2,63	36	-5,26	
	ráno před výlovem	46	50	8,70	44	-4,35	
	těsně před výlovem	73	65	-10,96	46	-36,99	
	výlov	140	160	14,29	53	-62,14	
	hodina po výlovu	110	74	-32,73	54	-50,91	40
	průměr±SD	81,40±38,62	77,60±42,93	-4,67±16,81	46,60±6,56	-31,93±23,54	
TIC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	21	21	0,00	21	0,00	
	ráno před výlovem	22	20	-9,09	21	-4,55	
	těsně před výlovem	32	31	-3,13	26	-18,75	
	výlov	28	26	-7,14	23	-17,86	
	hodina po výlovu	32	39	21,88	29	-9,38	11
	průměr±SD	27,00±4,73	27,40±7,00	0,50±11,14	24,00±3,10	-10,11±7,33	
TC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	59	60	1,69	57	-3,39	
	ráno před výlovem	68	70	2,94	65	-4,41	
	těsně před výlovem	110	96	-12,73	72	-34,55	
	výlov	160	180	12,50	76	-52,50	
	hodina po výlovu	150	110	-26,67	83	-44,67	51
	průměr±SD	109,40±41,14	103,20±42,34	-4,45±13,72	70,60±8,96	-27,90±20,41	
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	noc před výlovem	2,3	2,3	0,00	2,3	0,00	
	ráno před výlovem	2,4	2,4	0,00	2,3	-4,17	
	těsně před výlovem	2,4	2,4	0,00	2,4	0,00	
	výlov	2,5	2,4	-4,00	2,4	-4,00	
	hodina po výlovu	2,7	2,8	3,70	2,6	-3,70	2,2
	průměr±SD	2,46±0,14	2,46±0,17	-0,06±2,44	2,40±0,11	-2,37±1,94	
Ca (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	41	40	-2,44	42	2,44	
	ráno před výlovem	45	44	-2,22	41	-8,89	
	těsně před výlovem	50	46	-8,00	43	-14,00	
	výlov	100	56	-44,00	42	-58,00	
	hodina po výlovu	160	53	-66,88	44	-72,50	43
	průměr±SD	79,20±45,70^a	47,80±5,88^b	-24,71±26,20	42,40±1,02^b	-30,19±29,48	
Fe (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3,5	2,9	-17,14	2,2	-37,14	
	ráno před výlovem	5,0	6,4	28,00	5,2	4,00	
	těsně před výlovem	24	13	-45,83	5,0	-79,17	
	výlov	160	47	-70,63	6,3	-96,06	
	hodina po výlovu	260	33	-87,31	8,2	-96,85	1,1
	průměr±SD	90,50±102,82	20,46±16,87	-38,58±40,86	5,38±1,95	-61,04±39,09	
Fe _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	0,06	0,05	-16,67	0,05	-16,67	
	ráno před výlovem	0,05	0,07	40,00	0,05	0,00	
	těsně před výlovem	0,09	0,05	-44,44	0,05	-44,44	
	výlov	0,04	0,04	0,00	0,05	25,00	
	hodina po výlovu	0,06	0,09	50,00	0,09	50,00	0,07
	průměr±SD	0,06±0,02	0,06±0,02	5,78±35,17	0,06±0,02	2,78±32,68	

Výlov rybníku probíhal pomocí podložné sítě, která byla položena dva krát. Zbytek ryb byl doloven kesery. V rybníce byl velký výskyt podetřených plevných ryb, především střevličky východní. Tyto unikaly zejména v závěru výlovu a kvůli nízkému obsahu kyslíku ve vodě a vysokému zákalu se držely u hladiny a „troubily“. Svým způsobem tak rovněž komplikovaly odběr vzorku vody. Kvalita vody vytékající z rybníka v průběhu výlovu se opět výrazně zhoršila. Ve srovnání s ostatními rybníky to však nebylo tak razantní navýšení, jelikož v předchozích fázích již měly klíčové parametry nadprůměrnou úroveň. Koncentrace



nerozpuštěných látek proto vzrostla přibližně 9x na 7 200 mg.l⁻¹ u NL₁₀₅ a 6 000 mg.l⁻¹ u NL₅₅₀, zatímco u Fe jen 6,7x (160 mg.l⁻¹), resp. u TP jen 5,6x (10 mg.l⁻¹). Průtokem vody stokou však byl zjištěn velmi výrazný pokles jejich koncentrace o 92,4 až 97,5 %. Mnohem menší nárůst na úrovni 1,5–2,2násobku koncentrace ve srovnání s fází těsně před výlovem byl zaznamenán u: TC (160 mg.l⁻¹), BSK₅ (61 mg.l⁻¹), CHSK_{Cr} (590 mg.l⁻¹), TOC (140 mg.l⁻¹), Ca (100 mg.l⁻¹) a TN (18 mg.l⁻¹). Na konci stoky, na profilu C, bylo však u nich zjištěno stále výborné, ale poněkud nižší zachycení ve srovnání s předchozími parametry (52,5 až 69,1 %). Velmi malá byla zjištěna změna hodnoty i retence KNK_{4,5}. Naproti tomu u TIC byl zjištěn pokles jeho úrovně o 12,5 %, přičemž zjištěné snížení jeho koncentrace na konci stoky bylo poměrně malé (17,9 %). Koncentrace sledovaných rozpuštěných forem Fe a P rovněž poklesla (o 50 a 4 %). Jejich retence ve stoce však byla negativní (-25 %), resp. nulová (P_{rozp.}).

Fáze „hodina po výlovu“ přinesla další navýšení, ale jen u některých parametrů. Jednalo se o: BSK₅ 64 mg.l⁻¹, TP 16 mg.l⁻¹, TIC 32 mg.l⁻¹, KNK_{4,5} 2,7 mg.l⁻¹, Ca 160 mg.l⁻¹, Fe 260 mg.l⁻¹ a Fe_{rozp.} 0,06 mg.l⁻¹. Jejich záchyt ve stoce byl však velmi odlišný. Zatímco hodnota BSK₅ se průchodem stoku snížila o 62,5 %, vápníku o 72,5 % u TP a Fe to bylo nad 94,6 %. Naopak u TIC a KNK_{4,5} byl pokles jejich obsahu na konci stoky malý (9,4 a 3,7 %). Naproti tomu byl zjištěn pokles obsahu nerozpuštěných látek o 80 %. Snížení jejich koncentrace na profilu C však bylo velmi vysoké (93,9 a 97,5 %). Po výlovu došlo rovněž k poklesu hodnoty CHSK_{Cr} o 15 % na 590 mg.l⁻¹, při docílení 61% snížení na konci stoky. Poměrně málo klesla ve srovnání s výlovem koncentrace TN a TC a to 6 a 7 %. Průtokem stokou u nich také došlo k citelnému snížení nad 41 %. Poněkud výrazněji, o 27 % poklesla koncentrace TOC (110 mg.l⁻¹), její retence na profilu C však byla poloviční. Rozpuštěné formy P a Fe měly na konci stoky zvýšenou koncentraci a to o 74,3 a 50 %.

Hodnoty naměřené na rybníku Starý Čekanický (profil D), byly prakticky ve všech parametrech nižší než ty naměřené ve stoce pod rybníkem Mokřý.

Bilance živin

Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 24. Záchyt nerozpuštěných látek sušených dosáhly vysoké úrovně 59,3 % a žíhaných 66,2 %. U základních živin však bylo zjištěno poněkud nižší zachycení TP (37,5 %), resp. TOC a TN (10,4 a 9,2 %). Překvapivě pozitivní a pro rozpuštěnou formu P byla zjištěna vysoká retence (9,2 %), zatímco Ca_{rozp.} vykázal záchyt jen 2,6 %. Retenci dalších parametrů pak uvádí tabulka 28.

Tabulka 28. Přehled bilance vybraných parametrů kvality vody a živin na rybníku Mokřý

Parametr	BSK ₅	CHSK _{Cr}	TC	TIC	Fe
Přítok z rybníku (kg)	101,54	752,40	358,80	121,12	38,50
Odtok na konci stoky (kg)	78,09	607,80	329,30	117,64	25,87
Retence (kg)	23,45	144,60	29,47	3,48	12,63
Retence (%)	23,1	19,22	8,21	2,9	32,8

Zkušební a postřehy

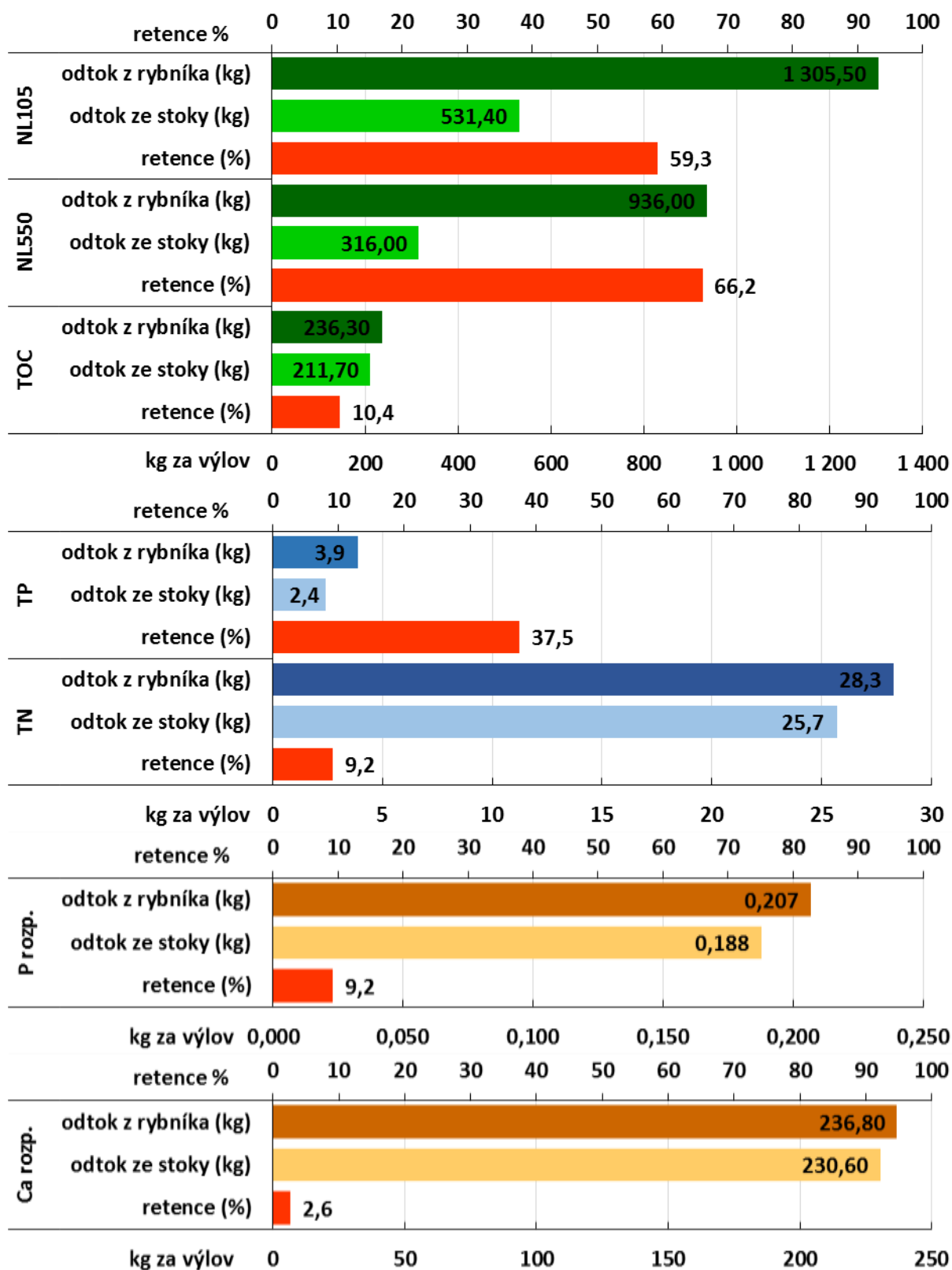
Na rybníku Mokřý bylo možné vysledovat, že na úroveň koncentrace látek odtékajících z rybníka má vliv nejenom biomasa obsádky a zvýšená teplota vody, která zvyšuje pohybovou aktivitu ryb, ale rovněž další faktory. V otevřené krajině a na velké ploše rybníka dokáže vítr rozpohybovat vodní masy takovým způsobem, že vzniklé vlnobití zvedá v mělké vodě dnové sedimenty. Podobně může zvyšovat koncentraci látek ve vodě i vydatnější dešť, který bude díky povrchovému odtoku vody po výtopě bez vodní hladiny erodovat dnový sediment, bez možnosti jeho průběžné sedimentace.



Zajímavé je zjištění, že v některých momentech byly odebrány vzorky vyšší hodnoty na profilu B, než jaké byly zjištěny ve stejné fázi na profilu A. Většina z nich však na dalším profilu C (na konci stoky) opět poklesla. Zvláště patrné je to ve fázi „ráno před výlovem“. Tato skutečnost může souviset s velkou dynamikou změny průtoku vody výpustí, se kterou se je možné při strojení rybníka setkat. Strojíči obvykle používají systém vlastních značek a kontrolních „milníků“ pomocí kterých upravují odtok vody z rybníku tak, aby byl přístrojen na určenou hodinu. Proto přistupují k výraznému zvyšování a snižování průtoku vody, aby dosáhli požadované úrovně ve správný čas. Tato skutečnost následně ovlivňuje dobu zdržení vody a rovněž může zvedat již usazené částice sedimentu.

Rybník Mokřý ukázal, že proces sedimentace partikulí je použitelný ke snižování znečištění vody vytékající z rybníků při jejich výloveh. Na tomto rybníce byla voda vystavena nikoli umělými hrázemi, ale vodou z níže položeného rybníka. Výhodou této skutečnosti je fakt, že nedocházelo k tlakovému podtékání barier. Průtok vody stokou byl velmi plynulý a klidný. („voda držela vodu“).

Určitou alternativou k dočasným hrázkám z balíků slámy může být vybudování soustavy 2–3 trvalých kamenných nebo betonových hradítek ve stokách pod rybníkem. Ty budou v průběhu roku plně otevřené a k jejich uzavření dojde jen při výlovu rybníka. Následně bude zachycený sediment vytěžen a hradítka opět otevřena. Prvotní vyšší investice bude v dalších letech komponována výrazně nižšími náklady na provozování hrázek. Nutností však bude důraz na jejich pravidelné čištění. Určitou pomocí pro zavedení této technologie do provozu by mohla být vhodná dotační podpora ze strany státu. Tyto malé zdrže ve stoce pod rybníkem mohou být rovněž využity coby malé tůňe pro podporu rozvoje místních populací obojživelníků. Na ně se pak naváže přítomnost brodivých a veslonohých ptáků, případně vydry. Přírodě pomůžeme ve všech směrech.



Obrázek 24. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na rybníku Mokry



4. 10 Celkové vyhodnocení

Budování hrázek a doba zdržení

Na základě získaných pozitivních i negativních zkušeností po testování na devíti rybnících je možné konstatovat, že dočasné bariery z malých balíků slámy (sena) je optimální budovat ze dvou řad balíků, jenž navzájem překrývají místa dotyku. Výška takovéto hrázky by neměla být větší než 1 m (max. tři řady balíků na sebe). K fixaci hrázek do dna stoky je vhodné použít cca 1,6 m dlouhé ocelové trny ve tvaru T. Na dno stoky, jako základ hrázky, může být umístěno několik předem namočených balíků slámy. U vyšších a širokých stok je pak vhodné vzdušnou stranu hrázek zapřít o přiměřeně masivnější konstrukci. Po stranách vlastní hrázky je vhodné instalovat křídla z jedné řady balíků. Ty je potřeba fixovat kratšími trny. Problematické podtékání hrázek v měkkém dnu stoky se podařilo zmírnit pomocí vystláním návodní strany hrázky a cca 2-3 m před ní jutovou tkaninou. K jejímu zatížení je vhodné použít menší jutové pytle naplněné max. do 1/3 těžším materiálem ze dna rybníku. Po vlastním výlovu jsou následně fixační trny a další opora odstraněny. Zachycený sediment společně s nasáklou slámou již udrží hrázku po hromadě až do jejího odstranění.

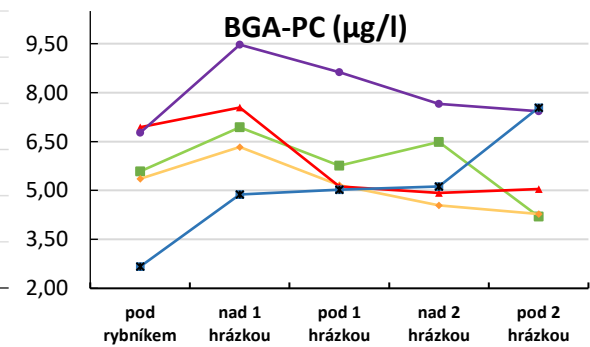
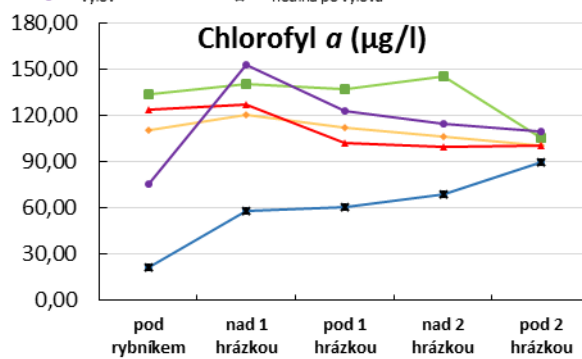
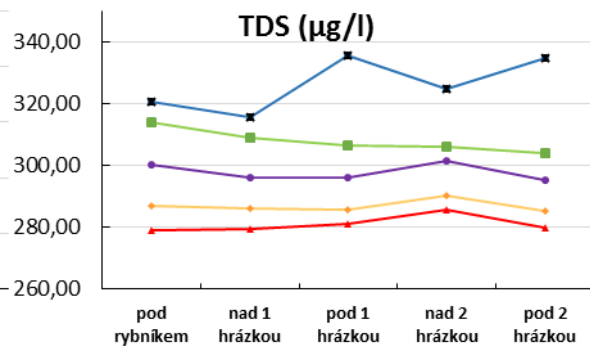
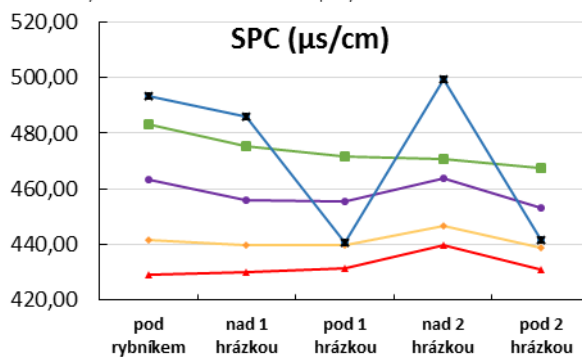
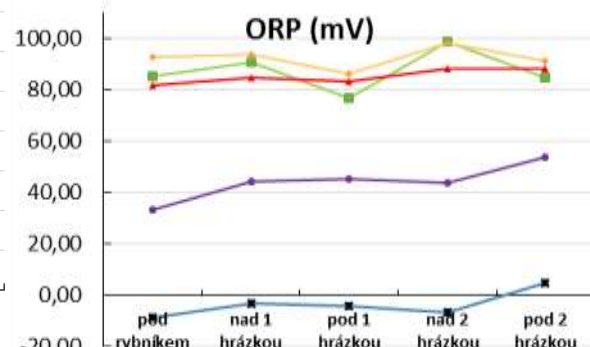
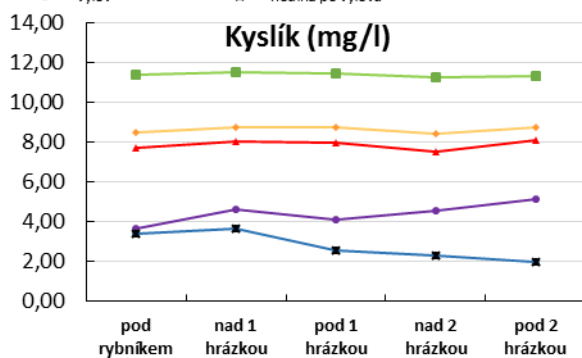
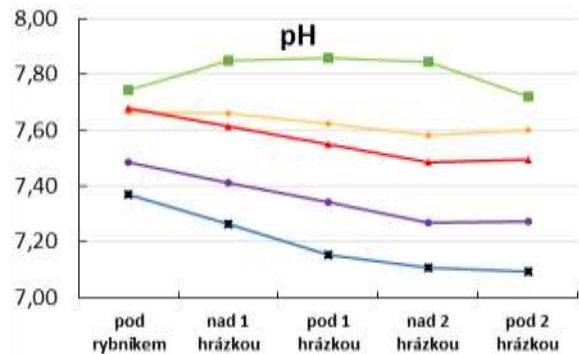
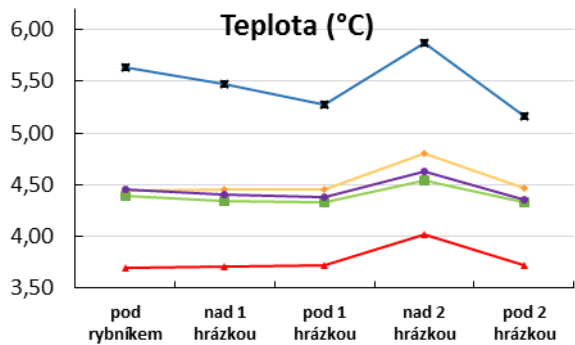
Klíčovým faktorem, který určuje efektivitu zachytávání látek nesených vodou, je doba zdržení. Za požadované minimum je možné považovat čas pro sedimentaci na úrovni 20–30 minut. Negativně působí ztráta akumulovaného objemu vody při nízkém průtoku z důvodu podtékání hrázek, jakož i velká dynamika průtoku vody při vypouštění rybníku.

Základní fyzikálně chemické parametry

Celkový přehled základních fyzikálně chemických parametrů vody při průtoku bariery uvádí tabulka č. 29. Podrobnější dynamika změny je zachycena na obrázku č. 25. Ze všech uvedených dat plynou různé trendy, ze kterých poukážeme jen na některé. V průběhu strojení a výlovu rybníka klesá hodnota pH. Průchodem vody přes bariery dochází rovněž k jeho mírnému poklesu. Obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě v čase rovněž klesá. Jeho koncentrace se však v prvních třech fázích průtokem přes bariery zvyšovala, zatímco při vlastním výlovu a zejména po něm, naopak klesala. V průběhu sledování výlovu rovněž klesala úroveň ORP. Vybudované hrázky však dokázaly výrazněji zvýšit její hodnotu, zejména v posledních dvou fázích sledování. Vysvětlení všech těchto trendů je možno spatřovat v nárůstu koncentrace nerozpuštěných látek. Intenzivnější víření sedimentu dodává do vody více CO₂, který snižuje pH, ale rovněž množství organických látek, které při svém rozkladu spotřebovávají kyslík. Poněkud nestandardní průběh modré křivky („hodina po výlovu“), patrný na obr. 25 zejména u SPC a TDS je způsoben absencí některých dat v průměrných hodnotách z rybníku Novokoželský 2016. Tekuté bahno obsažené v bariérách nebylo možné EXO sondou již změřit. Na tomto rybníce byla data získána jen pro profil pod 1 a 2 hrázkou, kde tekla ještě hustá voda.

Laboratorní analýza vzorku vody

Z tabulek č. 30 a 31 je patrné, že kvalita vody se v průběhu strojení a výlovu rybníku velmi výrazně mění. Při celkovém pohledu na naměřené hodnoty byl statisticky potvrzen rozdíl mezi kvalitou vody na profilu A (pod rybníkem) a profilu B (pod 2 bariérou) u všech parametrů s výjimkou rozpuštěných forem P a Fe. Zatímco P_{rozp.} průchodem vody bariérami prokazatelně zvyšoval svojí koncentraci u Fe_{rozp.} nebyl potvrzen statistický rozdíl mezi jeho hodnotou na profilu A a B.





Obrázek 25. Dynamika vybraných fyzikálně chemických parametrů vody, průměry za všechny rybníky

Tabulka 29. Laboratorní výsledky kvality vody celkově za všechny rybníky

Parametr	Vzorek	Počet měření	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Rozdíl (%)
Teplota (°C)	noc před výlovem	7	4,39±2,45	4,33±2,47	-1,27
	ráno před výlovem	9	4,44±4,11	4,46±4,10	0,48
	těsně před výlovem	8	3,69±3,62	3,71±3,65	0,51
	výlov	9	4,45±3,61	4,35±3,60	-2,30
	hodina po výlovu	9	5,63±2,90	5,16±3,07	-8,43
SPC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	noc před výlovem	7	483,31±71,34	467,60±73,23	-3,25
	ráno před výlovem	9	441,44±86,36	438,79±89,62	-0,60
	těsně před výlovem	8	429,43±90,53	430,98±91,26	0,36
	výlov	9	463,46±82,11	452,98±93,34	-2,26
	hodina po výlovu	9	493,31±123,87	441,46±172,64	-10,51
TDS ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	noc před výlovem	7	314,00±46,28	303,86±47,62	-3,23
	ráno před výlovem	9	286,78±56,39	285,11±58,13	-0,58
	těsně před výlovem	8	279,00±58,82	280,00±59,59	0,36
	výlov	9	300,33±53,73	295,11±60,72	-1,74
	hodina po výlovu	9	320,38±80,51	334,78±88,41	4,50
Salinita (ppt.)	noc před výlovem	7	0,23±0,04	0,23±0,04	-1,85
	ráno před výlovem	9	0,21±0,04	0,21±0,04	-0,53
	těsně před výlovem	8	0,21±0,04	0,21±0,04	1,22
	výlov	9	0,22±0,04	0,22±0,04	-2,97
	hodina po výlovu	9	0,24±0,06	0,25±0,07	4,25
Kyslík ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	noc před výlovem	7	11,38±1,52	11,36±1,12	-0,24
	ráno před výlovem	9	8,48±2,36	8,79±2,22	3,74
	těsně před výlovem	8	7,74±2,70	8,11±2,56	4,75
	výlov	9	3,64±1,90	5,12±2,34	40,68
	hodina po výlovu	9	3,41±2,95	1,96±1,05	-42,51
Kyslík (%)	noc před výlovem	7	90,89±13,89	89,61±10,69	-1,40
	ráno před výlovem	9	64,12±14,14	67,11±12,59	4,66
	těsně před výlovem	8	55,65±17,27	60,41±15,85	8,56
	výlov	9	28,52±14,93	40,10±17,29	40,59
	hodina po výlovu	9	27,78±23,32	15,56±7,90	-43,99
pH	noc před výlovem	7	7,74±0,28	7,72±0,33	-0,30
	ráno před výlovem	9	7,67±0,26	7,60±0,14	-0,83
	těsně před výlovem	8	7,68±0,22	7,50±0,16	-2,39
	výlov	9	7,49±0,23	7,27±0,20	-2,86
	hodina po výlovu	9	7,37±0,25	7,11±0,30	-3,75
ORP (mV)	noc před výlovem	7	85,47±42,61	84,51±24,53	-1,12
	ráno před výlovem	9	92,90±37,48	91,11±31,66	-1,93
	těsně před výlovem	8	81,83±24,49	88,41±23,39	8,05
	výlov	9	33,24±74,97	53,70±55,56	61,53
	hodina po výlovu	9	-8,48±56,99	4,93±43,21	158,21
Chlor. a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	noc před výlovem	7	134,03±78,24	105,51±55,15	-21,27
	ráno před výlovem	9	110,14±72,99	100,63±55,38	-8,64
	těsně před výlovem	8	123,28±92,09	100,68±51,79	-18,33
	výlov	9	75,83±69,34	109,34±73,20	44,20
	hodina po výlovu	9	21,27±22,80	89,50±54,23	320,74
BGA-PC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	noc před výlovem	7	5,58±5,35	4,20±2,94	-24,74
	ráno před výlovem	9	5,36±5,31	4,28±3,09	-20,10
	těsně před výlovem	8	6,94±5,00	5,05±3,05	-27,30
	výlov	9	6,77±5,13	7,43±5,71	9,72
	hodina po výlovu	9	2,67±1,88	7,54±4,82	182,84



Většina sledovaných parametrů (CHSK_{Cr}, TN, TP, TOC, TIC, TC, KNK_{4,5} a Ca) vykazovala nejvyšších hodnot ve fázi „hodinu po výlovu“, kdy z loviště rybníka obvykle odtéká volně po povrchu bahna zbytková voda. Ta eroduje měkké bahno a uvolňuje z něj do vody další živiny. Naproti tomu, nejvyšší průměrné hodnoty v průběhu výlovu, byly zjištěny u: BSK₅, NL₁₀₅, NL₅₅₀, Fe a Fe_{rozp.}. To naznačuje, že malé partikule, na které jsou tyto parametry vázány, mohou v lovišti nebo vývařišti při malém průtoku vody částečně sedimentovat a tím snižovat reálně naměřené hodnoty. U P_{rozp.} byla zjištěna jeho nejvyšší koncentrace ve fázi těsně před výlovem.

Tabulka 30. Laboratorní výsledky kvality vody celkově za všechny rybníky

Parametr	Vzorek	Počet měření	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Průměr rozdílů (%)
BSK ₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	17,4±6,46	16,38±6,18	-2,74±19,42
	ráno před výlovem	4	16,75±4,82	16,50±3,91	0,77±17,32
	těsně před výlovem	4	23,50±8,65	16,20±4,04	-23,68±28,75
	výlov	4	195,25±95,70	45,75±42,92	-71,79±21,04
	hodina po výlovu	4	153,25±161,25	35,75±25,11	-64,17±17,12
	průměr±SD		84,69±114,67^a	26,62±26,23^b	-33,88±36,89
CHSK _{Cr} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	110,67±23,68	100,67±7,36	-6,11±13,89
	ráno před výlovem	4	105,75±14,29	103,25±12,52	-2,02±7,01
	těsně před výlovem	4	197,50±99,84	120,50±34,94	-33,96±10,09
	výlov	4	2 177,50±2 001,70	347,50±248,23	-51,95±57,04
	hodina po výlovu	4	3 3342,50±3 062,16	700,00±924,58	-69,53±17,52
	průměr±SD		1 243,42±2 116,16^a	283,53±489,63^b	-34,11±38,27
NL ₁₀₅ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	70,29±29,81 ^a	52,14±16,29 ^b	-22,08±14,46
	ráno před výlovem	9	158,89±148,28	128,89±114,15	15,66±94,44
	těsně před výlovem	8	501,25±362,51 ^a	162,38±84,55 ^b	-61,23±13,84
	výlov	9	9 488,89±13 566,83 ^a	2 924,22±5 606,61 ^b	-53,12±93,83
	hodina po výlovu	9	8 122,22±8 443,64 ^a	4 082,22±6 562,35 ^b	-56,84±31,92
	průměr±SD		3 915,05±8459,22^a	1 568,62±4 305,33^b	-35,55±69,87
NL ₅₅₀ (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	41,57±24,46 ^a	28,00±13,35 ^b	-27,39±16,23
	ráno před výlovem	9	114,84±121,61	93,11±97,21	28,12±127,09
	těsně před výlovem	8	395,38±313,76 ^a	118,88±78,51 ^b	-64,41±14,03
	výlov	9	7 875,56±11 593,83 ^a	2 377,89±4 655,57 ^b	-51,97±97,27
	hodina po výlovu	9	6 511,11±6 530,18 ^a	3 158,56±5 387,04 ^b	-61,88±28,35
	průměr±SD		3 189,70±7 018,64^a	1 233,64±3 526,74^b	-35,20±82,78
TN (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	3,99±1,33	4,09±1,47	2,44±11,62
	ráno před výlovem	9	5,07±2,41	5,04±2,37	1,63±10,88
	těsně před výlovem	8	7,46±3,52 ^a	5,86±2,65 ^b	-20,13±8,48
	výlov	9	32,02±34,41	21,34±30,45	126,97±500,60
	hodina po výlovu	9	122,33±187,66 ^a	53,34±86,24 ^b	-45,88±27,54
	průměr±SD		36,25±98,66^a	18,88±46,03^b	14,30±237,42
TP (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	0,33±0,07	0,33±0,06	-0,84±10,92
	ráno před výlovem	9	0,57±0,35	0,55±0,23	5,55±34,43
	těsně před výlovem	8	1,18±0,45 ^a	0,61±0,13 ^b	-43,62±13,61
	výlov	9	21,20±13,81 ^a	4,84±7,49 ^b	-74,28±30,79
	hodina po výlovu	9	40,99±34,87 ^a	17,72±33,26 ^b	-69,73±29,55
	průměr±SD		13,73±23,68^a	5,12±17,00^b	-38,12±42,78
P _{rozpuštěný} (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	0,05±0,04	0,07±0,04	42,19±47,75
	ráno před výlovem	9	0,06±0,03 ^a	0,09±0,06 ^b	50,55±44,08
	těsně před výlovem	8	0,07±0,05	0,09±0,05	27,84±31,68
	výlov	9	0,05±0,02	0,05±0,02	4,65±23,54
	hodina po výlovu	9	0,05±0,02	0,06±0,04	39,05±64,74



průměr±SD

0,06±0,03^a

0,07±0,05^b

32,37±46,83

Míra snížení koncentrace hodnot mezi profilem A a B byla rozdílná a závisela především na objemu aktuálně vypouštěné vody, objemu vzduché vody (těsnost hrázek) a z toho plynoucí doby zdržení. Určitý vliv měla rovněž samotná koncentrace sledovaných látek. S jejím nárůstem rostla i míra jejich zachycení. V prvních dvou fázích sledování byla retence obvykle nižší (jednotky procent). Těsně před výlovem se však záchyt látek obvykle zvyšuje na nižší desítky procent. Při vlastním výlovu a po jeho ukončení množství zachycených živin roste v průměru nad 50 %. V ojedinělých případech je však průměr rozdílů koncentrace živin negativní (má kladnou hodnotu). To je zapříčiněno velkými rozdíly obsahu látek mezi jednotlivými rybníky.

Tabulka 31. Laboratorní výsledky kvality vody celkově za všechny rybníky

Parametr	Vzorek	Počet měření	Profil A pod rybníkem	Profil B pod 2 hrázkou	Průměr rozdílů (%)
TOC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	7	25,14±7,55	24,43±7,54	-3,10±9,66
	ráno před výlovem	9	30,44±12,47	29,78±11,77	-1,42±16,99
	těsně před výlovem	8	51,25±18,43 ^a	35,13±10,06 ^b	-29,02±8,28
	výlov	9	362,22±312,37	159,33±248,41	-47,78±60,14
	hodina po výlovu	9	1 053,33±1 628,80 ^a	416,89±718,58 ^b	-50,45±30,79
	průměr±SD		323,81±858,04^a	140,62±379,98^b	-27,40±38,69
TIC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	27,67±5,31	28,33±6,13	1,96±2,77
	ráno před výlovem	4	27,00±5,52	26,00±5,61	-3,89±2,34
	těsně před výlovem	4	38,00±11,90	28,00±4,47	-21,98±14,27
	výlov	4	95,00±79,55	47,00±18,14	-27,42±30,57
	hodina po výlovu	4	194,50±213,18	55,75±38,36	-41,46±33,04
	průměr±SD		79,00±121,17^a	37,47±24,18^b	-19,64±26,35
TC (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	57,00±1,63	55,67±1,25	-2,32±0,76
	ráno před výlovem	4	59,75±5,67	58,50±4,97	-2,00±1,58
	těsně před výlovem	4	86,25±15,37	67,50±12,78	-20,93±13,33
	výlov	4	572,50±375,99	162,37±149,37	-46,04±57,69
	hodina po výlovu	4	952,50±957,74	207,25±221,03	-65,34±20,14
	průměr±SD		360,79±586,51^a	113,21±136,58^b	-28,64±37,54
KNK _{4,5} (mmol.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	2,60±0,42	2,53±0,40	-2,49±1,83
	ráno před výlovem	4	2,43±0,35	2,43±0,40	-0,21±2,66
	těsně před výlovem	4	2,53±0,33	2,48±0,37	-2,17±2,17
	výlov	4	3,28±0,49	2,70±0,43	-16,92±10,39
	hodina po výlovu	4	3,78±1,29	3,33±1,03	-10,61±7,54
	průměr±SD		2,94±1,06^a	2,70±0,89^b	-6,69±8,78
Ca (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	44,00±2,16	44,67±2,05	1,54±1,09
	ráno před výlovem	4	41,25±6,06	39,25±5,40	-4,67±2,51
	těsně před výlovem	4	44,50±6,18	40,50±5,89	-9,02±3,83
	výlov	4	245,00±110,11	73,50±50,15	-64,74±21,46
	hodina po výlovu	4	256,75±189,86	60,75±34,67	-61,85±28,16
	průměr±SD		130,63±143,06^a	52,11±32,56^b	-29,29±33,25
Fe (mg.l ⁻¹)	noc před výlovem	3	2,20±0,99	1,63±0,67	-25,11±17,76
	ráno před výlovem	4	4,13±2,52	3,93±1,85	2,64±33,00
	těsně před výlovem	4	16,98±8,66	5,30±2,67	-66,89±9,06
	výlov	4	645,00±382,39	233,10±390,83	-79,24±31,83
	hodina po výlovu	4	536,00±469,82	59,40±87,07	-88,76±9,89
	průměr±SD		253,42±395,19^a	63,78±199,95^b	-52,86±42,48
Fe _{rozpuštěný}	noc před výlovem	3	0,08±0,04	0,08±0,03	7,78±23,78
	ráno před výlovem	4	0,20±0,22	0,22±0,25	-1,15±10,22



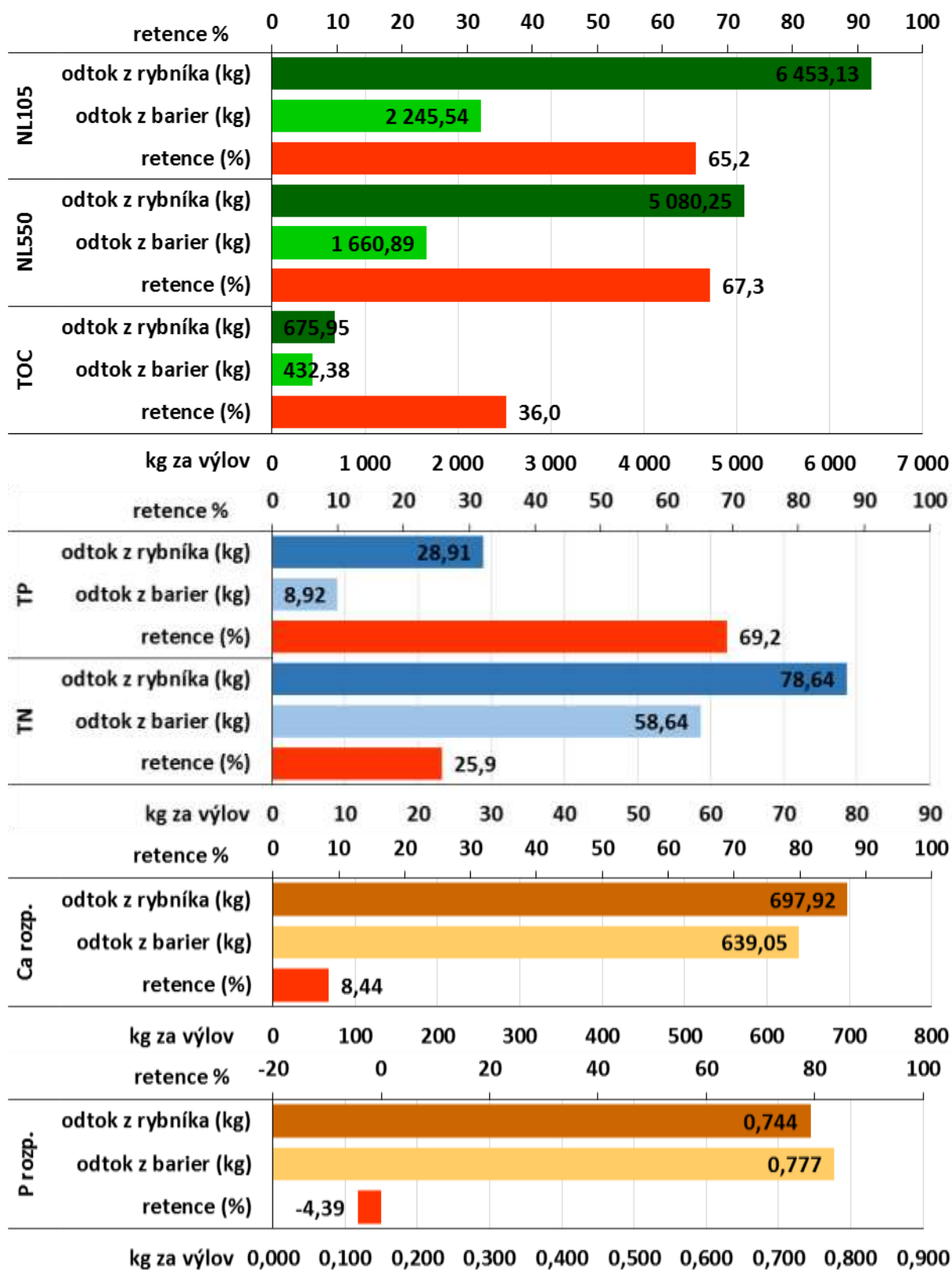
(mg.l ⁻¹)	těsně před výlovem	4	0,16±0,13	0,21±0,23	8,57±37,67
	výlov	4	0,81±1,32	0,09±0,06	1,45±70,91
	hodina po výlovu	4	0,15±0,17	0,98±1,40	2 827,22±4 853,37
	průměr±SD		0,29±0,67	0,33±0,73	598,30±2 447,04

Bilance živiny

Celková bilance živin bude na tomto místě uvedena sumárně, ale bez výsledků z rybníku Novokoželský 2016 a Brdský. Důvodem je nestandardní situace popsána u každého rybníku samostatně (ledová tříšť a ředění vody). Vypočtené bilance pro vybrané parametry ukazuje obrázek 26. Záchyt nerozpuštěných látek sušených (NL₁₀₅) dosáhl vysoké úrovně 65,2 % a žíhaných (NL₅₅₀) dokonce 67,3 %. Největší retence v prostoru hrázek byla zjištěna u TP, kde celkově dosáhla 69,2 %. U dalších základních živin však bylo zjištěno poněkud nižší zachycení TOC 36,0 %, resp. TN 25,9 %. Překvapivě pozitivní byla zjištěna retence Ca_{rozp.} (8,44 %), zatímco P_{rozp.} bylo zjištěno naopak uvolnění - 4,39 %. Retenci dalších parametrů pak uvádí tabulka 32.

Tabulka 32. Přehled bilance vybraných parametrů kvality vody a živin na všech rybnících společně, s výjimkou rybníků Novokoželský 2016 a Brdský

Parametr	BSK ₅	CHSK _{Cr}	TC	TIC	Fe
Přítok z rybníku (kg)	168,66	1 408,75	626,69	223,10	153,06
Odtok na konci stoky (kg)	110,97	865,41	457,58	182,71	44,76
Retence (kg)	57,07	543,44	169,11	40,39	108,30
Retence (%)	33,84	38,58	26,98	18,1	70,76



Obrázek 26. Bilance vybraných živin a chemických parametrů vody na všech rybnících společně, s výjimkou rybníků Novokoželský 2016 a Brdský



4.11 Složení a množství zachyceného sedimentu

Složení zachyceného sedimentu

Na vybraných rybnících v závěru našeho sledování byly rovněž odebrány vzorky zachyceného sedimentu (rybníčního bahna) v hrázkách za účelem zjištění jeho složení. Na většině rybníků byl odebrán směsný vzorek samostatně pro sediment zachycený v první a druhé bariéře (např. Vrbice 1 a 2). Na rybníku Novokoželský 2016 to byl směsný vzorek z obou bariér společně. Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce 33. Z nich plyne, že obsah sledovaných živin je velmi podobný. Pozitivní je rovněž skutečnost, že podíl využitelných živin, zejména P, na jejich celkovém obsahu je poměrně malý (s výjimkou Ca). Na druhou stranu je i na těchto

Tabulka 33. Složení rybníčního sedimentu zachyceného v hrázkách – obsah živin v sušině

Parametr	Jednotka	Průměr ±SD	Novo- koželský 2016	Vrbice*		Novokoželský*		Pláňavy*	
				1	2	1	2	1	2
Sušina	%	22,91±5,13	20,8	30,6	31,0	17,0	20,0	21,0	20,0
Ztráta žíháním	% suš.	17,43±2,19	16	15	14	20	19	19	19
pH – CaCl ₂		6,98±0,25		6,60	6,70	7,30	7,20	7,10	6,98
N – celkový	mg.kg ⁻¹ suš.	9 228,57±1 345,59	8 800	7 500	7 500	11 000	11 000	9 100	9 700
P – celkový	mg.kg ⁻¹ suš.	1 828,57±491,98	2 000	1 100	1 100	2 100	2 100	1 900	2 500
P – využitelný	mg.kg ⁻¹ suš. %	23,48±11,44 1,27±0,43		15 <i>1,4</i>	7,9 <i>0,7</i>	21 <i>1,0</i>	20 <i>1,0</i>	38 <i>2,0</i>	39 <i>1,6</i>
C - celkový	g.kg ⁻¹ suš.	91,71±15,37	85	72	70	110	110	100	95
TOC	g.kg ⁻¹ suš. %	81,57±11,88 89,98±10,68	81 95,3	68 <i>94,4</i>	65 <i>92,9</i>	83 <i>75,5</i>	79 <i>71,8</i>	100 <i>100</i>	95 <i>100</i>
Hořčík	mg.kg ⁻¹ suš.	6 500±675,77		7 500	7 400	6 000	6 100	5 900	6 100
Mg – využitelný	mg.kg ⁻¹ suš. %	806,67±66,00 12,62±2,07		740 <i>9,9</i>	720 <i>9,7</i>	880 <i>14,7</i>	900 <i>14,8</i>	800 <i>13,6</i>	800 <i>13,1</i>
Draslík	mg.kg ⁻¹ suš.	2 900±765,94		3 800	3 700	2 000	1 800	3 000	3 100
K – využitelný	mg.kg ⁻¹ suš. %	520±92,56 19,90±7,56		400 <i>10,5</i>	390 <i>10,5</i>	560 <i>28,0</i>	540 <i>30,0</i>	610 <i>20,3</i>	620 <i>20,0</i>
Vápník	mg.kg ⁻¹ suš.	9 971,43±3 328,11	9 400	5 600	5 900	10 000	9 900	14 000	15 000
Ca – využitelný	mg.kg ⁻¹ suš. %	5 283,33±975,39 56,75±12,71		4 100 <i>73,2</i>	3 800 <i>64,4</i>	6 300 <i>63,0</i>	6 000 <i>60,6</i>	5 500 <i>39,3</i>	6 000 <i>40,0</i>

*výlov v roce 2017

Tabulka 34. Složení rybníčního sedimentu zachyceného v hrázkách – podíl živin v sušině (%)

Parametr	Průměr ±SD	Novo- koželský 2016	Vrbice*		Novokoželský*		Pláňavy*	
			1	2	1	2	1	2
Sušina	22,91±5,13	20,8	30,6	31,0	17,0	20,0	21,0	20,0
N – celkový	0,923±0,135	0,880	0,750	0,750	1,100	1,100	0,910	0,970
P – celkový	0,183±0,049	0,200	0,110	0,110	0,210	0,210	0,190	0,250
P – využitelný	0,002±0,001		0,002	0,001	0,002	0,002	0,004	0,004
C - celkový	9,171±1,537	8,500	7,200	7,000	11,000	11,000	10,000	9,500
TOC	8,157±1,188	8,100	6,800	6,500	8,300	7,900	10,000	9,500
Hořčík	0,650±0,068		0,750	0,740	0,600	0,610	0,590	0,610
Mg – využitelný	0,081±0,007		0,074	0,072	0,088	0,090	0,080	0,080
Draslík	0,290±0,077		0,380	0,370	0,200	0,180	0,300	0,310
K – využitelný	0,052±0,009		0,040	0,039	0,056	0,054	0,061	0,062



Vápník	1,007±0,359	0,560	0,590	1,000	0,990	1,400	1,500
Ca – využitelný	0,528±0,098	0,410	0,380	0,630	0,600	0,550	0,600

výsledcích patrný určitý rozdíl v obsahu základních biogenních prvků mezi jednotlivými rybníky. Tyto rozdíly je možné vysvětlit především ve způsobu obhospodařování okolních pozemků nad rybníkem. Zatímco v okolí rybníka Vrbice se nacházejí pastviny, rybník Pláňavy je z poloviny obklopen lesy a ornou půdou. Povodí Novokoželského rybníku je pak převážně zorněné. Tomu odpovídá i celkově vyšší obsah bahna v rybníku.

V tabulkách 34 a 35 je uvedeno relativní složení bahna jak v sušině, tak i surovém stavu. Ve srovnání s hnojem skotu, který má v surovém stavu obsah P – 0,11 %, N – 0,48 % a K – 0,51 % je možné považovat zachycené rybníční bahno na živiny chudší „hnojivo“.

Tabulka 35. Složení rybníčního sedimentu zachyceného v hrázkách – podíl živin v čerstvé hmotě (%)

Parametr	Průměr ±SD	Novo- koželský 2016	Vrbice*		Novokoželský*		Pláňavy*	
			1	2	1	2	1	2
Sušina	22,91±5,13	20,8	30,6	31,0	17,0	20,0	21,0	20,0
N – celkový	0,205±0,020	0,183	0,230	0,233	0,187	0,220	0,191	0,194
P – celkový	0,040±0,005	0,042	0,034	0,034	0,036	0,042	0,040	0,050
P – využitelný	0,001±0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
C - celkový	2,030±0,167	1,768	2,203	2,170	1,870	2,200	2,100	1,900
TOC	1,825±0,249	1,685	2,081	2,015	1,411	1,580	2,100	1,900
Hořčík	0,155±0,053		0,230	0,229	0,102	0,122	0,124	0,122
Mg – využitelný	0,018±0,003		0,023	0,022	0,015	0,018	0,017	0,016
Draslík	0,071±0,033		0,116	0,115	0,034	0,036	0,063	0,062
K – využitelný	0,012±0,001		0,012	0,012	0,010	0,011	0,013	0,012
Vápník	0,219±0,056		0,171	0,183	0,170	0,198	0,294	0,300
Ca – využitelný	0,118±0,006		0,125	0,118	0,107	0,120	0,116	0,120

*výlov v roce 2017

Množství zachyceného sedimentu

Množství sedimentu vytěženého na jednotlivých rybnících je uvedeno v tabulce 36. Jeho objem je poněkud vyšší, než by se dalo očekávat podle vypočtené bilance zachycených nerozpuštěných látek. To je zřejmě dáno tím, že v mnoha případech bylo ponecháno výpustní zařízení rybníka otevřeno ze sanitárních důvodů i po ukončení našeho sledování. V průběhu tohoto nesledovaného období z rybníků volně unikal další materiál. Druhým faktorem, který navyšoval množství skutečně odtěženého sedimentu je přítomnost vrstev plavenin z předchozích let. Při vlastním odtěžení nebylo možné odlišit, kde je hranice staršího a nového sedimentu. Stoka musela být při čištění uvedena do řádného stavu bez ohledu na skutečnost, kdy se v ní který sediment stabilizoval. Na tomto místě je nutné upozornit na malý objem odtěženého sedimentu na rybníku Brdský, kde došlo při velké vodě k jeho vyplavení ještě před vytěžením. Tato naše zkušenost vylučuje použití testované technologie na výrazněji průtočných rybnících.

Přepočet objemu odtěženého sedimentu na hmotnost byl proveden násobením objemovou hmotností bahna, která je ve stavebních tabulkách odhadována na 1 800 až 2 000 kg.m³. S ohledem na poměrně vysoké zvodnění sedimentu bylo počítáno s hodnotou na horní hranici intervalu. V tabulce 36 byl proveden přepočet zachycených živin na základě hmotnosti sedimentu a koncentraci živin skutečně zjištěné v daném rybníce, resp. na základě jejich průměrných hodnot. Získané (zachycené) absolutní hodnoty živin jsou rovněž přepočteny na



hektar. Provedeny byly rovněž ekvivalentní přepočty obsahu živin v bahně na dávku hnoje skotu v surovém stavu pro základní biogenní prvky.

Tabulka 36. Množství zachyceného sedimentu a obsah jeho živin

Parametr	Spolu / Průměr	Jenšovský	Podsilmičný	Novokoželský	Ouhlín	Brdský	Vrbice	Pláňavy	Novokoželský	Mokrá
Vodní plocha (ha)	51,34	3,93	1,80	5,00	6,20	0,91	0,80	7,70	5,00	20,0
Objem sedimentu (m ³)	252	17,5	22,0	49,0	13,0	2,0	1,36	17,35	55,5	74,75
Hmotnost sedimentu (t)	504,9	35,0	44,0	98,0	26,0	4,0	2,73	34,7	111,0	149,5
Hmot. sedimentu v sušině (kg)	107 399,04	8018,5	10080,4	20384,0	5956,6	916,4	840,7	7212,0	19740,0	34250,5
Hmot. sedimentu v sušině (kg.ha ⁻¹)	2 370,3	2040,3	5600,2	4076,8	960,7	1007,0	1050,9	936,6	3948,0	1712,5
N – celkový v sedimentu (kg)	1 015,89	74,0	93,03	179,38	54,97	8,46	6,31	66,53	217,14	316,08
N – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	22,3	18,8	51,7	35,9	8,9	9,3	7,9	8,6	43,4	15,8
N – celkový přepočten na hnůj (kg)	2 116,44	154,17	193,81	373,71	114,52	17,62	13,14	138,60	452,38	658,51
N – celkový přepočten na hnůj (kg.ha ⁻¹)	46,40	39,23	107,67	74,74	18,47	19,36	16,42	18,00	90,48	32,93
P – celkový v sedimentu (kg)	206,04	14,66	18,43	40,77	10,89	1,68	0,92	14,60	41,45	62,63
P – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	4,47	3,73	10,24	8,15	1,76	1,84	1,16	1,90	8,29	3,13
P – celkový přepočten na hnůj (kg)	9 235,37	672,72	845,71	1 630,72	499,74	76,88	57,32	604,81	1 974,0	2 873,5
P – celkový přepočten na hnůj (kg.ha ⁻¹)	202,3	171,18	469,84	326,14	80,60	84,49	71,65	78,55	394,80	143,67
K – celkový v sedimentu (kg)	294,11	23,25	29,23	59,11	17,27	2,66	3,15	21,79	38,32	99,33
K – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	6,56	5,92	16,24	11,82	2,79	2,92	3,94	2,83	7,66	4,97
K – celkový přepočten na hnůj (kg)	576,69	45,60	57,32	115,91	33,87	5,21	6,17	42,72	75,14	194,76
K – celkový přepočten na hnůj (kg.ha ⁻¹)	12,90	11,60	31,84	23,18	5,46	5,73	7,72	5,55	15,03	9,74
C – celkový v sedimentu (kg)	10 108,63	735,38	924,47	1732,64	546,28	84,04	59,61	713,70	2171,40	3141,11
C – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	220,69	187,12	513,60	346,53	88,11	92,35	74,51	92,69	434,28	157,06
Mg – celkový v sedimentu (kg)	685,57	52,12	65,52	132,50	38,72	5,96	6,26	42,85	119,02	222,63
Mg – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	15,25	13,26	36,40	26,50	6,24	6,55	7,82	5,57	23,80	11,13
Ca – celkový v sedimentu (kg)	1 097,92	79,96	100,52	203,26	59,40	9,14	4,85	102,47	196,82	341,53
Ca – celkový v sedimentu (kg.ha ⁻¹)	23,58	20,35	55,84	40,65	9,58	10,04	6,06	13,31	39,36	17,08

Z výsledků uvedených v tabulce 36 plyne, že množství zachycených živin je u sledovaných rybníků různé. Nicméně i zde je možné vysledovat vztah mezi množstvím unikajících živin a typem povodí nad rybníkem. Z rybníků velmi zabahněných (Podsilmičný, Novokoželský) uniká celkově více sedimentu a tím i živin v nich obsažených. Skutečný rozsah by byl možná ještě výraznější, pokud by koncentrace živin byly počítány z reálných hodnot obsahu živin toho kterého rybníka a ne jenom z průměrných hodnot získaných ze sedmi analýz na třech rybnících. Zajímavé je i srovnání přepočtu ekvivalentu dávky získaného sedimentu na hnůj skotu. Z těchto výpočtů plyne, že průměrné množství bahna získané z hektaru rybníka představuje (při přepočtu na P) ekvivalentní dávku 200 kg.ha⁻¹ hnoje skotu, což je 50 % legislativně povolené startovací dávky. Průměrný poměr živin (P : N : C) v zachyceném bahně byl zjištěn na úrovni 1 : 5,21 : 51,67. Z toho vyplývá, že rybníční bahno je vcelku bohatým zdrojem uhlíku.



4.12 Ekonomické aspekty budování a provozu hrázek

Náklady na 1 ha rybníku

Náklady na budování a odstranění hrázek jsou uvedeny v tabulce č. 37. Základní vstupní data vycházejí ze skutečně vynaložených nákladů dodaných Blatenskou rybou, spol. s r.o. Vše potřebné k budování a likvidaci hrázek provedla fa Radek Šimsa, Blatná (IČO: 63292394), která subdodavatelky uspěla na základě nejvýhodnější podané nabídky. Náklady na balíky sena (50 Kč/ks) odpovídají jejich skutečné spotřebě na rybnících. Cena fixačního materiálu (klece, kůly, fixační tyče 30 000,- Kč), jakož i vlastní stavba hrázek byla rozpočítána paušálně na všechny rybníky rovným dílem (22 890,- Kč). Náklady na odstranění hrázek jsou rozpočítány poměrem z celkově vysoutěžené ceny (77 040,- Kč) podle podílu pracnosti a objemu odvedené práce na daném rybníce. Hodnota jutové tkaniny pak odpovídá ceně skutečně spotřebovaného množství.

Z přehledových výsledků je patrné, že náklad na 1 ha plochy rybníka je velmi různorodý. Malé rybníky (Brdský a Vrbice) vykazují nadprůměrnou výšku nákladů, zatímco 20 ha velký rybník Mokřý je výrazně pod průměrem. Obdobný trend ukazuje rovněž přepočítání nákladů na kubík protečené vody a zachycení, resp. vytěžení 1 kg sedimentu (zde částečně zkresluje hodnotu podíl staršího sedimentu). Náklady na odstranění sedimentu, resp. vyčištění stoky pod rybníkem po ukončení sledování jsou výrazně vyšší tam, kde je složitý přístup vyžadující malou mechanizaci a špatný stav stoky (Vrbice). Na rybníku Brdský jsou vysoké náklady na 1 kg sedimentu z důvodu malého množství vytěženého sedimentu. Naproti tomu v udržované a dobře přístupné stoce (Novokoželský a Mokřý) jsou náklady na 1 kg vytěženého sedimentu výrazně nižší.

Tabulka 37. Přehled kalkulace nákladů na provoz hrázek k zachycení rybníčního sedimentu (ceny bez DPH)

Parametr	Spolu / Průměr	Jenšovský	Podsilničný	Novokoželský	Ouhlín	Brdský	Vrbice	Pláňavy	Novokoželský	Mokřý
Vodní plocha (ha)	51,34	3,93	1,80	5,00	6,20	0,91	0,80	7,70	5,00	20,0
Objem proteklé vody hrázkami (m ³)	17 437	3 875	885	3 645	1 042	570	210	624	1 076	5 510
Objem vytěženého sedimentu (m ³)	252	17,5	22,0	49,0	13,0	2,0	1,36	17,35	55,5	74,75
Hmotnost sedimentu (t)	504,9	35,0	44,0	98,0	26,0	4,0	2,73	34,7	111,0	149,5
Balíky slámy (Kč)	30 000	3 500	3 500	3 500	3 000	3 500	2 500	3 500	3 500	3 500
Fixační materiál (Kč)	30 000	3 333	3 333	3 333	3 333	3 333	3 333	3 333	3 333	3 333
Stavba hrázek (Kč)	22 890	2 543	2 543	2 543	2 543	2 543	2 543	2 543	2 543	2 543
Odstranění hrázek (Kč)	77 040	5 992	10 272	15 408	4 280	1 712	7 704	8 560	12 840	10 272
Jutová tkanina (Kč)	2 204							1 102	1 102	
Náklady celkem (Kč)	162 134	15 369	16 649	24 785	13 157	11 089	16 081	19 039	23 319	19 649
Náklady na 1 ha rybníka (Kč)	6 923,30	3 911	10 916	4 957	2 122	12 185	20 101	2 473	4 664	982
Náklady na m³ proteklé vody (Kč)	21,9	4,0	22,2	6,8	12,6	19,5	76,6	30,5	21,7	3,6
Náklady na zachycení 1 t sedim. (Kč)	1244,1	439,1	446,5	252,9	506,0	2772,0	5890,1	548,6	210,1	131,4
Výpočet nákladů na živiny zachycené z vody										
Náklady na zachycení 1 kg NL ₁₀₅ (tis. Kč)	0,148	0,011	0,069	0,423	0,481	0,049	0,052	0,200	0,022	0,025
Náklady na zachycení 1 kg TP (tis. Kč)	50,41	1,35	16,62	112,65		7,91	196,10	50,90	4,16	13,55
Náklady na zachycení 1 kg TN (tis. Kč)	44,13	1,17	13,19	2,85	219,27	20,92	100,50	19,43	12,34	7,56
Náklady na zachycení 1 kg TOC (tis. Kč)	7,92	0,18	1,50	0,20	57,20	1,06		2,24	0,21	0,80



Výpočet nákladů na živiny zachycené v sedimentu										
Náklady na zachycení 1 kg P (tis. Kč)	3,346	1,048	1,066	0,608	1,208	6,617	17,388	1,304	0,563	0,314
Náklady na zachycení 1 kg N (tis. Kč)	0,568	0,208	0,211	0,138	0,239	1,311	2,550	0,286	0,107	0,062
Náklady na zachycení 1 kg C (tis. Kč)	0,058	0,021	0,021	0,014	0,024	0,132	0,270	0,027	0,011	0,006
Náklady na zachycení 1 kg Ca (tis. Kč)	0,625	0,192	0,195	0,122	0,221	1,213	3,319	0,186	0,118	0,058

Tyto relativně vysoké náklady odpovídají nákladům na pilotní testování nové technologie. Do budoucna je reálné jejich snížení. Větší úspory jsou dosažitelné prakticky ve všech položkách s výjimkou jutové tkaniny (snad množstevní sleva). Na každém rybníce je možné o trochu snížit spotřebu balíků (minimalizovat rozpadlé kusy), nebo si je začít pořizovat ve vlastní režii. Jednou pořízený fixační materiál je použitelný opakovaně a tak tato položka může poklesnout velmi výrazně. Náklady na stavbu hrázek obsahují především mzdy. Podle našeho pozorování je reálné, aby sehraný tým 3–4 pracovníků, postavil 2 bariery v průběhu 1 až 2 hodin. Při vlastní výstavbě hrázek fakticky nejvíce zdržuje odnos balíků z přepravujícího vozidla ke stoce (ne vždy je vhodná příjezdová cesta k místu budování hrázek). Při průměrné sazbě 150 Kč/hod. tak vzniká náklad jen na úrovni 450–1 200 Kč/rybník. Nejvýznamnější nákladovou položkou však představuje čištění stoky pod rybníkem, které vyžaduje speciální mechanizaci. Zde je možné ušetřit rovněž, a to díky pravidelnému čištění stoky, která tím bude průběžně udržována v perfektním stavu (viz. Novokoželský 2017 a Mokřý). Množství zachyceného sedimentu se sice nesníží, ale bude jej možné odtěžit za kratší čas. Práce mechanizace je obvykle placena hodinovou sazbou.

Náklady na 1 kg zachycených nerozpuštěných látek (živin)

Výpočet nákladů na 1 kg z vody zachycený, resp. v sedimentu vytěžených živin ukazuje rovněž tabulka č. 37. Z ní je patrné, že zachycení 1 kg NL₁₀₅ z vody stálo v průměru 148 Kč, zatímco náklady na 1 kg TP a TN dosahovali desítek tisíc korun, resp. u TOC spíše jednotky tisíce korun. Tyto náklady byly samozřejmě výrazně ovlivněny retencí dosaženou na tom kterém rybníce. Jak jsme již uvedli výše, ta byla různorodá z mnoha důvodů.

Náklady vypočtené na zachycení 1 kg živin ze sedimentu vypadají mnohem příznivěji. Nejvyšší jsou opět u celkového fosforu, ale jejich hodnota je v průměru pouze 3,3 tis. Kč.kg⁻¹. U dusíku a vápníku dosahují náklady v průměru jen necelých 600 Kč.kg⁻¹, resp. u uhlíku pouze 58 Kč.kg⁻¹.



5 Závěr

Výběr vhodné lokality

Na základě našich zkušeností můžeme pro tuto technologii doporučit spíše menší rybníky o velikosti do cca 10 ha. Prostor pod rybníkem by měl mít mírný spád a být přístupný pro mechanizaci (bez stromů, únosný terén). Vlastní odtoková stoka by neměla být silně zabahněná s „měkkým dnem“, neboť hrozí vysoké riziko podtékání barier. Ideální hloubka stoky je cca 50–60 cm. Za výhodu je možné považovat potenciál pro rozlití vody na okolní pozemky. Důležitá je však skutečnost, že rybník nesmí být postaven na vydatném vodním toku, bez možnosti regulace obtoku (problém ředění a vypláchnutí sedimentu).

Budování barier

Barieře je vhodné budovat z balíků sena/slámy, které jsou lisované co nejméně, jen aby držely tvar (nižší hmotnost, lepší tvarování). Pro položení spodní řady je dobré několik balíků namočit cca na 12–24 hod. před instalací ve stoce (nezapomenout na jejich fixaci, jinak uplavou). Vlastní bariéru se osvědčilo stavět ze dvou řad balíků se vzájemným překryvem míst dotyku. Maximální výška bariéry je do 1,2 m (3 řady balíků na sebe), neboť tlak vody vznikající při této výšce nad bariérou je udržitelný pomocí jednoduchých fixačních prvků. K fixaci balíků se osvědčilo používat propichovací trny ve tvaru T – menší riziko poranění! Vhodné je mít alespoň dvě velikosti fixačních trnů (na 1 balík/80 cm, na 3 balíky/150 cm). Vyšší hráze je vhodné na vzdušné strany zapřít o opěrnou konstrukci (ocelová klec). U mělkých stok je vhodné po stranách vybudovat křídla, která usměrní tok vody do vegetačního krytu a zvýší její akumulovaný objem. Problematické podtékání barier je možné zmírnit vystláním prostoru nad hrázkou jutovou tkaninou (min. 2–3 m).

Změny kvality vody

Průtokem vody soustavou dvou dočasných barier dochází ke zlepšení její kvality. Statisticky byl prokázán rozdíl – pokles u všech sledovaných laboratorně analyzovaných parametrů mezi hodnotami na profilu A (pod hrázi rybníka) a profilu B (pod druhou bariérou) s výjimkou $Fe_{rozp.}$ (rozdíl neprokázán), resp. $P_{rozp.}$ (došlo naopak k jeho zvýšení). V průběhu strojení a výlovu rybníka dochází k postupnému nárůstu koncentrace všech sledovaných parametrů. Jejich maximální úroveň kulminuje ve fázi výlovu (BSK₅, NL₁₀₅, NL₅₅₀, Fe a $Fe_{rozp.}$) nebo až po něm (CHSK_{Cr}, TN, TP, TOC, TIC, TC, KNK_{4,5}, Ca). Tyto hodnoty jsou obvykle mnohonásobně vyšší ve srovnání s fází „noc před výlovem“. Nicméně snížení jejich koncentrace průtokem přes bariéry je v těchto fázích v průměru poměrně vysoké (nad -50 %). V některých případech však bylo dosahováno snížení nad -90 %. U sledovaných základních fyzikálně chemických parametrů byly zjištěny obvykle jen malé změny jejich průtokem přes bariéry. Za zmínku stojí mírný pokles hodnoty pH při průtoku bariérami, jakož i jeho pokles v průběhu výlovu. Množství kyslíku je průtokem barier obvykle zvyšováno, s výjimkou fáze hodina po výlovu, kdy naopak klesá.

Zachycený sediment

Celkem bylo na všech rybnících odtěženo 252 m³ sedimentu o odhadované hmotnosti 504,9 tun (surový stav), tedy v průměru 9 834 kg.ha⁻¹. V tomto sedimentu bylo odtěženo celkem 1 015,89 kg celkového dusíku (22,3 kg.ha⁻¹), 206,04 kg celkového fosforu (4,47



kg.ha⁻¹), 294,11 kg celkového draslíku (6,56 kg.ha⁻¹), 1 097,92 kg celkového vápníku (23,58 kg.ha⁻¹) a 10 108,63 kg celkového uhlíku (220,69 kg.ha⁻¹). Průměrné množství vytěženého fosforu ze sedimentu – 4,47 kg.ha⁻¹, odpovídá odtěžení fosforu obsádkou ryb o biomase 527 kg.ha⁻¹. Veškerý odtěžený sediment včetně hrázek z balíků slámy byl umístěn zpět do rybníků.

Z hlediska provozu hrázek z balíků slámy je vhodné doporučovat kontinuální vypouštění vody při strojení s vyhýbáním se extrémních stavů (neteče žádná voda/maximální průtok vody). Jako bonusový efekt fungování hrázek je možné spatřovat zachycení plevných ryb, zejména střevličky východní v prostoru barier.

Ekonomika provozu hrázek

Náklady na výstavbu a likvidaci hrázek jsou relativně vysoké a průměru dosáhly 6 923,3 Kč na hektar rybníku, resp. 21,9 Kč na kubík protečené vody, resp. 1 244,1 Kč na zachycení 1 tuny sedimentu. Nejvyšší nákladovou položkou bylo vytěžení zachyceného sedimentu a vlastní balíky slámy. Pozitivní je však skutečnost, že prakticky u všech uvažovaných nákladových položek je do budoucna reálný prostor pro jejich snížení.

Další možnost využití

Tato testovaná inovativní technologie budování dočasných barier ve stoce pod rybníkem může být využita rovněž i pro zachytávání sedimentu unikajícího z rybníku při jeho odbahňování nebo rekonstrukci. O takovéto uplatnění v praxi již projevíli zájem pracovníci AOPK v Českých Budějovicích na základě prezentace dosažených výsledků odborné veřejnosti.

Poděkování

Přesto, že situace, ale i výsledky na některých rybnících nedopadly zcela podle našich představ, můžeme považovat výběr rybníků, provedení testování a získané výsledky za dobré. Zdánlivý negativní výsledek, resp. komplikace technického charakteru totiž dobře a věrně ukázaly možnosti, ale i slabiny této nové inovativní technologie. Pracovat s takto různorodou a velkou skupinou rybníků bylo šťastné rozhodnutí!

Nyní patří poděkovat těm, kteří se do realizace tohoto projektu nějakým způsobem zapojili. Velký dík patří především pracovníkům střediska Sedlice za dobré podmínky, které nám při vlastní realizaci projektu vytvářeli. Speciální poděkování si zaslouží strojiči jednotlivých rybníků, kteří nám s velkou trpělivostí a pochopením vycházeli vstříc při manipulaci s vodou. Dále patří poděkovat za pomoc kolegům, kteří se zapojili do vzorkování v terénu: **M.Sc. Marcellin Rutegwa, Bc. Jan Dofek, doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc. a Bc. Martin Vágner**, resp. za práci v laboratoři: **Mgr. Michal Kutý, Ph.D.** Za konzultace o možnostech omezení podtékání barier děkuji Ing. Václavu Davidovi, Ph.D. z ČVUT Praha. *Na závěr děkujeme rovněž managementu podniku Blatenská ryba, spol. s r.o. za jeho důvěru a celkovou podporu.*



Literatura:

Adámek, Z., Helišic, J., Maršálek, B., Rulík, M., (2010). Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, FROV, Vodňany.

Banas D., Masson G., Leglize L., Pihan J-C (2002). Discharge of sediments, nitrogen (N) and phosphorus (P) during the emptying of extensive fishponds: effect of rain-fall and management practises. *Hydrobiologia* 472: 29-38.

Banas D., Masson G., Leglize L., Usseglio-Polatera, P., Boyd, C. E., (2008). Assessment of sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France, *Environmental Pollution* (152) 679–685.

Boyd, C. E., (1978). Effluent from Catfish Ponds during Fish Harvest. *J. Environ. Qual.* (7) 1:59–62.

Butz I. (1988) Situation of fish – farm effluents in Austria. *Monistettuja Julkaisuja (Helsinki)* 47:4-12.

Čašek, J., (2016). Zdroje sedimentu v nádrži, In: V. David a T. Davidová (Editor), *Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2016“*. 23. a 24. 6. 2016. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha: pp 139–144. ISBN 978-80-01-05978-4.

ČSN EN 1899-1 (75 7517) Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) - Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomocoviny

ČSN EN 1899-2 (75 7517) Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSKn) - Část 2: Metoda pro neředené vzorky

ČSN ISO 15705 (75 7521) Jakost vod - Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSKcr) - Metoda ve zkumavkách

ČSN EN 1484 (75 7515) Jakost vod - Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a rozpuštěného organického uhlíku (DOC)

ČSN EN 872 (757349) Jakost vod - Stanovení nerozpuštěných látek - Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken

ČSN EN ISO 9963-1 (757371) Jakost vod. Stanovení kyselinové neutralizační kapacity (KNK). Část 1: Stanovení KNK4,5 a KNK8,3

ČSN EN ISO 17294-2 (757388) Kvalita vod – Použití hmotnostní spektrometrie indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) – Část 2: Stanovení vybraných prvků včetně izotopů uranu

Duras J., Potužák J., Marcel M., Pechar L. (2015). *Rybníky a jakost vody. Vodní hospodářství* 7:16 – 24.

Hejzlar J., Šámalová K., Boers K., Kronvang B. (2006). Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. *Water Air Soil Pollut Focus* 6:487 – 494.

Kalenda M., Vojtěch V., Gergel J. (1982). Obsah některých živin a látek vypouštěných rybníků ve vodě. *Československé rybníkářství*. 1: 8-16.

Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H., 1998. Phosphor und Stickstoffbilanzen von Karpfenteichen. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 7: 181–189.

Knösche R., Schreckenbach K., Pfeifer M., Weissenbach H. (2000) Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. *Fisheries and Ecology* 7:15-22.

Kwei Lin, C., Yang Yi, Y., (2003). Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. *Aquaculture* 226: 57-58

Kwei Lin, C., Shrestha, K., M., Yang Yi, Y., Diana J., S., (2008). Management to minimize the environmental impacts of pond effluent: harvest draining techniques and effluent quality, *Aquaculture Engineering* (25), 125-135.



Mikšíková K. (2011) Sledování množství nerozpuštěných látek a celkového fosforu v průběhu vypouštění rybníční nádrže. Juniorstav. 3. Vodní hospodářství a vodní stavby. 7s.

Mikšíková, K., Dostál, T., Vrána, K., Rosendorf, P., (2012). Transport sedimentu a fosforu při výlovu malých vodních nádrží. Vodní hospodářství (6), s. 203–208.

Muendo P. N., Verdegem C. J. M., Stoorvogel J. J., Milstein A., Gamal E., Duc P. M., Verreth J. A. J., (2014). Sediment Accumulation in Fish Ponds; Its Potential for Aricultural Use. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 1(5):228–241.

Pechar L. (2015) Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek. Vodní hospodářství. 7:1-6.

Poštulková, E., Kopp, R. Lang. Š., Brabec, T., (2012). Změny kvality vody při vypouštění rybníka. In: XVI. Konference ČLS a SLS, 25 – 29. júna Jasná, s. 126–129.

Potužák, J., Duras, J., 2012. Látkové bilance rybníků a k čemu jsou dobré? Sborník referátů konference „Chov ryb a kvalita vody“, Rybníkářské sdružení ČR, České Budějovice, 49–63 s.

Potužák J., Duras J. (2015) Nutrient retention in fishponds – importance, assessment and possible use. Vodní hospodářství 65(7):7-15(in Czech).

Potužák J., Duras J., Kröpfelová L., Šulcová J., Chmelová I., Benedová Z., Svoboda T., Novotný O. (2015) Rybníční sediment – nový pohled na recyklaci živin v zemědělské krajině. In: Vodohospodářská konference - Vodní nádrže 2015 (sborník), str. 50–54.

Potužák, J., Duras, J., Kröpfelová, L., (2015). Rybníční sediment – kam s ním? In. M. Urbánek (Editor), Sborník referátů z 3. ročníku odborné konference Rybníkářského sdružení ČR. 19. a 20. 2. 2015. České Budějovice, Rybníkářské sdružení České republiky, České Budějovice: pp 59-66. ISBN 978-80-87699-04-1

Potužák J., Duras J., Drozd B., (2016). Mass balance of fishponds: are they sources or sinks of phosphorus ? Aquacult Int. 24:1725-1745.

Potužák J., Duras J., Kröpfelová L., Šulcová J., Baxová-Chmelová I., Benedová Z., Svoboda T., Novotný O., Pokorný J. (2017). Rybníční sedimenty a nové možnosti recyklace živin a organických látek v malých povodích-příkladová studie rybník Hrusický. Rybníkářství (9) str. 6-8.

Rozkošný M., Adáček Z., Heteša J., Všeticková L., Marvan P., Sedláček P. (2011) Impact of pond management on the water ecosystems of streams in the South Moravia region. VTEI 1/2011

Schwartz, MF., Boyd, CE.(1994) Effluent quality during harvest of channel catfish from watershed ponds. Progressive fish-culturist 56: 25-32.

Šulcová, J., Baxa, M., Köpfelová, L., Baxová Chmelová, I., (2017). Monitoring rybníčních sedimentů v letech 2011–2017. In: V. David a T. Davidová (Editor), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2017“. 15. a 16. 6. 2017. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha: pp 144–154. ISBN 978-80-01-06166-4. ISSN 2570-5075

Vallod D., Sarrazin B (2010). Water quality characteristics for draining and extensive fish farming pond. Hydrol. Sci. J. 55(3): 394–402.

Vaniček, M., (2014). Chytré řešení pro odbahnění a protierozní ochranu břehů, Vodní hospodářství (9), str. 21–22.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybařský fond
Operační program Rybářství



Fakulta rybařství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Přílohy:

1. Fotodokumentace rybník Jenšovský
2. Fotodokumentace rybník Podsilničný
3. Fotodokumentace rybník Novokoželský 2016
4. Fotodokumentace rybník Ouhlín
5. Fotodokumentace rybník Brdský
6. Fotodokumentace rybník Vrbice
7. Fotodokumentace rybník Pláňavy
8. Fotodokumentace rybník Novokoželský 2017
9. Fotodokumentace rybník Mokřý



Příloha č. 1 – rybník Jenšovský





A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – první bariera celkový pohled, **D** – první bariera detail, **E** – druhá bariera celkový pohled, **F** – plevelné ryby u hladiny, **G** – vytěžený sediment, **H** – vyčištěná stoka, **CH** – umístění sedimentu do rybníku,

Příloha č. 2a – rybník Podsilničný



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – první bariera celkový pohled, **D** – první bariera s vodou, **E** – první bariera zanešená sedimentem, **F** – vyčištěná stoka, **G** – umístění sedimentu do rybníku, **H** – vyčištěná stoka,



Příloha č. 2b – rybník Podsilničný



A – první bariera pohled shora, **B** – první bariera pohled ze spodu, **C** – první bariera větší průtok, **D** – první bariera menší průtok, **E** – podtékání bariery, **F** – hustá vegetace výtoky nad druhou barierou, **G** – druhá bariera celkový pohled, **H** – výtok zatrubněné části odpadní stoky z rybníka,



Příloha č. 3a – rybník Novokoželský 2016



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – stoka pod rybníkem, **D** – stoka pod rybníkem po výlovu, **E** – první bariera při výlovu, **F** – první bariera po výlovu, **G** – druhá bariera při vysokém průtoku, **H** – druhá bariera při nízkém průtoku,



Příloha č. 3b – rybník Novokoželský 2016





A – náročná klimatická podmínka při výlovu, **B** – druhá bariera pohledu shora, **C** – první bariera pohledu zespoda, **D** – druhá bariera pohledu zespoda, **E** – první bariera po výlovu, **F** – druhá bariera po výlovu, **G** – povrchová eroze vody v lovišti, **H** – sediment v rybníku, **CH** – vyčištěná stoka pod rybníkem,

Příloha č. 4a – rybník Ouhlín





A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – vyplavené dno stoky pod barierou, **D** – stoka pod rybníkem po výlovu, **E** – první bariera při výlovu, **F** – první bariera podtékání při malém průtoku, **G** – druhá bariera, **H** – vegetace ve výtopě druhé bariery,

Příloha č. 4b – rybník Ouhlín



A – sběr plůdku po dně rybníka, **B** – plůdek ukrytý ve vegetaci, **C** – sediment ve stoce nad první barierou, **D** – sediment ve stoce nad druhou barierou, **E** – sediment v rybníku, **F** – vyčištěná stoka pod rybníkem, **G** – vyčištěná stoka pod rybníkem,



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybníkový fond
Operační program Rybníkářství



Fakulta rybníkářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Příloha č. 5 – rybník Brdský



G

H



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybníkový fond
Operační program Rybníkářství



Fakulta rybníkářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – louka pod rybníkem, **D** – první bariera pohled shora, **E** – první bariera pohled zdola, **F** – první bariera pohled shora, **G** – druhá bariera při malém průtoku vody, **H** – druhá bariera při velkém průtoku vody,

Příloha č. 6a – rybník Vrbice





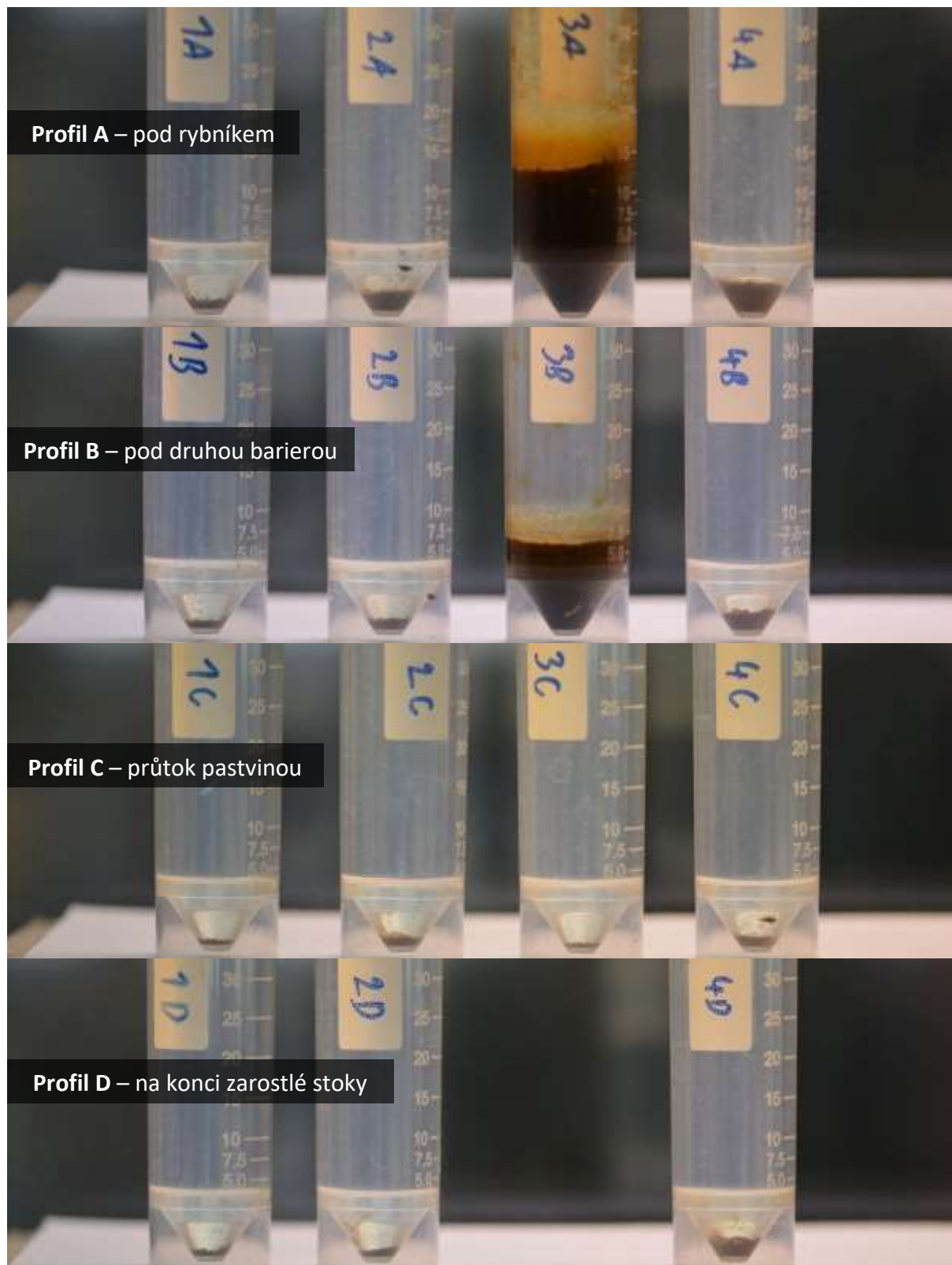
A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem, **C** – prostor pro vybudování první bariery, **D** – prostor pro vybudování druhé bariery, **E** – první bariera pohled zdola, **F** – druhá bariera pohled shora, **G** – zachycené plevelní ryby nad první barierou, **H** – sediment ve druhé barieře po výlovu,

Příloha č. 6b – rybník Vrbice



A – průtok vody přes pastvinu u první bariery, **B** – průtok vody přes pastvinu u druhé bariery, **C** – sediment a plevné ryby zachycené v trávě, **D** – sediment zachycený v trávě, **E** – místo vzorkování profilu „C“, **F** – zarostlá stoka pod druhou barierou, na konci byl profil „D“, **G** – vyčištěná stoka v prostoru první bariery, **H** – vyčištěná stoka v prostoru druhé bariery,

Příloha č. 6c – rybník Vrbice



Vizuální demonstrace změny kvality vody po průtoku barierami na rybníku Vrbice,
1 – ráno před výlovem, 2 – těsně před výlovem, 3 – výlov, 4 – hodina po výlovu,



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem před výlovem, **C** – stoka pod rybníkem, **D** – stoka pod rybníkem při výlovu, **E** – stoka pod rybníkem po výlovu, **F** – první bariera pohled shora, **G** – první bariera pohled zdola, **H** – sediment v první barieře po výlovu, **CH** – sediment v druhé barieře po výlovu,

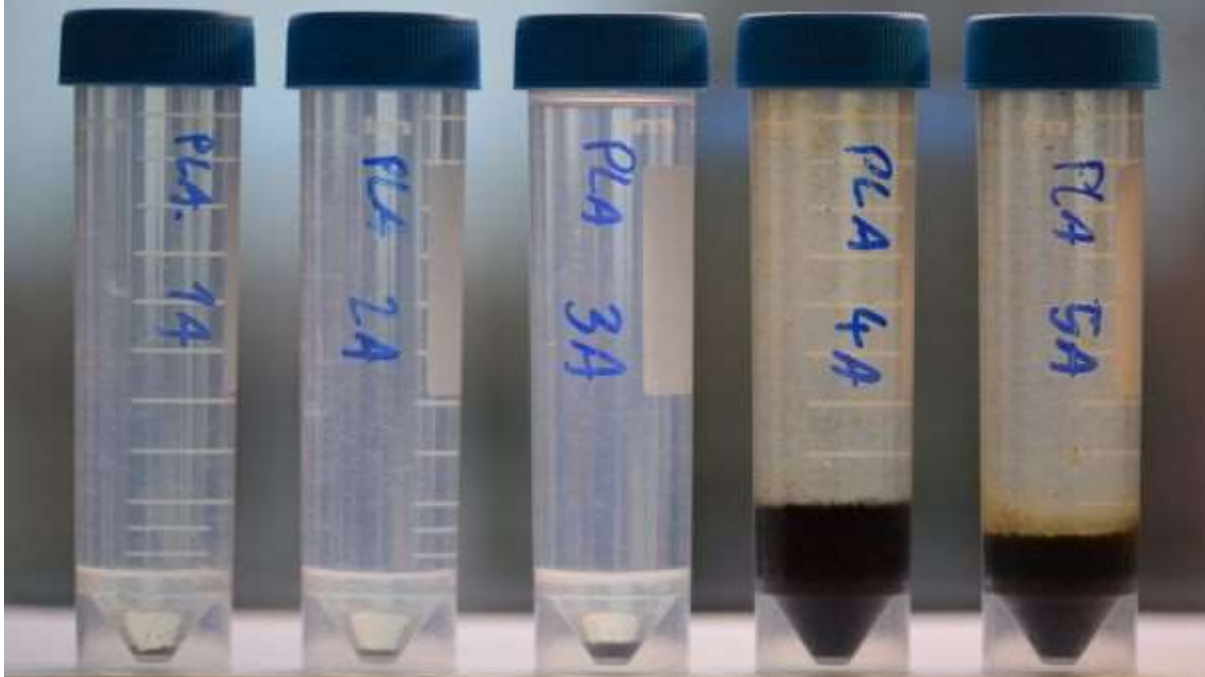
Příloha č. 7b – rybník Pláňavy



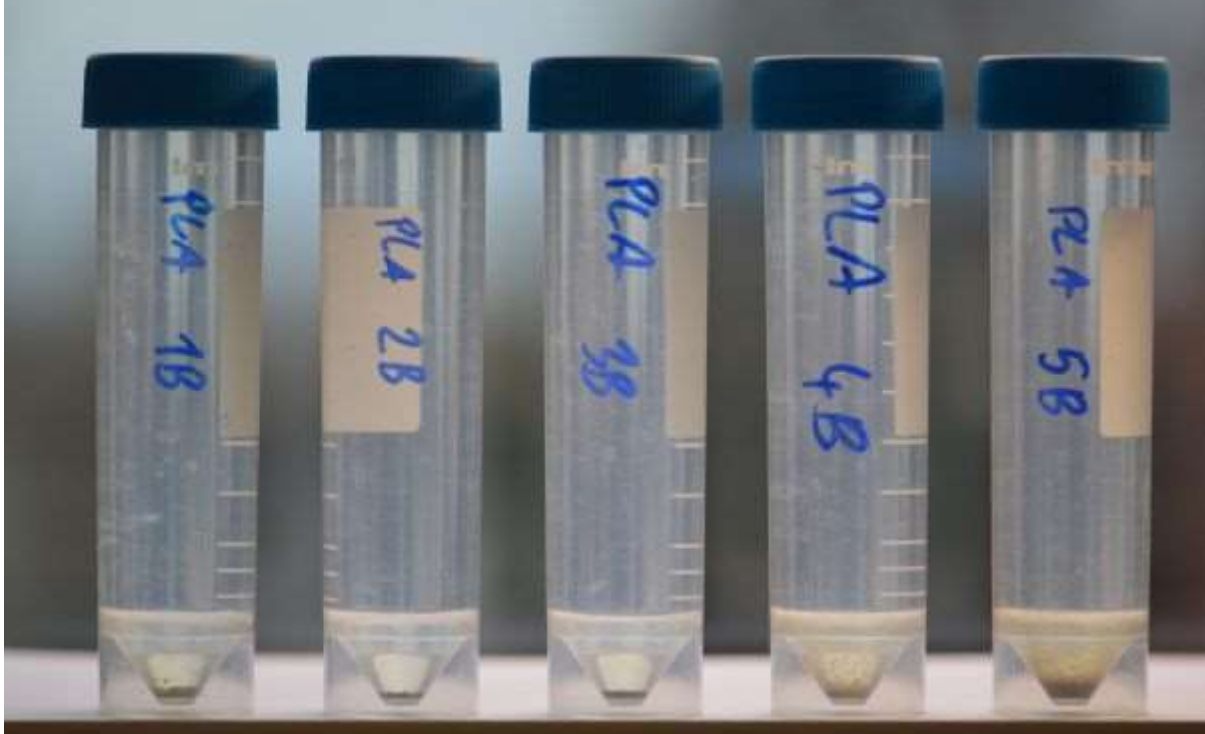
A – menší průtok vody přes první bariéru, **B** – větší průtok vody přes první bariéru, **C** – menší průtok vody přes druhou bariéru, **D** – větší průtok vody přes druhou bariéru, **E, F** – zachycené plevelné ryby, **G** – závěr výlovu na kesery, plevelná ryba u hladiny, **H** – kolmatace jutové tkaniny v prostoru první bariéry,



Profil A – pod rybníkem



Profil B – pod druhou barierou



Vizuální demonstrace změny kvality vody po průtoku barierami na rybníku Pláňavy,
1 – noc před výlovem, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodina po výlovu,

Příloha č. 8a – rybník Novokoželský 2017



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem před výlovem, **C** – stoka pod rybníkem při výlovu, **D** – stoka pod rybníkem po výlovu, **E** – první bariera, **F** – první bariera pohled shora, **G** – první bariera při menší vodě, **H** – první bariera při větší vodě,

Příloha č. 8b – rybník Novokoželský 2017

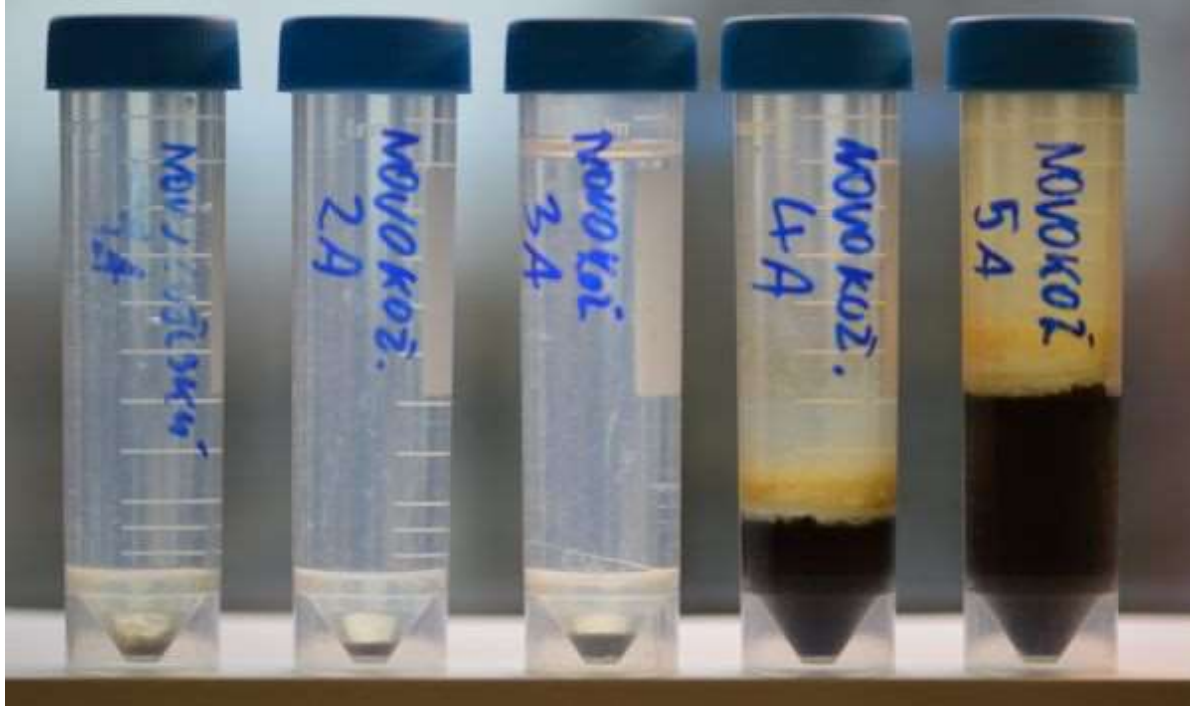


A – prostor nad první barierou po výlovu, **B** – prostor nad druhou barierou po výlovu, **C** – první bariera po výlovu, **D** – druhá bariera po výlovu, pohled zdola, **E** – první bariera několik dní po výlovu, pohled zdola, **F** – druhá bariera několik dní po výlovu, pohled zdola, **G** – první bariera několik dní po výlovu, pohled shora, **H** – druhá bariera několik dní po výlovu, pohled shora,

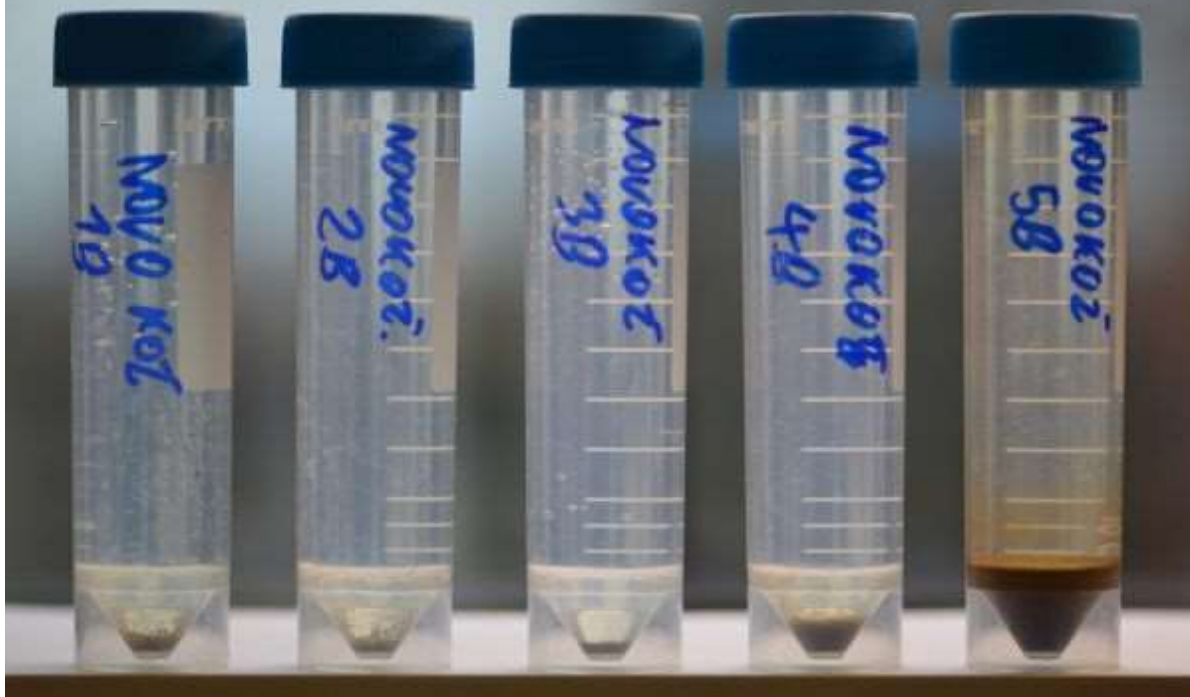
Příloha č. 8c – rybník Novokoželský 2017



Profil A – pod rybníkem



Profil B – pod druhou barierou



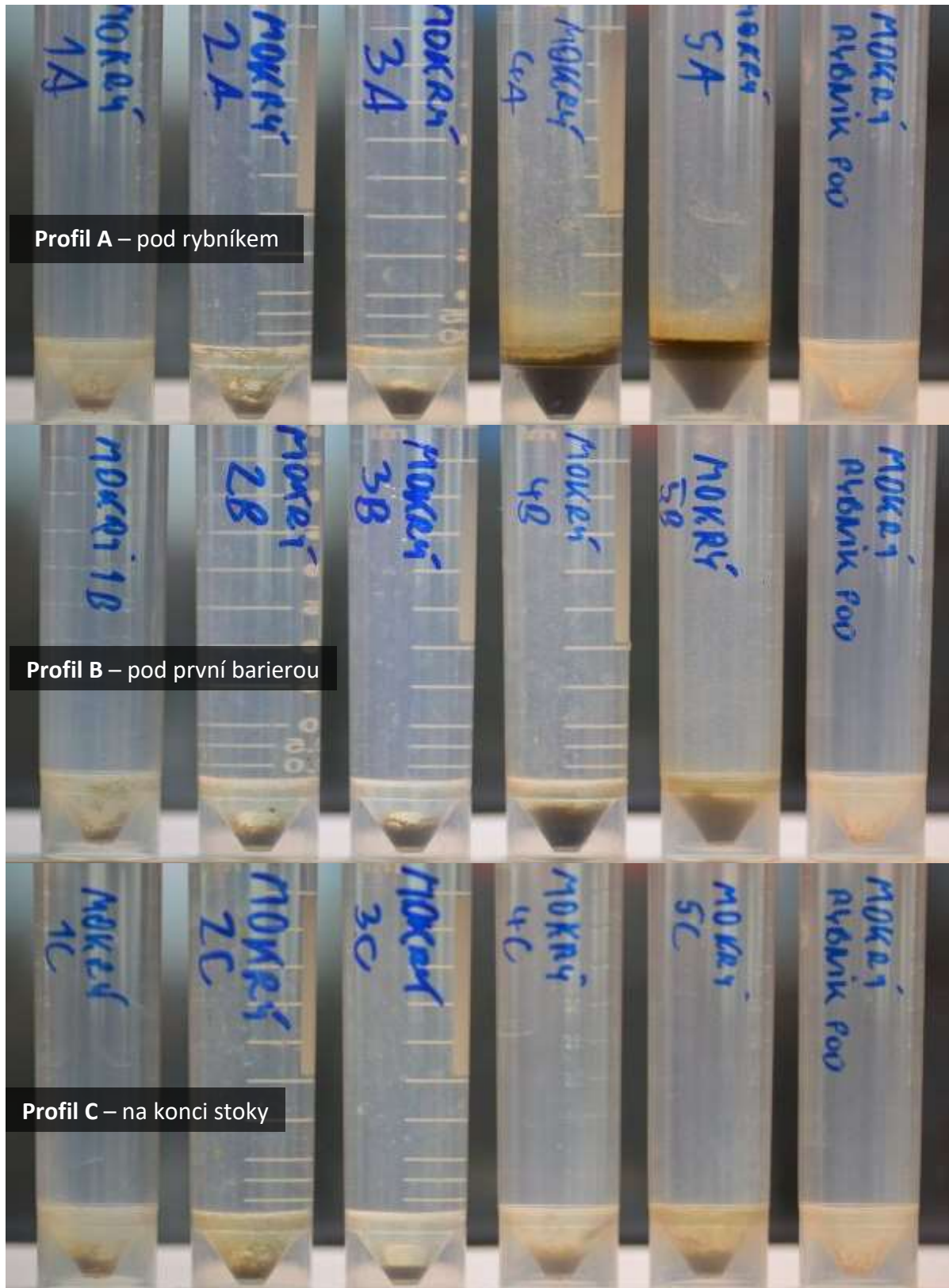
Vizuální demonstrace změny kvality vody po průtoku barierami na rybníku Novokoželský 2017,
1 – noc před výlovem, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodina po výlovu,

Příloha č. 9a – rybník Mokřý



A – celkový pohled na rybník, **B** – stoka pod rybníkem před výlovem, **C** – stoka pod rybníkem, **D** – stoka pod rybníkem při výlovu, **E** – první bariera opřena o lávku, profil „B“, **F** – profil „C“ na konci stoky, **G** – výlov, natahování podložní sítě, **H** – výlov, vydávání ze sítě,

Příloha č. 9b – rybník Mokrá



Vizuální demonstrace změny kvality vody po průtoku barierami na rybníku Mokrý,
1 – noc před výlovem, 2 – ráno před výlovem, 3 – těsně před výlovem, 4 – výlov, 5 – hodina po výlovu, „rybník pod“ – Starý Čekanický