

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Ústav akvakultury a ochrany vod

Bakalářská práce
**Chemismus a fyzikální parametry rybníků
během hydrologického roku**

Autor: Světlana Hummelová

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Otakar Strunecký, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Kateřina Hovorková

Studijní program a obor: Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem napsala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce.

Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis studenta:

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala všem, kteří přispěli svou pomocí k vytvoření této bakalářské práce. Zejména však mému vedoucímu práce Mgr. Otakaru Struneckému, Ph.D. a konzultantce Ing. Kateřině Francové (Hovorkové) a dalším zaměstnancům laboratoře aplikované hydrobiologie za odbornou pomoc, metodické vedení, poskytnuté rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat rodičům a přátelům, kteří mi při práci byli velkou oporou.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Světlana HUMMELOVÁ**

Osobní číslo: **V14B029P**

Studijní program: **B1601 Ekologie a ochrana prostředí**

Studijní obor: **Ochrana vod**

Název tématu: **Chemismus a fyzikální parametry rybníků během hydrologického roku**

Zadávací katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je stanovit vybrané fyzikální a chemické parametry dvou až tří rybníků v rybniční soustavě. Tyto vybrané veličiny budou uplatněny k posouzení jejich vlivu na kultivaci rybí obsádky. Literární rešerší bude kvantifikováno ovlivnění růstu kapra malou koncentrací kyslíku, teplotou a pH. Studentka srovná změřené fyzikální parametry s recenzí zjištěným ovlivněním růstových parametrů ryb se zvláštním zaměřením na koncentraci kyslíku a pH. Teplota, pH, množství světla, průhlednost a koncentrace kyslíku budou stanoveny v rámci vybrané rybniční soustavy. K měření těchto parametrů bude použito standardního kalibrovaného terénního měřáku, popř. Secchiho desky a luxmetru. V průběhu roku budou tyto parametry měřeny v měsíčních intervalech po rozmrznutí vodního tělesa v místě maximální hloubky rybníků. V letní sezonně bude pak vybraný rybník proměřený nejprve v několika transektech se zaměřením na hloubku, přítok a odtok, a místa krmení ryb. Dále se proměří v intervalu 6 hodin po dobu 48 hodin v geografickém gradientu s vybranými místy podle předchozích transektů. Z těchto měření vznikne jak časová, tak prostorová vizualizace základních fyzikálních a chemických parametrů v rybníce.

Získané výsledky pak student dále vyhodnotí pomocí počítačového SW (např. Statistica, Surfer, MS Office) a srovná s informacemi z dostupné literatury.


Výsledky pomohou vytvořit doporučení pro další management rybníků, např. aeraci nebo dokrmování rybí obsádky

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 10 stran)**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Otakar Strunecký, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Kateřina Francová**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Datum zadání bakalářské práce: **3. dubna 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**


prof. Ing. Otomar Línhart, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 5. dubna 2017

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Allen, M. M. (1984). "Cyanobacterial Cell Inclusions." *Annual Review of Microbiology* 38(1): 1-25.
- Becker, E. W. (2007). "Micro-algae as a source of protein." *Biotechnology Advances* 25(2): 207-210.
- Borowitzka, M. (1997). "Microalgae for aquaculture: Opportunities and constraints." *Journal of Applied Phycology* 9(5): 393-401.
- Casamatta, D. A. and C. E. Wickstrom (2000). "Sensitivity of Two Disjunct Bacterioplankton Communities to Exudates from the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* Kutzing." *Microb Ecol* 40(1): 64-73.
- Dogo, C. R., F. M. Bruni, F. Elias, M. Rangel, P. A. Pantoja, C. L. Sant'anna, C. Lima, M. Lopes-Ferreira and L. R. de Carvalho (2011). "Inflammatory effects of the toxic cyanobacterium *Geitlerinema amphibium*." *Toxicon* 58(6-7): 464-470.
- Hess, W. R. (2011). "Cyanobacterial genomics for ecology and biotechnology." *Curr Opin Microbiol* 14(5): 608-614.
- Leao, P. N., N. Engene, A. Antunes, W. H. Gerwick and V. Vasconcelos (2012). "The chemical ecology of cyanobacteria." *Nat Prod Rep* 29(3): 372-391.
- Martinez-Noel, G. M., A. C. Cumino, L. Kolman Mde and G. L. Salerno (2013). "First evidence of sucrose biosynthesis by single cyanobacterial bimodular proteins." *FEBS Lett* 587(11): 1669-1674.
- Piorreck, M., K.-H. Baasch and P. Pohl (1984). "Biomass production, total protein, chlorophylls, lipids and fatty acids of freshwater green and blue-green algae under different nitrogen regimes." *Phytochemistry* 23(2): 207-216.
- Richmond, A. (2004). *Handbook of microalgal culture : biotechnology and applied phycology*. Oxford, OX, UK ; Ames, Iowa, USA, Blackwell Science.
- Richmond, A. and Q. Hu (2013). *Handbook of microalgal culture : applied phycology and Biotechnology*. Chichester, West Sussex, UK, John Wiley & Sons, Ltd.
- Whitton, B. A. (2012). *Ecology of cyanobacteria II : their diversity in space and time*. New York, Springer.
- Whitton, B. A. and M. Potts (2000). "The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time andSpace." *Kluwer Academic Publishers*. Netherlands: 37-59.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1. Základní fyzikálně-chemické parametry rybníku	10
2.1.1. Teplota vody	10
2.1.2. Kyslík	14
2.1.3. Světelné podmínky ve vodě a průhlednost vody	16
2.1.4. Hodnota pH.....	18
3. Materiál a metodika.....	20
3.1. Zájmové území.....	20
3.2. Uspořádání měření	20
3.3. Způsob měření parametrů.....	21
4. Výsledky	23
4.1. Jednotlivé parametry v celém vodním sloupci v jednotlivých transektech	23
4.1.1. První měření – 29. 6. 2016	23
4.1.2. Druhé měření – 16. 7. 2016	25
4.1.3. Třetí měření – 12. 8. 2016	28
4.1.4. Čtvrté měření – 4. 10. 2016	31
4.2. Porovnání naměřených dat v jednotlivých dnech v závislosti na hloubce.	34
4.2.1. Porovnání teploty s hloubkou	34
4.2.2. Porovnání chlorofylu s hloubkou.....	35
4.2.3. Porovnání kyslíku s hloubkou	36
4.2.4. Porovnání pH s hloubkou	37
4.3. Roční průběhy kyslíku, teploty, chlorofylu a průhlednosti	38
5. Diskuze	39
5.1. Teplota.....	39
5.2. Kyslík	39
5.3. První měření – 29. 6. 2016	40
5.4. Druhé měření – 16. 7. 2016	41
5.5. Třetí měření – 12. 8. 2016	41
5.6. Čtvrté měření – 4. 10. 2016	42
6. Závěr.....	43
7. Seznam použité literatury	45
8. Seznam příloh	48

9. Přílohy	49
10. Abstrakt	51
11. Abstract.....	52

Zadáním mé bakalářské práce je chemismus a fyzikální parametry rybníků během hydrologického roku. V mé bakalářské práci se zaměřím zejména na tyto fyzikální a chemické parametry: **Kyslík, teplota, pH, chlorofyl a průhlednost**. V literární rešerši se budu zabývat zejména vlivem nízké koncentrace kyslíku, teploty a pH na růst kapra obecného (*Cyprinus carpio*).

1. ÚVOD

O České republice se tvrdí, že je střechou Evropy. Tuto přezdívku dostala díky tomu, že téměř veškerá voda, která u nás naprší, odtéká do sousedních zemí. Česká republika je tedy závislá na atmosférických srážkách a z tohoto důvodu je zapotřebí umět vodu rozumným způsobem zadržet, a také s ní správně hospodařit. K tomu je zapotřebí rozumět fyzikálním, biologickým a chemickým pochodům a to nejen ve vodě, ale i v její bezprostřední blízkosti.

Se zadržením vody v přírodě souvisí budování přehradních nádrží a rybníků. Historie českého rybníkářství sahá až do 11. století a zaměřuje se především na chov kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a dalších doplňkových druhů ryb jakými jsou např.: amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), candát obecný (*Sander lucioperca*), štika obecná (*Esox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*) a lín obecný (*Tinca tinca*) (Adámek a kol., 2014).

Fyzikální a chemické parametry vody jsou na sobě závislé a vzájemně se mohou ovlivňovat. Působí na ně veškeré děje v rybníce. Svým přímým či nepřímým působením ovlivňují životní pochody živých organismů a mění tak i vlastnosti vody.

Fyzikálně-chemické vlastnosti vody jsou nedílnou součástí hodnocení kvality vodního prostředí. Už od základních fyzikálních parametrů jako je teplota vody, pH, průhlednost nebo barva, dokážeme odvodit mnoho důležitých informací (Hadašová, 2012).

Chemismem a fyzikálními parametry našich rybníků se minimálně okrajově zabývá téměř každá práce či vodohospodářský výzkum, týkající se vodního prostředí. Tyto parametry jsou také velmi důležité při výběru postupů hospodářské činnosti na rybnících.

Prvotním cílem této práce bylo zjistit základní fyzikálně-chemické parametry dvou až tří rybníků v rybniční soustavě během hydrologického roku. Zejména obsah kyslíku, teplotu a pH vody a jejich vliv na rybí obsádku. Rozsah práce se nakonec zaměřil pouze na rybník Dehtář.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Základní fyzikálně-chemické parametry rybníku

2.1.1. Teplota vody

Teplota vody patří spolu s kyslíkem mezi významné parametry, které ovlivňují kvalitu vodního prostředí a intenzitu metabolismu vodních živočichů (Alabaster a Lloyd, 1980).

Teplota se řadí mezi významné indikátory kvality vody. Stejně jako kyslík má vliv na rozpustnost a formu výskytu látek (např. amoniaku). Teplota, blížící se k 0 °C, rozpustnost látek ve vodě obecně snižuje, naopak vyšší teplota má vliv na rychlejší rozklad organických látek.

Tabulka č. 1: Orientační hodnoty letálních teplot pro ryby
(Reinchenbach–Klinke, 1975).

Druh ryby	Jikry	Dospělé ryby adaptované na teplotu				
		Orientační letální teplota (°C)				
		5	15	20	25	30
Úhoř říční (<i>Anguilla anguilla</i>)	-	-	-	30,0	37,0	-
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	32,5	29,0	35,0	-	35,8	40,6
Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	-	-	30,2	32,0	33,0	37,0
Amur bílý (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	-	-	-	-	41,0	-
Štika obecná (<i>Esox lucius</i>)	22,0	-	-	-	32,2	33,7
Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	24,0	24,0	28,0	29,7	31,4	35,5

Vliv teploty vody na ryby

Ryby se řadí mezi poikilotermní živočichy. To znamená, že se teplota jejich těla odvíjí od teploty prostředí (FAO, 2017). Teplota těla ryb se od teploty prostředí může lišit maximálně o 0,5 až 1 °C více. U teplomilných druhů ryb platí, že se vzrůstající teplotou prostředí (do optimálních hodnot) roste i jejich účinnost látkové přeměny. Teplota vody u ryb dále ovlivňuje průběh a výskyt nemocí. Imunitní systém ryb nejlépe probíhá při 15 °C. Mezi další vlastnosti ryb, které teplota významně ovlivňuje, se řadí rychlost dospívání ryb, délka inkubace jiker a rozmnožování (Svobodová a kol., 1987).

Podle teplotních nároků ryb lze teplotu rozlišovat na teplotu optimální (teplota pro ideální metabolismus) a teplotní toleranci (teplota vody, kterou jsou ryby schopné dlouhodobě snášet, ale jejich metabolismus je tím výrazně ovlivněn). Mimo jiné můžeme rozlišovat i kritická termální minima a maxima, které se druh od druhu liší. Při posuzování termálního maxima a minima je důležitá předchozí aklimatizace na teplotu vody viz. tabulka č. 1 (Máchová a kol., 2014). Ve svém přirozeném prostředí snášejí ryby sezónní změny teplot velmi dobře. V zimním období jsou schopny přežívat při teplotách blízkých se k 0 °C a v létě jsou schopny se adaptovat na teplotu vody kolem 20-30 °C (záleží na druhu). Velice kritické pro všechny druhy ryb jsou náhlé a prudké změny teplot. Při změně o více jak 12 °C dochází u ryb k teplotnímu šoku. Dalším mnohem závažnějším nebezpečím jsou prudké změny teplot u mladých jedinců ryb. U nich dochází k teplotnímu šoku již při náhlých rozdílech teplot o 3 °C (Svobodová a kol., 1987).

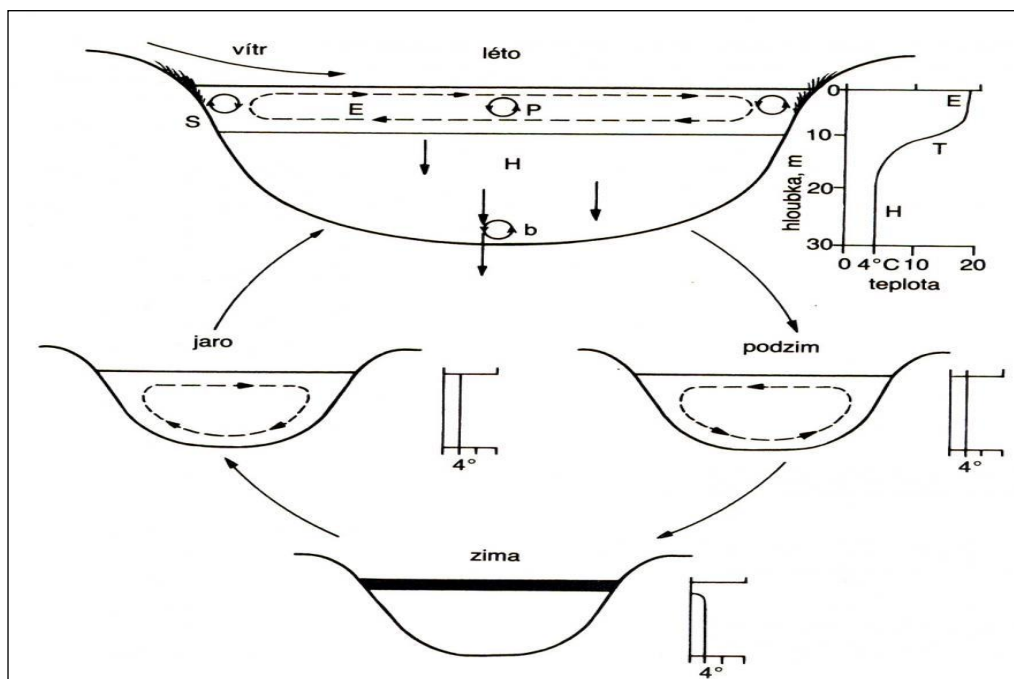
Optimální teplota pro růst a vývoj kaprovitých druhů ryb je 18-28 °C, naopak lososovité ryby preferují chladnější teplotu v rozmezí mezi 8-18 °C (Pitter, 2009).

Teplotní režim vod a obsah kyslíku

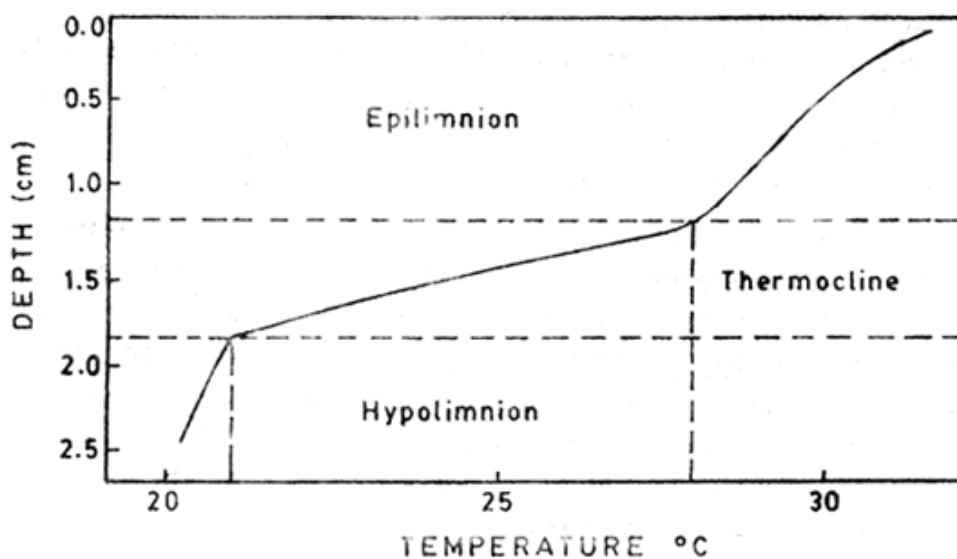
V našich podmínkách mírného pásma nalezneme takzvané dimiktické vodní nádrže. Jedná se o vodní nádrže, ve kterých jsou takové podmínky, že se v nich voda může 2 krát do roka promíchat. To je způsobeno zejména střídáním ročních období. Voda se díky rozdílným teplotám (se kterou souvisí i objemová roztažnost) ve vodním sloupci promíchá, a vznikají tak teplotní cykly (Lellák a Kubiček, 1991; Wetzel, 1983).

Anomálie vody neboli objemová roztažnost znamená, že zvyšováním teploty vody od 0 °C do 4 °C se její objem snižuje, ale zvyšuje se její hustota. Nejvyšší hustota vody je při 4 °C (přesněji v 3,98 °C). Jakmile se teplota přehoupne přes 4 °C, dochází ke snížení hustoty vody a ke zvýšení jejího objemu (Kráal, 1984). Tento jev je velice důležitý při procesu cirkulace vody. Je nezbytnou vlastností vody, která rybám umožňuje ve vodním prostředí přežívat při zamrznutí vodní hladiny a udržet tak jejich metabolismus v činnosti (Ambrožová, 2001).

Hartman a kol. (1998) uvádí, že teplotní cykly se rozdělují podle střídání ročních období na jarní cirkulaci, letní stratifikaci, podzimní cirkulaci a zimní stagnaci (Obr. č. 1). Teplotní stratifikace je vertikální rozdělení jezera na několik částí podle teploty. V dimiktickém jezeře se dělí na tři části: epilimnion, metalimnion a hypolimnion (Obr. č. 2) (Lellák a Kubiček, 1991; Ambrožová, 2001).



Obr. č. 1: Schéma sezónního cyklu termiky nádrže mírného pásma (Lellák a Kubíček, 1991).



Obr. č. 2: Typické teplotní rozvrstvení vodních mas v rybníku (Boyd, 1979).

V zimním období ke dnu nejdříve klesá voda, která má nejvyšší hustotu (tedy voda o teplotě 4 °C) a vytlačuje k hladině vodu chladnější, která na hladině může zamrznout. Led je mnohem lehčí než voda, proto se drží na hladině. Led se na hladině tvoří tak, že ke dnu nejdříve klesá voda, která má nejvyšší hustotu, voda, která má 4 °C.

Ta postupně dopadne až ke dnu a nad ní se drží chladnější voda, která má teplotu až do 0 °C. Čím více se budeme blížit k hladině, tím bude voda chladnější, až nakonec vlivem mrazivých teplot vzduchu bude zamrzat.

Při zimní stagnaci, je obsah kyslíku ve vodě velmi nízký. Obsah rozpuštěného kyslíku závisí na velikosti ledové vrstvy a také na sněhové pokrývce. Pokud sněhová pokrývka nezabraňuje pronikání slunečního záření pod led, pak je ve vodě díky fotosyntéze dostatek kyslíku. Pokud bude koncentrace kyslíku nižší jak 2 mg·l⁻¹, pak dojde k masivnímu úhynu ryb a vodních organismů (Ambrožová, 2001).

Teplota vzduchu se na jaře zvyšuje a tím dochází k tání ledu. Jakmile led roztaje, dochází k jarní cirkulaci. Nyní už na vodu může působit vítr a v momentu, kdy teplota vody na hladině dosáhne 4 °C, začíná klesat ke dnu a tím promíchává spodní chladnější vrstvy. Tímto se voda v nádrži postupně pomalu otepluje, až se teplota v celém vodním sloupci vyrovná. Jarní cirkulace trvá poměrně krátkou dobu, jelikož začne docházet vlivem silného slunečního záření k letní stratifikaci (Obr. č. 1). V jarním období bývá v celém sloupci dostatek kyslíku. Je to způsobeno zejména tím, že v chladnější vodě se kyslík rozpouští lépe, než ve vodě teplejší a při chladnějších teplotách se při pomalejších rozkladných procesech nespotebuje kyslík v takové míře. Koncentrace kyslíku se v jarním období obvykle pohybuje mezi 10-14 mg·l⁻¹ (Heteša a Kočková, 1997).

Při letní stratifikaci se hladina působením silného slunečního záření začne ohřívat, tím pádem začne být lehčí než chladnější voda pod ní. Tímto způsobem se vytvoří dvě vrstvy-epilimnion a hypolimnion. Epilimnion je svrchní vrstva, která je lehčí, probíhá zde fotosyntéza a je velmi ovlivňována vnějšími faktory (sluneční záření, antropogenní činnost a působení větru). Hypolimnion je spodní vrstva. Voda je zde chladnější s větší hustotou a probíhají zde rozkladné procesy organické hmoty, které jsou způsobeny heterotrofními živočichy a mikroorganismy. Tyto dvě vrstvy jsou odděleny tzv. skočnou vrstvou metalimnionem (termoklinou). Metalimnion může dosahovat změny teploty až několika stupňů na metr hloubky. (Obr. č. 1). V létě je obsah kyslíku v obou vrstvách rozdílný. I přes to, že ve svrchní vrstvě je vyšší teplota vody, obsah kyslíku je tu vyšší, než u spodní vrstvy (Kalff, 2002). Ve svrchní vrstvě, díky dobré dostupnosti světla, funguje fotosyntéza a kyslík se do vody dostává pomocí difúze. Ve spodní vrstvě bývá naopak nízká koncentrace kyslíku (Ambrožová, 2001; Kalff, 2002; Lellák, 1991; Pitter, 2009). Ve spodní vrstvě se koncentrace kyslíku pohybuje přibližně od 0 do 2,5

$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Ve skočné vrstvě přibližně v rozmezí od 2,5 do 7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a ve svrchní vrstvě je přibližná koncentrace kyslíku od 7 do 11 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Heteša a Kočková, 1997).

V době kdy začne slábnout sluneční záření, se voda na hladině začne ochlazovat a tím se vyruší letní stratifikace a voda se začne promíchávat, až nakonec bude mít v celém vodním sloupci opět stejnou teplotu, tedy 4 °C. Vlivem stále chladnějších teplot dojde opět k zimní stagnaci a cyklus se dále opakuje (Obr. č. 1). Při podzimní cirkulaci je obdobné nasycení kyslíkem jako u jarní cirkulace (Ambrožová, 2001; Kalff, 2002; Lellák, 1991; Pitter, 2009).

2.1.2. Kyslík

Kyslík ve vodě je jeden z nejdůležitějších parametrů vodního prostředí. Je nedílnou součástí většiny důležitých chemických i biochemických reakcí (Lellák a Kubíček, 1991). Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě se vyjadřuje v procentech nasycení nebo v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Pitter, 2009).

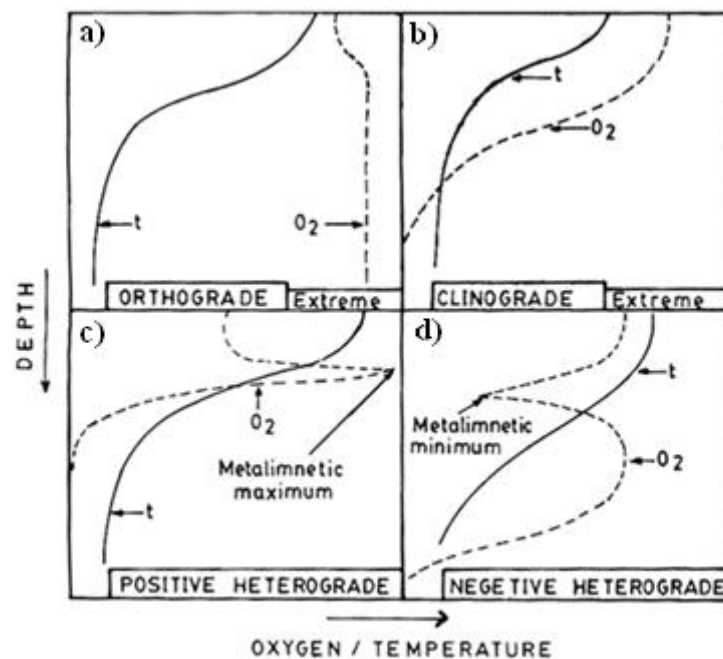
Kyslík se do vody dostává několika způsoby. Difúzí z atmosféry a při fotosyntéze vodních rostlin, řas a sinic. Rozpustnost kyslíku ve vodě závisí zejména na teplotě (Tabulka č. 2), ale také na koncentraci rozpuštěných látek a tlaku ve vodě. S rostoucí teplotou koncentrace kyslíku klesá. Pitter (2009) uvádí, že koncentrace kyslíku v epilimniu je téměř vždy vysoká a hypertrofní rybníky s vysokou produkcí zelených rostlin bývají v letním období při dostatečném slunečním svitu přesyceny. Přesycení vody kyslíkem se nazývá hyperoxie (Pitter, 1999).

Jestliže koncentrace rozpuštěného kyslíku klesne pod 100 % nasycení, jedná se o kyslíkový deficit, neboli hypoxii (Máchová a kol., 2014).

Kyslík se ve vodě spotřebovává při aerobním biologickém rozkladu organických látek, nitrifikaci a při oxidaci některých látek, např. železa nebo manganu nebo při dýchání živých organismů (Pitter, 1999).

Mezi hlavní příčiny nedostatku kyslíku ve vodách patří zejména znečištění povrchových vod organickými látkami, které jsou ve vodě snadno rozložitelné. Tyto látky přicházejí do vod z vod odpadních (komunální, zemědělské a další odpadní vody). Organické látky jsou mikroorganismy rozkládány a zároveň se při rozkladných procesech spotřebovává kyslík. Další nebezpečí deficitu kyslíku může nastat v zimním období, kdy zamrzne vodní hladina. Z důvodu zastínění sněhovou pokrývkou neprobíhá fotosyntéza. Nebezpečí pro ryby představuje ale i velké množství fytoplanktonu ve vodě. Vzhledem k tomu, že při asimilaci rostlin pH roste, bude se s přibývajícím

množstvím fytoplanktonu zvyšovat spolu s kyslíkem i pH vody. Vlivem zvyšujícího se pH při fotosyntetické asimilaci rostlin, se ve vodě začne hromadit nedisociovaný amoniak a dojde k poškození rybí obsádky, zejména k autointoxikaci amoniakem. Poškozená rybí obsádka tak částečně přeruší svůj vyžírací tlak na zooplankton, který se následně přemnoží a svým vyžíracím tlakem sníží množství fytoplanktonu (Máchová a kol., 2014). K častým deficitům kyslíku v letním období dochází v eutrofizovaných vodách v brzkých ranních hodinách, kdy ještě nezapočala fotosyntetická činnost. V rybníku se nachází velké množství primárních producentů, které přes noc kyslík spotřebovávají. Ráno tak dochází ke kyslíkovým deficitům a v poledních hodinách může docházet k přesycení kyslíkem (Heteša a Kočková, 1997). Nejčastější denní distribuce koncentrace kyslíku s hloubkou by měla mít v eutrofní nádrži podle Hutchinson (1957) klesající tendenci, způsobenou samozastíněním fytoplanktonu tj. zvýšenou primární produkci při hladině a zvýšenou respiraci v hloubce pod hloubkou foticke vrstvy (obr. č. 3b).



Obr. č. 3: Příklady vertikální distribuce rozpuštěného kyslíku v různých typech vod (Hutchinson, 1957).

Kyslík patří mezi významné faktory ovlivňující metabolismus ryb. Při nedostatku kyslíku dochází k poruchám trávení s následným udušením a úhynem ryb. Výkyvy a nedostatky kyslíku snášejí různé druhy a stádia ryb odlišně a vždy závisí na současných životních pochodech ryb (např. krmení, období reprodukce, apod.).

K velice náročným druhům ryb patří ryby lososovité. Lososovité ryby vyžadují ideální koncentraci rozpuštěného kyslíku mezi 8-10 mg·l⁻¹. Koncentrace rozpuštěného kyslíku u lososovitých ryb nesmí klesnout pod 3 mg·l⁻¹. Velmi citlivé na koncentrace rozpuštěného kyslíku je i plotice, ouklej a candát (Heteša a Kočková, 1997). Naopak méně náročné druhy ryb jsou štika a ryby kaprovité. Pro ně jsou ideální koncentrace rozpuštěného kyslíku od 6-8 mg·l⁻¹. Příznaky dušení u kaprovitých ryb pozorujeme až při poklesu rozpuštěného kyslíku pod 2 mg·l⁻¹ (Svobodová a kol., 1987). Mezi nejméně citlivé ryby na kyslík patří karas stříbřitý a koljuška tříostná. Karas vystačí dlouhodoběji i s pouhými 0,5-0,75 mg·l⁻¹, poté postupně přechází na anaerobní dýchání. Karas potřebný kyslík dokáže získat štěpením svých tukových zásob (Heteša a Kočková, 1997).

Tabulka č. 2: Stoprocentní rozpustnost kyslíku ve vodě, která je ve styku se vzduchem nasyceným vodní parou při tlaku 101 324 (Benson a Kraus, 1980).

Teplota (°C)	Rozpuštěný kyslík (mg·l ⁻¹)	Teplota (°C)	Rozpuštěný kyslík (mg·l ⁻¹)	Teplota (°C)	Rozpuštěný kyslík (mg·l ⁻¹)
0	14,621	10	11,228	20	9,092
1	14,216	11	11,027	21	8,914
2	13,829	12	10,777	22	8,743
3	13,460	13	10,537	23	8,578
4	13,107	14	10,306	24	8,418
5	12,770	15	10,084	25	8,263
6	12,447	16	9,870	26	8,113
7	12,138	17	9,665	27	7,968
8	11,843	18	9,467	28	7,827
9	11,559	19	9,276	29	7,691

2.1.3. Světelné podmínky ve vodě a průhlednost vody

Lampert a Sommer (1997) uvádí, že téměř veškerá energie, která se na zemském povrchu vyskytuje, pochází ze slunečního záření. Celkové záření dopadající na zemský povrch, se jinak nazývá jako globální záření. Toto globální záření zahrnuje rozmezí vlnových délek od 300-3000 nm a můžeme ho rozdělit na dva typy záření. Prvním typem je záření přímé a druhý typ záření nazýváme difúzní záření oblohy, dopadající z ostatních směrů (Lellák a Kubíček, 1991).

Světlo, které vstupuje do vodního prostředí, zejména pak jeho množství a kvalita, ovlivňuje teplotu vody a fotosyntetickou činnost vodních rostlin (Hartman a kol., 1998).

Světelné záření, které působí na zemský povrch a zároveň i na vodní hladinu, můžeme rozdělit podle intenzity záření a jejich důsledků, na tři typy. Prvním typem je ultrafialové záření. Lampert a Sommer (1997) ve své publikaci uvádí, že délka tohoto záření je v rozmezí od 300-380 nm. Toto záření je nebezpečné pro živé organismy, ale díky ozonové vrstvě, která toto záření pohlcuje, je podíl tohoto záření ve vodním prostředí nejmenší. Z celkového množství slunečního záření tvoří ultrafialové záření pouhých 1-5 % (Lellák a Kubíček, 1991). Lellák a Kubíček (1991) dále uvádí, že při naší zeměpisné šířce a poloze Slunce v nadhlavníku, je spektrální rozsah ultrafialového záření (UV) 300-390 nm. Můžeme si tedy všimnout, že údaje Lamperta a Sommera (1997) se liší od údajů Lelláka a Kubíčka (1991). S největší pravděpodobností je to způsobeno rozdílnou zeměpisnou šířkou. Dalším typem slunečního záření je viditelné sluneční záření, které má spektrální rozsah 390-770 nm. Procentuelní zastoupení z celkového slunečního záření tvoří 47 %. Tento typ záření, konkrétně ve vlnových délkách 400-700 nm, je zdrojem energie pro fotosyntetickou asimilaci rostlin. Jinými slovy se toto rozmezí záření nazývá PhAR (fotosynteticky aktivní záření). Posledním typem je záření infračervené. Nachází se v rozmezí 770-3000 nm a má za důsledek přirozené oteplování a zahřívání vodních nádrží a toků. Toto záření má největší procentuální zastoupení, a to 48 % (Lellák a Kubíček, 1991).

Poté, co se záření dostane k vodní hladině, se menší část světelného záření odrazí zpět do atmosféry a zbytek pronikne pod vodní hladinu (Lampert a Sommer, 1997). Množství odráženého světla, závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků na hladinu. Hartman a kol. (1998) uvádí, že více světla se od hladiny odráží v ranních a večerních hodinách. V poledne, kdy světlo dopadá na vodní hladinu kolměji, se odráží méně. V zimě pak vodní hladina odráží opět více světla než v létě, protože v létě je úhel dopadajících paprsků na hladině mnohem větší než v zimě. V rozdílu meziročních období odraz světla od hladiny nesouvisí pouze s úhlem paprsků dopadajících na hladinu, ale i s množstvím ledové vrstvy a sněhové pokrývky (Kalff, 2002). Světlo není odráženo pouze vodní hladinou, odráží se také na anorganických a organických látkách, které jsou obsaženy ve vodě. Ve vodě jsou obsaženy látky, které světlo nejen odráží, ale také absorbují. S klesající hloubkou se míra intenzity odrazu a rozptylu světla mění v závislosti na typu látek ve vodě obsažených (Lellák a Kubíček, 1991). Světlo ve vodě je důležité pro fotosyntetickou asimilaci rostlin. Světla s hloubkou rychle ubývá, a když poklesne pod 1 % povrchového osvětlení, fotosyntéza není možná. Respirace převládá a tato zóna se nazývá afotická vrstva. V hloubce, do které proniká

ještě alespoň 1 % podpovrchového světelného záření, převládá fotosyntéza nad respirací a tuto vrstvu nazýváme fotická vrstva (Kalff, 2002).

Průhlednost vody je velmi významná fyzikální vlastnost, která je závislá na mnoha různých faktorech (Lellák a Kubíček, 1991). Valentová a kol. (2009) ve své publikaci uvádí, že průhlednost vody udává množství světla, které prochází vodním sloupcem. Tato vlastnost je závislá na intenzitě zákalu (turbidity) a barvě vody. Turbidita je způsobena rozptýlenými částicemi. Těmi mohou být jak živé, tak neživé částice. Valentová a kol. (2009) řadí mezi živé organismy způsobující zákal vody plankton, a to jak zooplankton, tak i fytoplankton, zejména řasy a sinice. Mezi neživé partikule řadí anorganické i organické částice způsobené půdní erozí, zvířenými sedimenty dna a podobně. Anorganické a vegetační zákaly mají rozdílné vlivy na biologický režim vod. U rybníků s větší intenzitou rybí obsádky, zejména kaprovitých ryb, se vyskytují oba druhy zákalu v důsledku zvíření dnového sedimentu při kapřím rytí ve dně.

Průhlednost vody poskytuje cenné informace, které jsou důležité pro další závěry. Valentová a kol. (2009) shrnuje důležité postupy a závěry pro zpracování informací o průhlednosti vody. V eutrofních až hypertrofních rybnících doporučuje měřit průhlednost vody častěji v jarním období, a to až 2 krát týdně. Průhlednost vody a její vývoj může být důležitým signálem pro případné chemické či biologické změny ve vodě. Například zelený zákal a snížená průhlednost může značit zvyšování pH, naopak zvýšená průhlednost může být signálem pro blížící se kyslíkové deficity.

V rybnících s vysokou primární produkcí, se průhlednost pohybuje v řádech decimetrů až třech až pěti metrů. Naopak v oligotrofních jezerech může průhlednost vody dosáhnout až na několik desítek metrů. Průhlednost vody může tedy sloužit jako prvotní informace o úživnosti rybníků či množství fytoplanktonu ve vodě (Valentová a kol., 2009).

2.1.4. Hodnota pH

Hodnota pH výrazně ovlivňuje biochemické a chemické reakce ve vodním prostředí a má velký vliv na koncentraci, rozpustnost a toxicitu řady přítomných látek ve vodě (Pitter, 1999; Svobodová a kol., 1992).

Hodnoty pH se v běžných povrchových vodách obvykle pohybují v rozmezí od 6,0 do 8,5. Vyšší hodnoty pH způsobuje zejména fotosyntetická asimilace rostlin, kdy dochází k úbytku volného oxidu uhličitého, tím se následně naruší neutralizační

kapacita vody a její pH se začne zvětšovat (Svobodová, 1987). K nižším hodnotám pH dochází většinou při jarním tání sněhu v oblasti rašelinišť (Pitter, 2009).

Optimální pH pro ryby je obvykle v rozmezí od 6,5 do 8,5. Jednotlivé druhy ryb však snášejí rozdílné hodnoty pH. U lososovitých ryb můžeme pozorovat poškození těla při pH pod 4,8 a nad 9,2. U kaprovitých ryb můžeme pozorovat příznaky hynutí a poškození ryb při pH pod 5,0 a nad 10,8. Kaprovité ryby jsou odolnější vůči vyšším hodnotám pH a naopak citlivější k nízkým hodnotám pH (Svobodová a kol., 1987).

Ryby na změny pH reagují zvýšenou tvorbou hlenu na kůži a na vnitřní straně skřelí. Při abnormálním zvýšení či snížení pH pak dochází k výskytu krvácení v oblasti žaber a spodní části těla (Svobodová a kol, 1987).

3. MATERIÁL A METODIKA

3.1. Zájmové území

Měření fyzikálně chemických parametrů bylo provedeno na rybníku Dehtář. Rybník Dehtář leží mezi Českými Budějovicemi a Netolicemi (49°0'26'N, 14°17'39'E). Díky své rozloze 260 ha je desátým největším rybníkem České republiky. Objem vody je 6,5 mil. m³ (Broža a kol., 2005). Jeho průměrná hloubka je 4 m. Hráz rybníku je sypaná, 10 m vysoká a 234 m dlouhá. Na koruně hráze se nachází asfaltová silnice lemovaná duby (Křivánek a kol. 2012). V těsné blízkosti rybníku se nachází intenzivně obhospodařovaná pole a chatařské oblasti (Koutek, 2008).

Dehtář je napájen třemi přítoky. Prvním a zároveň hlavním přítokem je Dehtářský potok (Obr. č. 4). Dehtářský potok pramení v Blanském lese na východě od Křemže, a ještě dříve než se vlévá do Dehtáře, protéká soustavou několika rybníků. Do Dehtáře ústí v jeho jižní části a vytváří zde úzkou protaženou zátoku (Koutek, 2008). Druhým přítokem je Babický potok (Obr. č. 4), který pramení u Lhenic a do Dehtáře se vlévá v severozápadní části. Posledním přítokem je Kamenný potok, který je momentálně nefunkční. Tento přítok spojuje Dehtář s vedlejším rybníkem Posměch (Liebscher a Rendek, 2014).

Rybník Dehtář má několik možností využití. Mezi hlavní funkce rybníku patří chov ryb. Na rybníku hospodaří Rybářství Hluboká cz. s. r. o. Obsádka rybníku je polykulturní, ale dominantní chovanou rybou je kapr obecný, dále pak amur bílý, štika obecná, candát obecný a sumec velký. Rybník je intenzivně obhospodařován, pravidelně se hnojí, vápní a krmí. Krmné místo je vyobrazeno na obr. č. 4. Rybník je dále využíván k rekreaci a prakticky celá západní část rybníku byla vyhlášena jako chráněná ptačí rezervace (Koutek, 2008).

3.2. Uspořádání měření

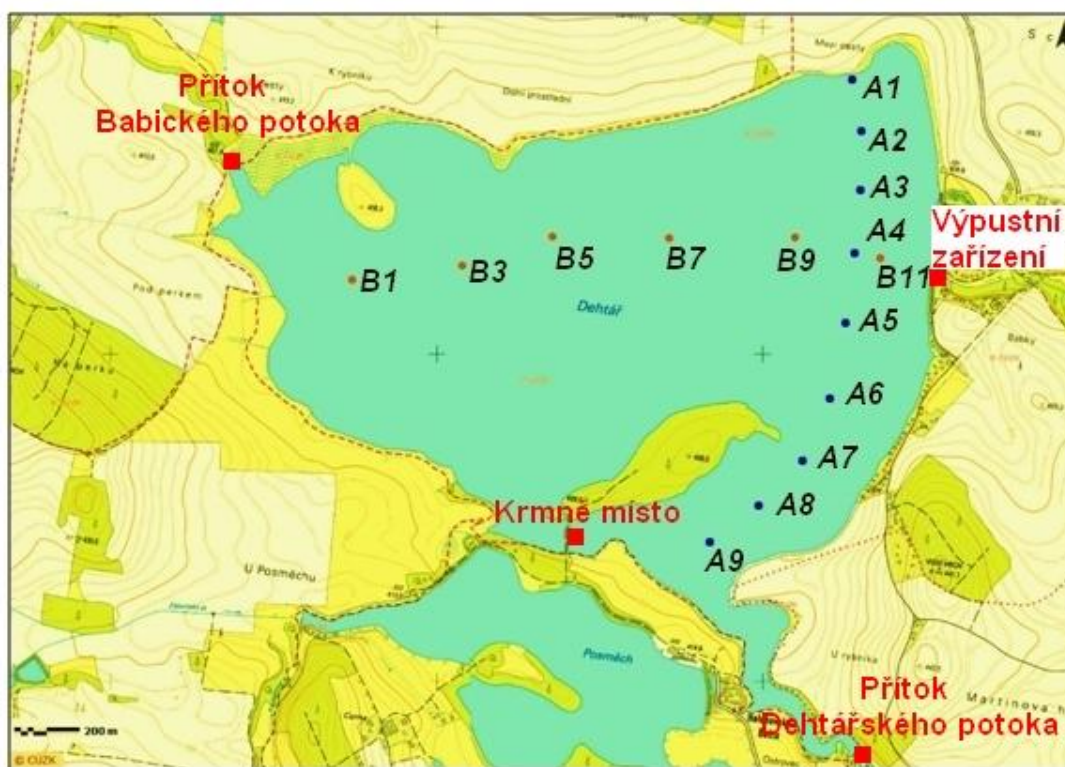
Mezi základní fyzikální a chemické parametry rybníku Dehtář, byly vybrány tyto parametry: koncentrace kyslíku (mg·l⁻¹), teplota vody (°C), pH, koncentrace chlorofylu (µg·l⁻¹) a průhlednost vody (m). Měření těchto parametrů se provádělo v přesně zaměřených GPS souřadnicích (Tabulka č. 3). Celkem se jednalo o 15 bodů, které byly rozmístěny vždy ve stejných vzdálenostech.

Podél hráze (horizontálně) od severu k jihu vedly body „A“ (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 a A9). Tyto body byly od sebe vzdáleny přibližně 178 m. Dále byly

vyznačeny body „B“ (B1, B3, B5, B7, B9 a B11), které vedly vertikálně, od západu na východ a byly od sebe vzdálené zhruba 367 m (Obr. č. 4).

Tabulka č. 3: Zeměpisné souřadnice bodů

Název	Zeměpisné souřadnice	Název	Zeměpisné souřadnice
A1	49.0133272N, 14.3021722E	B1	49.0059694N, 14.2825706E
A2	49.0119481N, 14.3028589E	B3	49.0067578N, 14.2870339E
A3	49.0103436N, 14.3031592E	B5	49.0079119N, 14.2906386E
A4	49.0085983N, 14.3032881E	B7	49.0083061N, 14.2954881E
A5	49.0066558N, 14.3032881E	B9	49.0087986N, 14.3007239E
A6	49.0045444N, 14.3030733E	B11	49.0085594N, 14.3043822E
A7	49.0027428N, 14.3023008E		
A8	49.0013631N, 14.3007558E	A9	49.0001806N, 14.2989106E



Obr. č. 4: Jednotlivé přesně vyměřené GPS body a vyznačené krmné místo, výpust a přítoky.

3.3. Způsob měření parametrů

Měření fyzikálních a chemických parametrů na rybníku Dehtář se uskutečnilo celkem 4x (červen, červenec, srpen, říjen). Měření bylo provedeno na pramici s přívěsným motorem. K měření jednotlivých parametrů byla použita sonda EXO 2

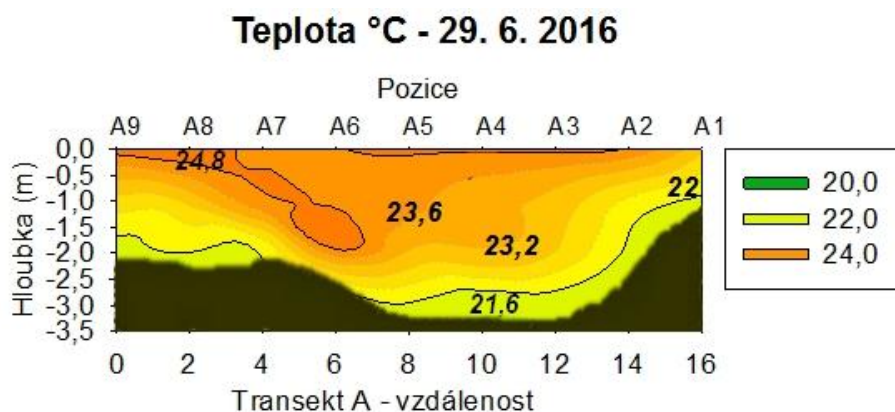
(YSI Incorporated, Ohio, USA). K měření průhlednosti vody byla použita kruhová Secchiho deska o průměru 30cm. Pro nalezení přesných GPS souřadnic byla použita GPS garmin GPSMAP 62S (Garmin International, Inc., Kansas, USA). Na každém z výše uvedených bodů byly naměřeny vybrané parametry. Tyto parametry byly měřeny na hladině, dále pak v sekvencích po 1 metru až na dno. Mimo tyto body byl vždy zaznamenán profil u hráze (u výpustního zařízení) v místě největší hloubky rybník. Tento profil byl vždy prováděn na stejném místě a sonda se pozvolně spouštěla až ke dnu. Sonda mezitím zaznamenávala naměřené parametry v každých 10 cm hloubky. Pro upřesnění závěrečných výsledků vyhodnocení dat byla využita naměřená data státním podnikem Povodí Vltavy, který na rybníku provádí pravidelná měření.

4. VÝSLEDKY

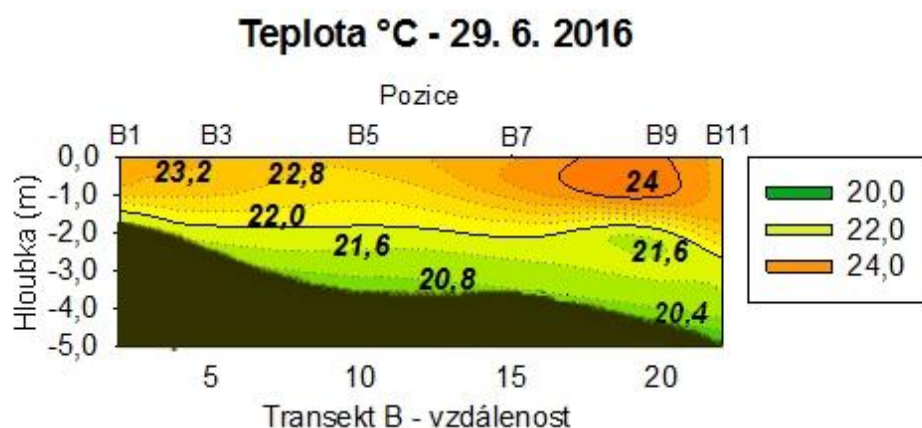
4.1. Jednotlivé parametry v celém vodním sloupci v jednotlivých transektech

Následující grafy zobrazují mapu jednotlivých fyzikálně-chemických parametrů, v průřezech jednotlivých transektů. Osa X zobrazuje vzdálenost ve stovkách metrů, osa Y vyobrazuje hloubku v záporných hodnotách. Pro zobrazení v těchto grafech byly vybrány tyto fyzikálně-chemické parametry: Teplota vody, chlorofyl a rozpuštěný kyslík.

4.1.1. První měření – 29. 6. 2016



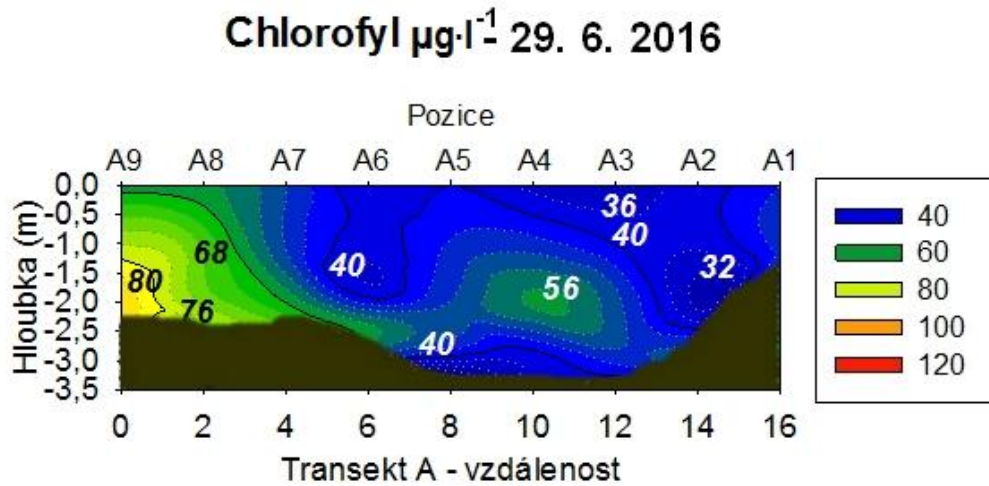
Graf č. 1: Teplota v °C ze dne 29. 6. 2016 v transektu A.



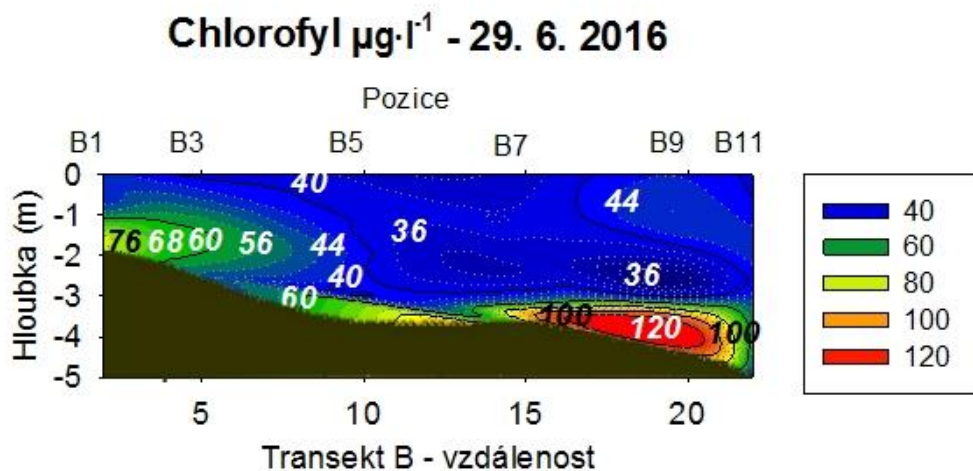
Graf č. 2: Teplota v °C ze dne 29. 6. 2016 v transektu B.

Z grafu č. 1 a grafu č. 2 vyplývá, že dne 29. 6. proběhla v celém transektu teplotní stratifikace. Na hladině byla naměřena teplota vody 24 °C a s rostoucí hloubkou teplota vody klesala. Nejvyšší teplota v transektu A byla naměřena na hladině v bodě A8 a

činila 24,8 °C. Nejnižší teplota byla 21,6 °C a nacházela se v bodě A4 u dna. Nejvyšší teplota vody v transektu B byla naměřena na hladině v bodě B11 u hráze a činila 24,0 °C. Nejnižší teplota 20,1 °C byla naměřena ve stejném bodě, ale u dna, tedy v hloubce 4,6 m.



Graf č. 3: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 29. 6. 2016 v transektu A.



Graf č. 4: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 29. 6. 2016 v transektu B.

Z grafů č. 3 a č. 4 vyplývá, že dne 29. 6. se množství chlorofylu v různých částech transektu A i B od sebe lišilo.

V oblasti mezi body A9-A7 a A4 byla zaznamenána zvýšená koncentrace chlorofylu. V bodě A9 byla u hladiny naměřena hodnota koncentrace chlorofylu 68 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a u dna 80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejnižší koncentrace chlorofylu 32 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byla zaznamenána v bodě A2 u dna.

Mezi body B1-B3, v hloubce 1,5 metru, byla naměřena vyšší koncentrace chlorofylu než u hladiny. Od bodu B5 k bodu B9 se koncentrace chlorofylu u dna zvyšovala, v bodě B9 až na $120 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Ve zbylé části transektu A i B se koncentrace chlorofylu pohybovala kolem $40 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

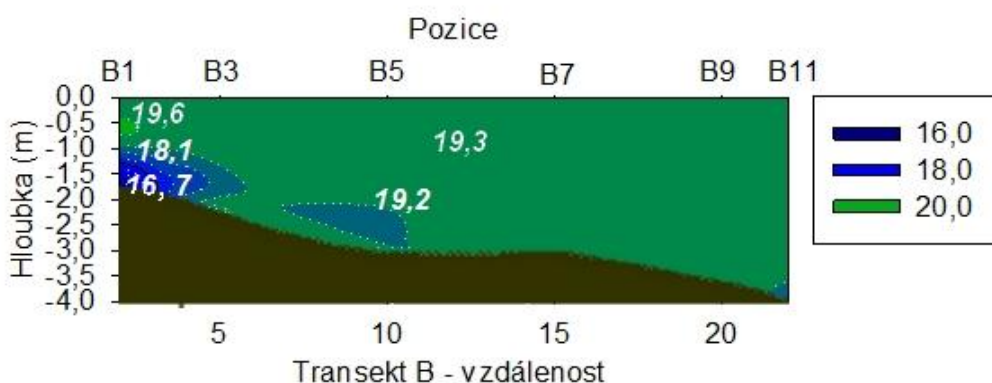
4.1.2. Druhé měření – 16. 7. 2016

Teplota °C - 16. 7. 2016



Graf č. 5: Teplota v °C ze dne 16. 7. 2016 v transektu A.

Teplota °C - 16. 7. 2016



Graf č. 6: Teplota v °C ze dne 16. 7. 2016 v transektu B.

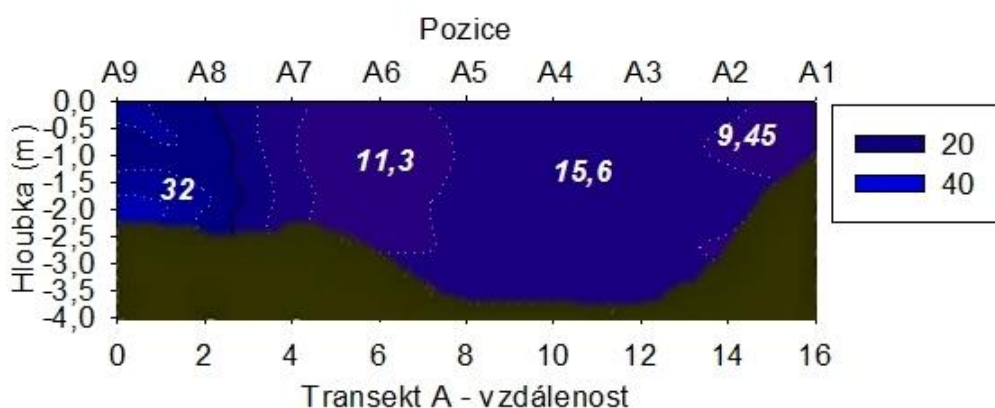
Z grafů č. 5 a č. 6 je patrné, že teplotní stratifikace proběhla pouze v určité části.

Mezi body A9-A7 byla naměřena nižší teplota. Teplota vody se v této oblasti pohybovala od $17,7 \text{ °C}$ (dno) do 19 °C (hladina).

Mezi body B1-B3 byla také zaznamenána nižší teplota vody. V tomto místě, tedy v bodě B1, byla nejnižší teplota naměřena u dna a činila 16,7 °C. Nejvyšší teplota byla naměřena na stejném bodu u hladiny a byla 19,5 °C.

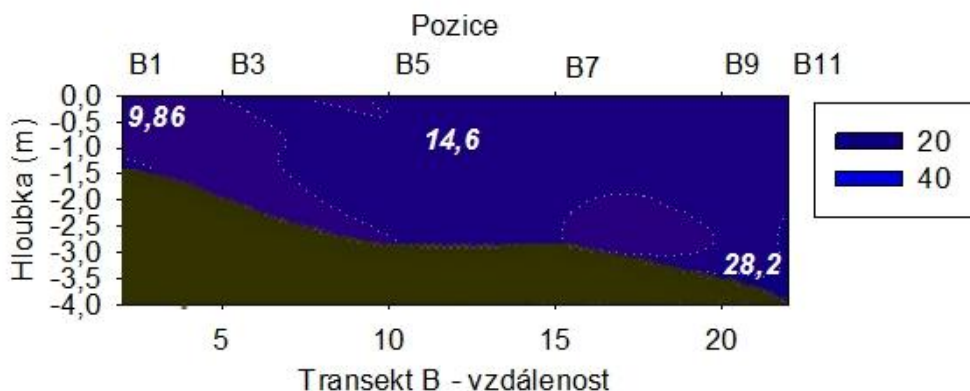
Ve zbylé oblasti transektů byla teplota vody, až na drobné výjimky, konstantní a činila přibližně 19,3 °C.

Chlorofyl $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ - 16. 7. 2016



Graf č. 7: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 16. 7. 2016 v transektu A.

Chlorofyl $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ - 16. 7. 2016



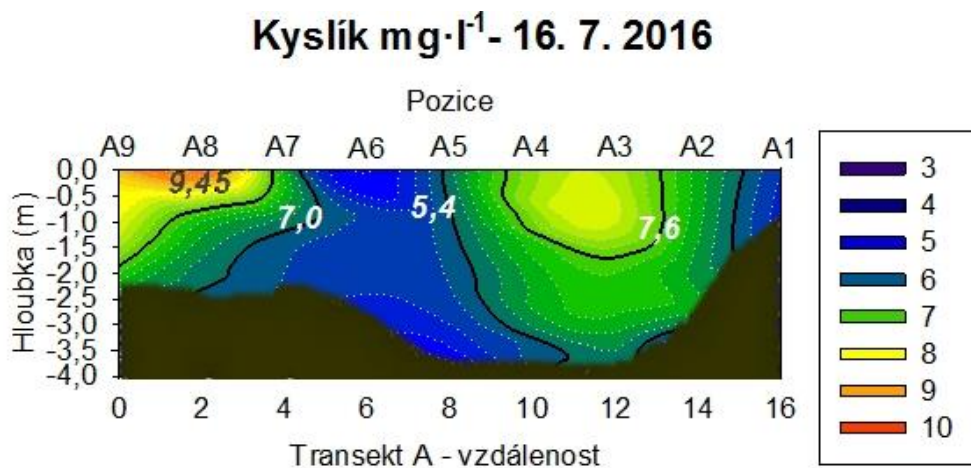
Graf č. 8: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 16. 7. 2016 v transektu B.

Z grafů č. 7 a č. 8 vyplývá, že dne 16. 7. byla koncentrace v celém vodním sloupci téměř konstantní a činila průměrných 15 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

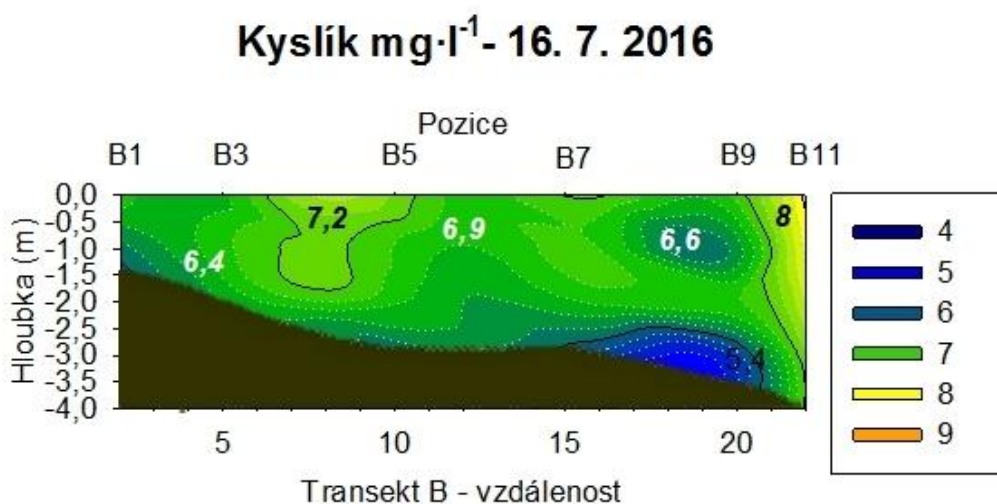
V bodě A6 byla v celém vodním sloupci naměřena o něco menší koncentrace a činila 11 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace chlorofylu v transektu A byla naměřena v bodě

A9 u dna a činila $32 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace chlorofylu v transektu A byla naměřena v bodě A1 u hladiny a činila $9,45 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Nejvyšší koncentrace chlorofylu v transektu B byla naměřena v bodě B9 u dna a činila $28,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, naopak nejnižší koncentrace chlorofylu byla naměřena v bodě B1 u hladiny a činila $9,86 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.



Graf č. 9: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 16. 7. 2016 v transektu A.



Graf č. 10: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 16. 7. 2016 v transektu B.

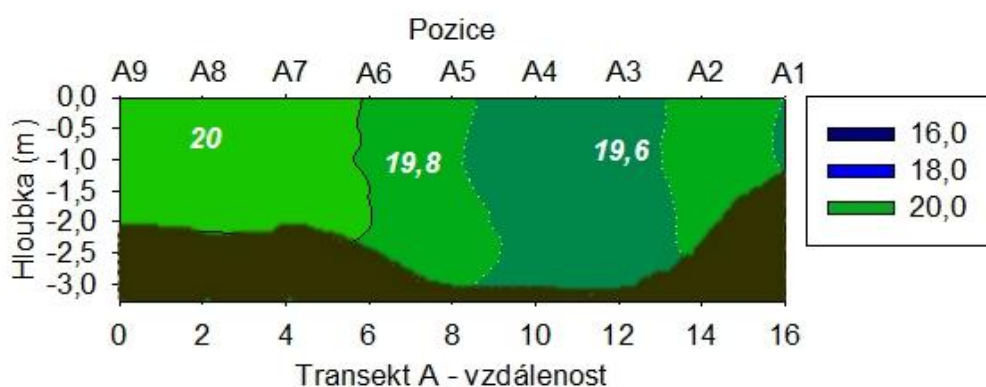
V oblasti mezi body A9-A7 a A5-A1 byla zaznamenána vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, kdy nejvyšší koncentrace $9,45 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ byla naměřena v bodě A8 u

hladiny. Mezi body A7-A5 se vyskytovala oblast, která byla na obsah rozpuštěného kyslíku chudší. Koncentrace v této oblasti se měla hodnotu kolem $5,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Graf č. 9).

V transektu B byla koncentrace rozpuštěného kyslíku v celé oblasti téměř konstantní. Koncentrace rozpuštěného kyslíku se u hladiny pohybovala kolem $6,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ téměř ve všech bodech. Výjimku tvořil bod B11, kde se koncentrace rozpuštěného kyslíku vyšplhala až k $8,07 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

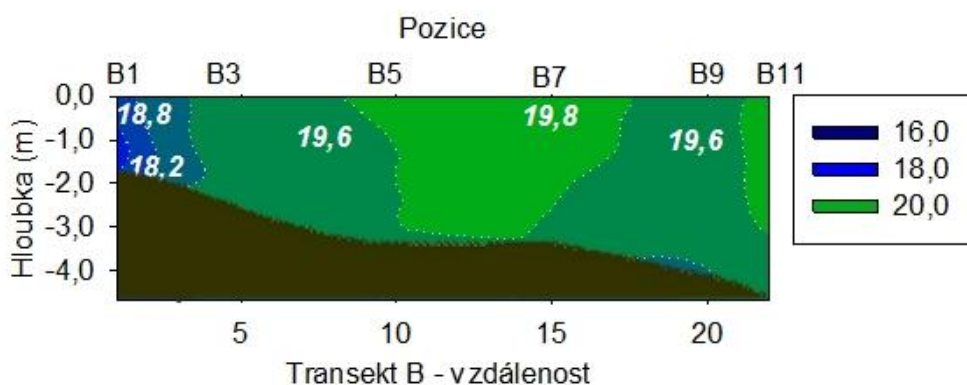
4.1.3. Třetí měření – 12. 8. 2016

Teplota °C - 12. 8. 2016



Graf č. 11: Teplota v °C ze dne 12. 8. 2016 v transektu A.

Teplota °C - 12. 8. 2016

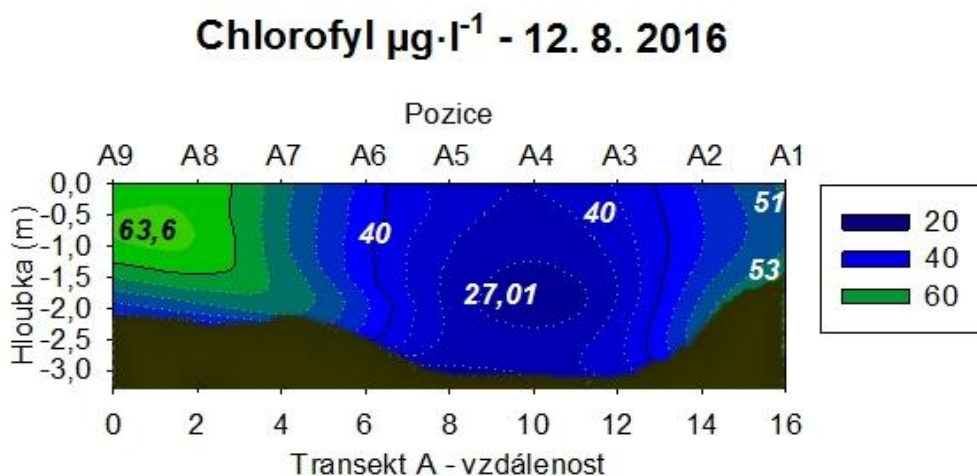


Graf č. 12: Teplota v °C ze dne 12. 8. 2016 v transektu B.

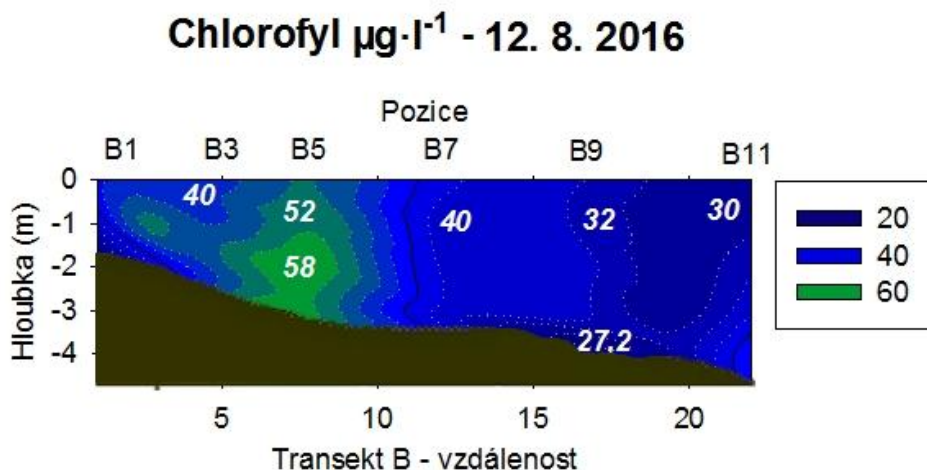
Z grafu č. 11 vyplývá, že byla voda v celém vodním sloupci promíchaná. V mělkých částech transektu, byla teplota oproti hlubším místům vyšší. V oblasti s nejmenší hloubkou tedy mezi body A9-A6, byla teplota vody nejvyšší a činila v celém vodním

sloupci 20 °C. Naopak nejnižší teplota vody byla naměřena mezi body A5-A2, kde byla hloubka nejvyšší a teplota vody zde měla konstantních 19,6 °C.

Z grafu č. 12 vyplývá, že i přesto, že byla teplota v celé oblasti téměř konstantní, byly zde vidět určité rozdíly. V oblasti B1-B3 byla teplota vody chladnější a směrem k hrázi se mírně zvyšovala. Nejvyšší teplota 19,8 °C byla naměřena v bodě B7 u hladiny. Nejnižší teplota činila 18,2 °C a byla naměřena v bodě B1 u dna.



Graf č. 13: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 12. 8. 2016 v transektu A.



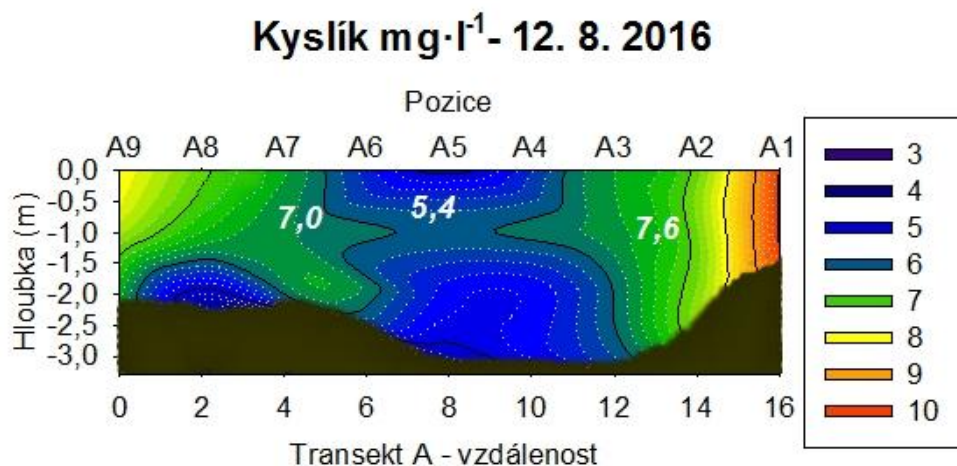
Graf č. 14: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 12. 8. 2016 v transektu B.

Z grafů č. 13 a č. 14 vyplývá, že dne 12. 8. se množství chlorofylu v různých částech transektu A i B od sebe lišilo.

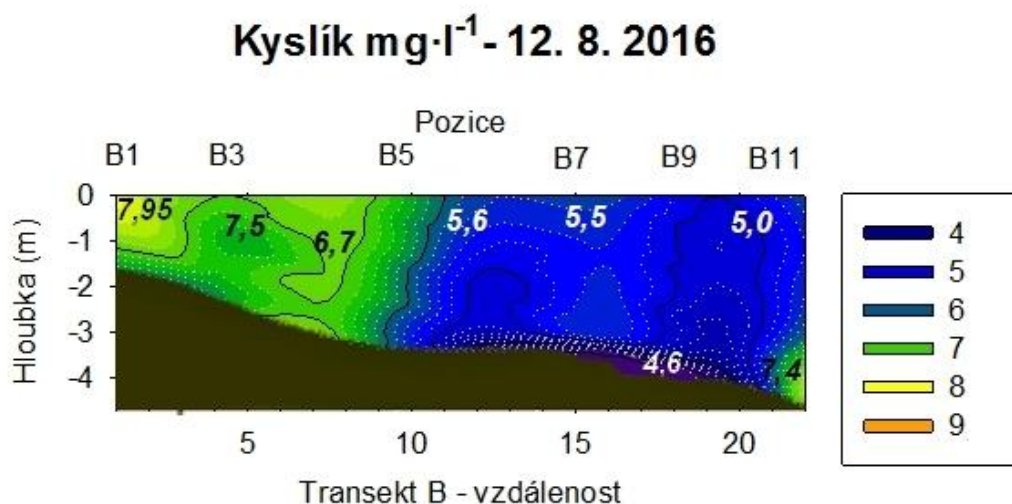
Mezi body A9-A7 a v bodě A1 byly naměřeny zvýšené koncentrace chlorofylu. Koncentrace v bodě A9 v hloubce 1 m byla až $63,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Mezi body A6-A2 se koncentrace chlorofylu příliš neměnila a v této oblasti činila průměrných $40 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

V bodě A4 se současně vyskytovala nejnižší naměřená koncentrace v celém transektu A, která činila $27 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Mezi body B1-B3 a B7-B9 byla koncentrace chlorofylu téměř konstantní a činila průměrně $40 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Zvýšené koncentrace chlorofylu byly naměřeny v bodě B5 (u dna až $58 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Snížené koncentrace byly naměřeny v bodě B9 u dna ($27 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).



Graf č. 15: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 12. 8. 2016 v transektu A.



Graf č. 16: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 12. 8. 2016 v transektu B.

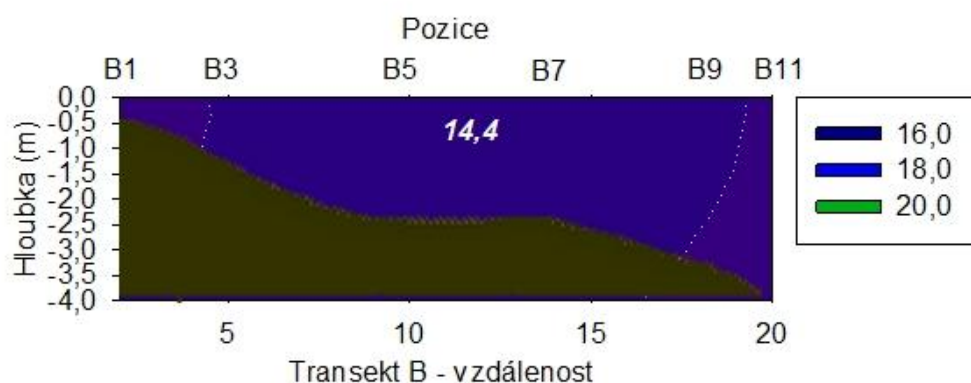
Koncentrace rozpuštěného kyslíku byly v různých částech transektu A i B rozdílné. Mezi body A9-A7 a A3-A1 byla zaznamenána vyšší koncentrace kyslíku, v bodě A1 až $10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak nízké koncentrace kyslíku byly naměřeny mezi body A6-A4.

V oblasti B1-B5 a v bodě B11 byly také naměřeny vyšší koncentrace kyslíku, v bodě B11 u dna až $7,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a v bodě B1 až $7,95 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. V oblasti mezi body B7-B11 se koncentrace kyslíku u hladiny pohybovala kolem $5,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a směrem ke dnu mírně klesala, v bodě B9 až na $4,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

4.1.4. Čtvrté měření – 4. 10. 2016

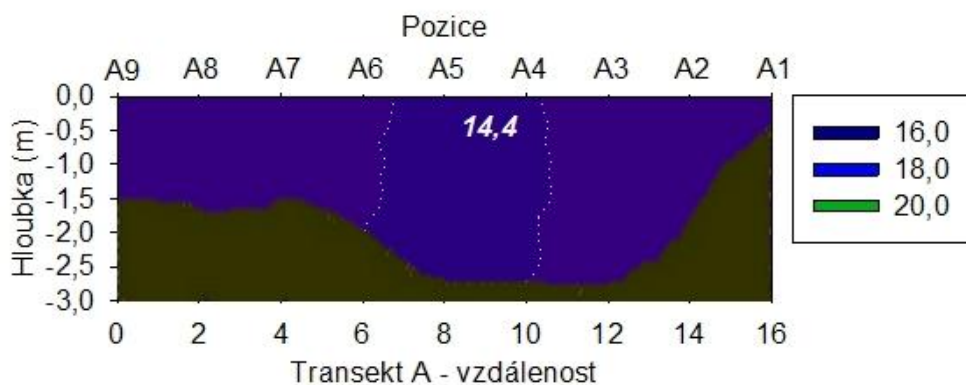
V tento den byla voda z velké části již vypuštěná, a proto je dno posunutě přibližně o 1 metr výše.

Teplota °C - 4. 10. 2016



Graf č. 17: Teplota v °C ze dne 4. 10. 2016 v transektu A.

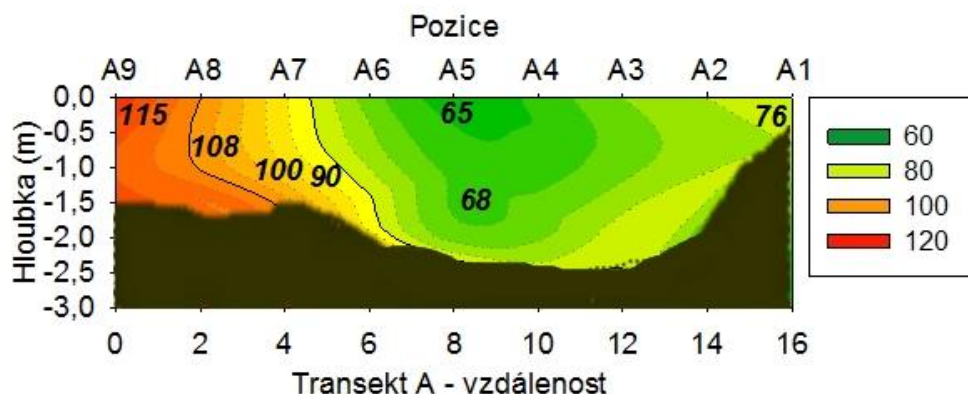
Teplota °C - 4. 10. 2016



Graf č. 18: Teplota v °C ze dne 4. 10. 2016 v transektu B.

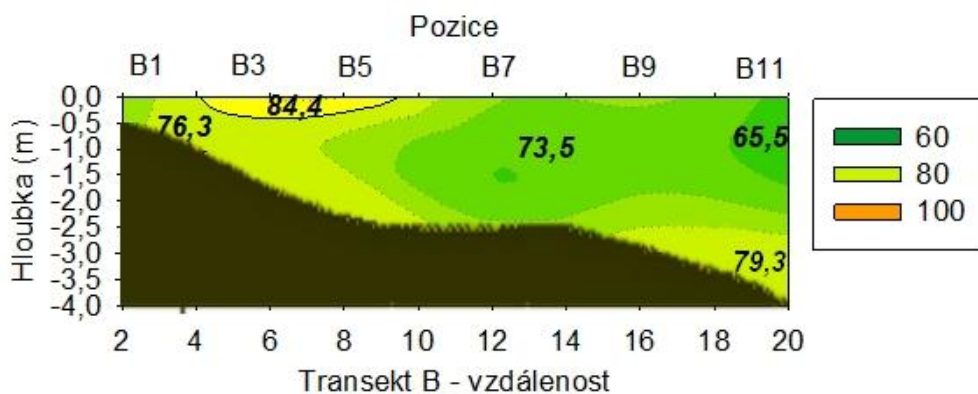
Z grafů č. 17 a č. 18 vyplývá, že v celém vodním sloupci byla teplota vody konstantní. Teplota vody činila v celé oblasti $14,4 \text{ °C}$.

Chlorofyl $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ - 4. 10. 2016



Graf č. 19: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 4. 10. 2016 v transektu A.

Chlorofyl $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ - 4. 10. 2016

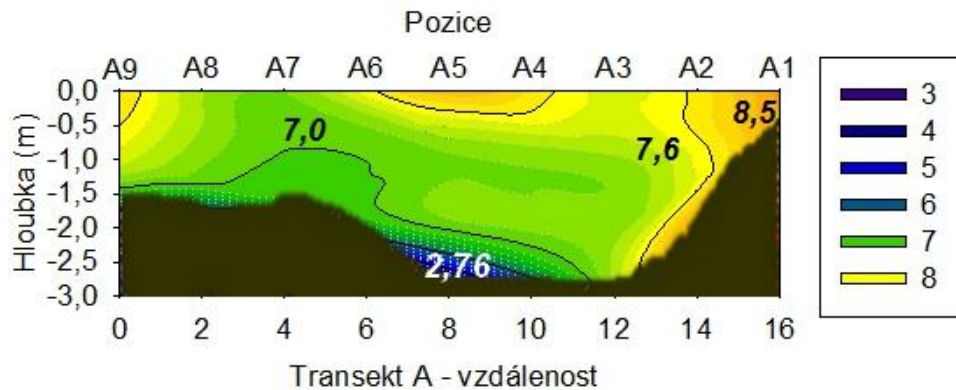


Graf č. 20: Koncentrace chlorofylu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 4. 10. 2016 v transektu B.

Z grafu č. 19 vyplývá, že dne 4. 10. se množství chlorofylu v různých částech transektu A od sebe lišilo. V oblasti mezi body A9-A7 se vyskytovalo větší množství chlorofylu, v bodě A9 u hladiny byla naměřena hodnota až $115 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. V bodě A9 u dna byla naměřena koncentrace $108 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Směrem k bodu A1 koncentrace chlorofylu klesala. V bodě A7 činila koncentrace u hladiny $87 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a v bodě A5 už jen $65 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. V bodě A1 byl zaznamenán opětovný mírný nárůst koncentrace chlorofylu na $76 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

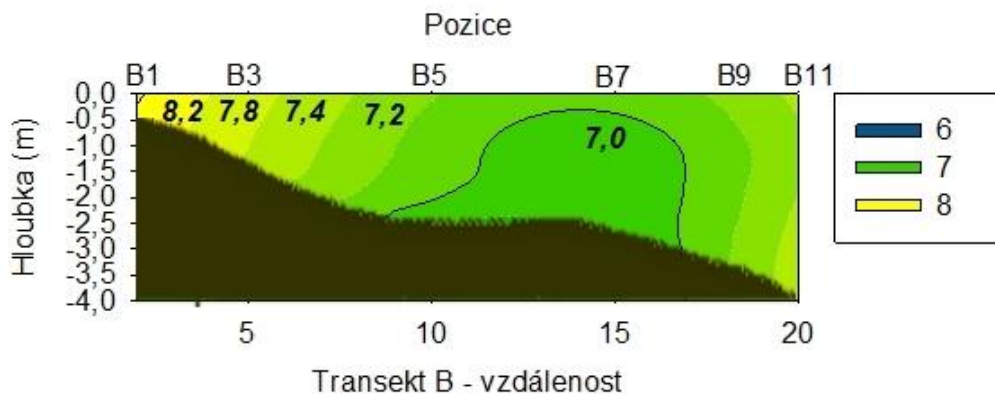
V transektu B byla koncentrace chlorofylu v celém vodním sloupci téměř konstantní a činila průměrných $73,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace chlorofylu byla naměřena v bodě B3 na hladině a činila $84,4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace chlorofylu byla naměřena v bodě B11 v hloubce 1 m a činila $65,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Graf č. 20).

Kyslík $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ - 4. 10. 2016



Graf č. 21: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 4. 10. 2016 v transektu A.

Kyslík $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ - 4. 10. 2016



Graf č. 22: Koncentrace rozpuštěného kyslíku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ze dne 4. 10. 2016 v transektu B.

Z grafů č. 21 a č. 22 je patrné, že koncentrace rozpuštěného kyslíku se pohybovala v celém vodním sloupci přibližně na hodnotě $7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

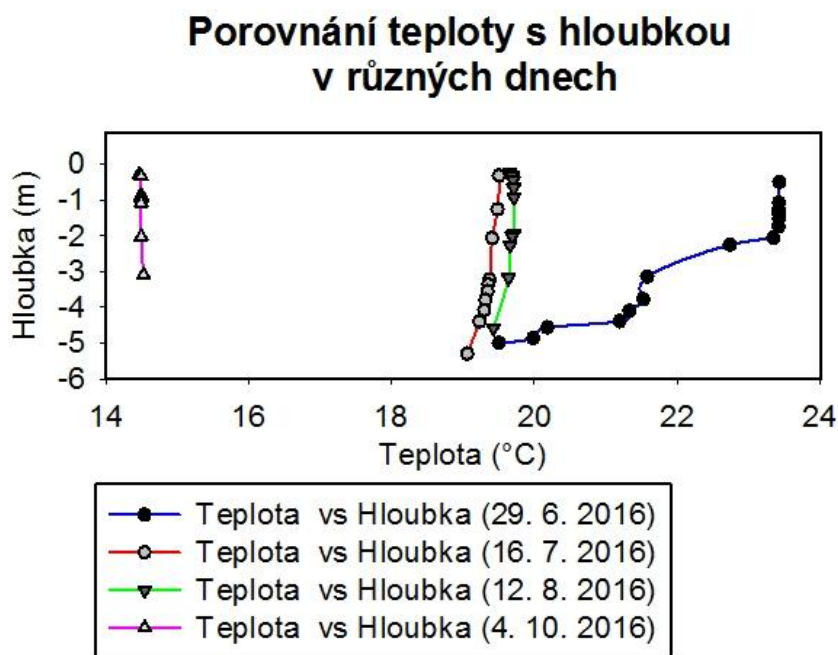
V bodě A1, A5 a A9 byly u hladiny naměřeny vyšší koncentrace kyslíku, v bodě A1 až $8,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. V bodě A5 koncentrace u dna klesla až na $2,76 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Vyšší koncentrace kyslíku byla zaznamenána i v bodě B1, kde byla naměřena koncentrace $8,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Směrem ke dnu a k hrázi se koncentrace kyslíku mírně snižovala až na $7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

4.2. Porovnání naměřených dat v jednotlivých dnech v závislosti na hloubce.

Na následujících grafech je znázorněno porovnání vždy jednoho parametru s hloubkou mezi jednotlivými dny, v závislosti na meteorologických podmínkách. Data pro tyto grafy, byla naměřena u hráze formou profilu. Tato data se týkají teploty, rozpuštěného kyslíku a pH.

4.2.1. Porovnání teploty s hloubkou



Graf č. 23: Porovnání teploty s hloubkou v různých dnech.

Tabulka č. 4: Meteorologické podmínky

Datum	Větrné podmínky	Teplota	Počasí
29. 6. 2016	bezvětrí	27,4	slunečno
16. 7. 2016	slabý vítr	22	déšť, příchod studené fronty
12. 8. 2016	slabý vítr	18	zataženo
4. 10. 2016	silný vítr	11	déšť

Graf č. 23 znázorňuje porovnání teplot v závislosti na hloubce v různých dnech. První den měření, tedy 29. 6. 2016, byla naměřena nejvyšší teplota vody 23,4 °C na

hladině. Naopak nejnižší teplota vody, byla naměřena dne 4. 10. 2016 u dna a činila 14,4 °C.

Během prvního měření se teplota vody měnila v závislosti na hloubce. V prvních dvou metrech hloubky byla teplota vody téměř konstantní a činila 23,4 °C. Z grafu č. 23 vyplývá, že s rostoucí hloubkou klesala teplota vody. Ve třech metrech hloubky měla teplota vody 21,5 °C a u dna se teplota vody pohybovala pouze kolem 19 °C.

Ve dnech 16. 7. a 12. 8. 2016 byl opravdu nepatrný rozdíl v závislosti teploty vody na hloubce. S rostoucí hloubkou se teplota vody opět snižuje, ale jen s malým rozdílem. Rozdíl teplot je tak nepatrný, že ho můžeme považovat za zanedbatelný. Teplota vody v těchto dnech byla kolem 18 °C.

Dne 4. 10. 2016 byla teplota vody ve vodním sloupci konstantní a činila 14,5 °C. Z grafu č. 23 v porovnání s tabulkou č. 4 vyplývá, že hloubka vodního sloupce nebyl jediný parametr, který ovlivňoval teplotu vody. Z tabulky č. 4 je patrné, že při prvním měření v červnu, byla vysoká teplota vzduchu, bezvětrné podmínky a jasno. V ostatních dnech měření byly spíše přeháňky a nízká teplota. To se odráželo i na teplotě vody. Dne 29. 6. 2016, kdy bylo jasno, se teplota vody na hladině ohřívala a můžeme pozorovat stratifikaci, kdy v souvislosti s hustotou vody, teplota vody blíže ke dnu klesala. U ostatních měření, vlivem působení větrných podmínek a silného deště, docházelo v celém vodním sloupci k promíchávání vody a hodnoty teploty vody byly tedy konstantní.

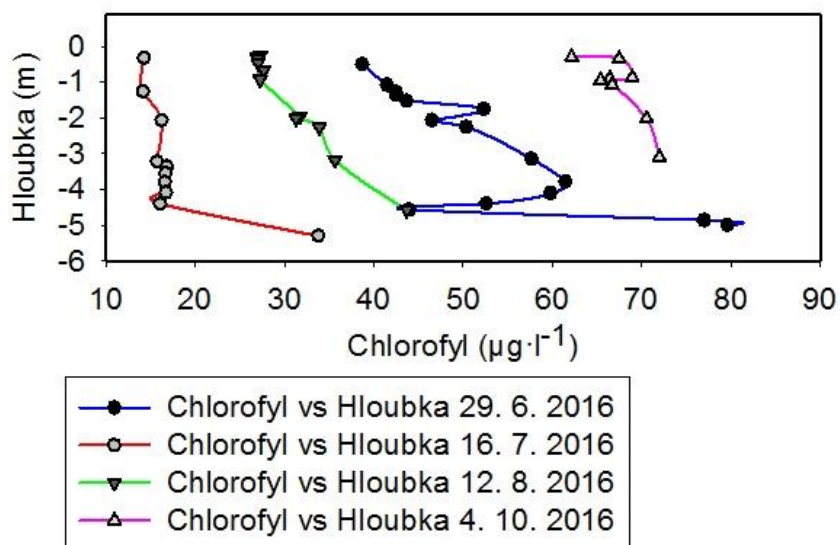
4.2.2. Porovnání chlorofylu s hloubkou

Z grafu č. 24 je patrné, že nejvyšší koncentrace chlorofylu byla naměřena u dna dne 29. 6. 2016 a činilo 79,62 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak nejnižší koncentrace chlorofylu byla naměřena dne 16. 7. 2016 na hladině a činila 14,24 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Množství chlorofylu se s rostoucí hloubkou mění. Obecně z grafu č. 24 vyplývá, že s rostoucí hloubkou množství chlorofylu rostlo.

Dne 29. 6. 2016 byla variabilita koncentrace chlorofylu nejvyšší. Koncentrace chlorofylu se pohybovala v rozmezí od 38-80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Z grafu č. 24 je patrné, že množství chlorofylu se s rostoucí hloubkou mění.

Dne 16. 7. 2016 byla koncentrace chlorofylu v celém vodním sloupci téměř konstantní a činila 15 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ s mírným vychýlením u dna, kde koncentrace činila 33,76 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Porovnání chlorofylu s hloubkou v různých dnech



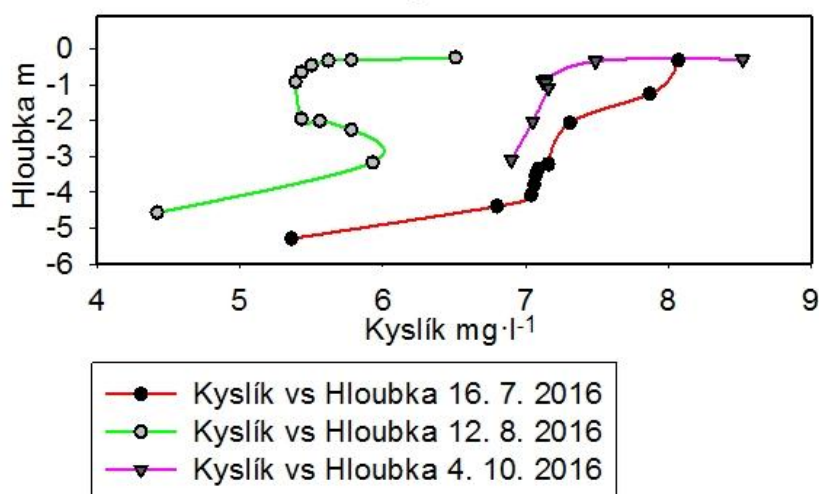
Graf č. 24: Porovnání chlorofylu s hloubkou v různých dnech.

Dne 12. 8. 2016 se koncentrace chlorofylu pohybovala v rozmezí od 27-43 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Dne 4. 10. 2016 byla koncentrace chlorofylu oproti ostatním měření nejvyšší, současně byla naměřena i nejnižší teplota vody. Koncentrace chlorofylu ze dne 4. 10. 2016 se pohybovala v rozmezí od 60-70 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

4.2.3. Porovnání kyslíku s hloubkou

Porovnání kyslíku s hloubkou v různých dnech



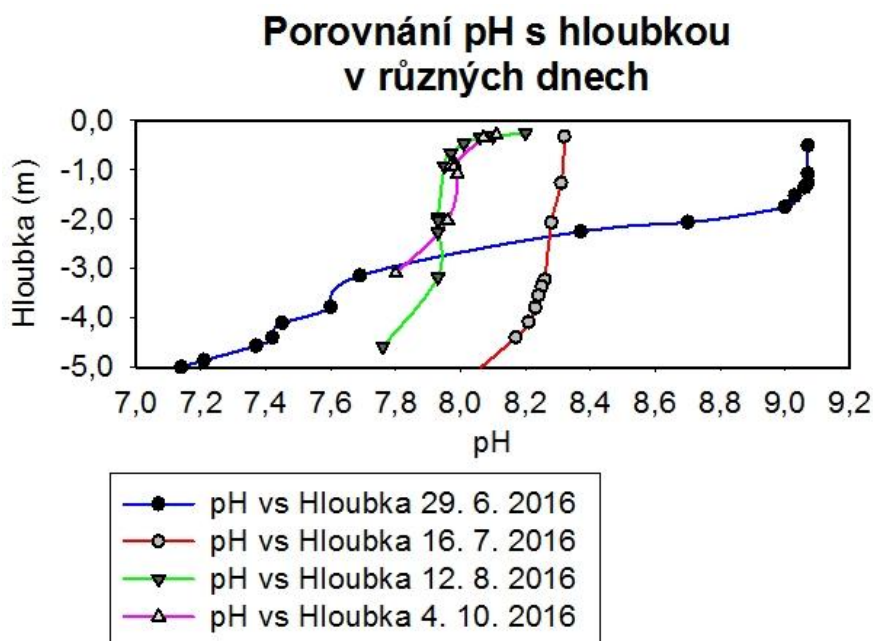
Graf č. 25: Porovnání rozpuštěného kyslíku s hloubkou v různých dnech.

Graf č. 25 znázorňuje závislost rozpuštěného kyslíku na hloubce. Graf č. 25 zobrazuje porovnání naměřených dat v jednotlivých dnech. První den měření, tedy 29. 6. 2016 bohužel údaje o kyslíku chybí. Je to způsobeno tím, že byla porouchaná kyslíková sonda.

V dalších dnech se koncentrace kyslíku v závislosti na hloubce vody měnila. Nejvyšší koncentrace kyslíku byla naměřena dne 4. 10. 2016 na hladině a činila $8,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Ten den bylo nejchladněji, proto se ve vodě vyskytovalo tolik rozpuštěného kyslíku. Naopak nejnižší hodnota kyslíku byla naměřena 12. 8. 2016 u dna a činila $4,4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Z grafu č. 25 je patrné, že koncentrace kyslíku klesá s rostoucí hloubkou.

Dne 12. 8. 2016 vidíme zajímavou křivku, která ukazuje, že z počátku koncentrace kyslíku s hloubkou klesala, poté ve dvou metrech hloubky mírně stoupla a nakonec ve třech metrech hloubky začala opět klesat.

4.2.4. Porovnání pH s hloubkou



Graf č. 26: Porovnání pH s hloubkou v různých dnech.

První den měření byly rozdíly v pH nejvyšší a pohybovaly se v rozmezí od 7,1 do 9,1.

Dne 16. 7. se pH vody pohybovalo kolem hodnoty 8 a bylo v celém vodním sloupci téměř stejné. V dalších dnech bylo pH vody v rozmezí 7,7 až 8,1 a v závislosti na

hloubce se nijak zásadně neměnilo. Voda v těchto dnech byla v celém vodním sloupci promíchána.

4.3. Roční průběhy kyslíku, teploty, chlorofylu a průhlednosti

Tyto výsledky a grafy jsou vytvořeny z naměřených dat Povodí Vltavy.

Příloha č. 1 shrnuje veškerá naměřená data rozpuštěného kyslíku v období od 24. 5. - 11. 10. 2016. Chybějící údaje v grafu jsou způsobeny rozbitou kyslíkovou sondou z důvodu udeření blesku do sondy. Měření kyslíku ve vodě uskutečnilo Povodí Vltavy, které na rybníku Dehtář provozuje pravidelný monitoring. Sonda je umístěna u hráze nedaleko výpustního zařízení.

Z přílohy č. 2 je patrné, že výrazné teplotní stratifikace probíhaly spíše ve druhé části vegetačního období tedy od 16. 8. - 1. 10. 2016. V tomto období byly rozdíly teplot v porovnání hladiny s hloubkou 1,5 m až 4 °C. Naopak v období od 24. 5. - 4. 8. 2016 se teploty v porovnání hladiny s hloubkou 1,5 metru téměř neměnily a rozdíly teplot byly minimální. Dne 15. 10. 2016 byla sonda z důvodu vypouštění vody z rybníku už značně nad vodou, proto jsou data v grafu tak anomální.

V příloze č. 3 je zobrazen vzájemný vztah mezi koncentrací chlorofylu a průhledností. V momentě, kdy koncentrace chlorofylu stoupala, klesala současně i průhlednost vody. Průhlednost vody byla měřena Seccioho deskou.

5. DISKUZE

Po zhodnocení výsledků jsem usoudila, že největší vliv na rybní obsádku měla koncentrace kyslíku a teplota vody. Hodnota pH vody se pohybovala v optimálních hodnotách. Během měření nebyly zaznamenány takové hodnoty pH, které by měly významný vliv na ryby.

5.1. Teplota

Ryby rostou rychle v průběhu jejich životní fáze aktivního krmení. Toto aktivní období je během jara, léta a v prvních podzimních měsících, kdy teplota vody zůstává stále nad 12-14 °C (Vobr, 2012). Výše uvedená teplota byla zaznamenána v celém rybníku téměř po celou dobu našeho měření. Období, kdy teplota klesla pod tyto hodnoty, bylo začátkem října, kdy se voda z rybníku už začala vypouštět, kvůli plánovanému výlovu ryb (Příloha č. 2).

Jirásek a kol. (2005) uvádí optimální teplotu pro příjem potravy v rozmezí od 22-25 °C. Optimální teplota vody se pohybuje v rozmezí 20-26 °C, při dostatečném nasycení vody kyslíkem až 28 °C (Janeček a Přikryl, 1982). Teplota nad 20 °C se v rybníku vyskytovala převážně v období od 30. 5. - 11. 8. 2016 a to jak na hladině, tak v hloubce 1,5 m. Ve dnech 15. - 17. 7. 2016 se však teplota vody pohybovala těsně pod hranicí 20 °C. V období od 12. 8. - 15. 10. 2016 byla teplota vody v hloubce 1,5 m téměř vždy pod 20 °C (Příloha č. 2). Při snížení teploty vodního prostředí pod 15 °C se absolutní krmný koeficient výrazně zvyšuje, při poklesu teploty vody pod 13 °C není přikrmování již rentabilní (Kubů, 1984).

Steffens (1975) uvádí, že při 40 °C a více dochází vlivem zastavení dýchacích procesů k hynutí. K takovým teplotám v rybníku během roku vůbec nedošlo.

5.2. Kyslík

Při měření kyslíku dne 29. 6. 2016 nebyla funkční naše kyslíková sonda. Dále ve dnech 31. 7. - 16. 8. 2016 chybějí v příloze č. 27 hodnoty koncentrace kyslíku z důvodu udeření blesku do kyslíkové sondy Povodí Vltavy. Vzhledem k těmto okolnostem došlo k propojení námi naměřených dat a dat poskytnutých Povodím Vltavy. Díky tomu se nám podařilo vyhodnotit potřebné výsledky.

Schäperclaus, 1967 ve své publikaci uvádí, že optimální hodnoty obsahu rozpuštěného kyslíku během vegetačního období by se měly pohybovat nad 6,5 mg·l⁻¹. Tato koncentrace byla naměřena při každém provedeném měření. Dne 16. 7. a 12. 8.

2016 se však průměrná koncentrace kyslíku pohybovala na hranici optimální koncentrace. Při koncentraci kyslíku pod 3-3,5 mg·l⁻¹ přestává kapr přijímat potravu a začíná vyhledávat místa bohatá na kyslík (Schäperclaus, 1967). Tyto koncentrace byly povodím Vltavy naměřeny poměrně často v hloubce 1,5 m u hráze, méně často byly tyto koncentrace naměřeny u hladiny (Příloha č. 1). Ovšem vzhledem k velké heterogenitě rybníčního prostředí, měla rybí obsádka možnost vyhledat si optimální kyslíkové koncentrace, které se v rybníku nacházely zejména u přítoků Babického a Dehtářského potoka. V případě snížení obsahu kyslíku na 0,5 mg·l⁻¹ přichází na řadu nouzové dýchání kaprů u hladiny (FAO, 2017). K tak nízkým koncentracím kyslíku docházelo zejména v noci v hloubce 1,5 m u hráze. Ke snížení koncentrace na tak nízké hodnoty, došlo při sezonním průběhu měření kyslíku celkem asi 25 krát v hloubce 1,5 m a 2 krát u hladiny. Rybník Dehtář byl tak pravděpodobně celý anoxický ve dnech 20. 7. a 24. 9. 2016. V těchto obdobích byl pozorován masivní úhyn ryb, převážně dravých (ústní sdělení Potužák, 2017). Domnívám se, že díky tomu v rybníku uhynulo velké množství ryb, což dokládají nepublikovaná data.

5.3. První měření – 29. 6. 2016

Z výsledků tohoto měření můžeme s jistotou říci, že proběhla teplotní stratifikace, a že se naměřené parametry měnily s hloubkou vodního sloupce (Graf č. 23, graf č. 24, graf č. 26).

Během prvního měření teplota i pH směrem ke dnu klesaly. Z grafu č. 23 vyplývá, že s rostoucí hloubkou klesala teplota vody. Velké rozdíly byly naměřeny i u pH (Graf č. 26). Při fotosyntetické činnosti rostlin roste i pH vody. Vysoké hodnoty pH se obvykle odvíjí od významné fotosyntetické činnosti a fixace uhlíku činností řas a sinic (Pitter, 2009).

Koncentrace chlorofylu a kyslíku se u hráze směrem ke dnu zvyšovaly. Zvýšená koncentrace chlorofylu u dna může být způsobena buď samovolným pohybem sinic za lepšími podmínkami (více živin) nebo se vlivem gravitace u dna začala vytvářet sinicová „kapsa“. Měření parametrů bylo prováděno nedaleko výpustního zařízení. Je tedy možné, že masy řas a sinic byly unášeny proudem, proto se naakumulovaly ve větších hloubkách. To by vysvětlovalo i zvyšování koncentrace kyslíku směrem ke dnu.

Heterogenní distribuce chlorofylu v rybníku byla způsobená nejspíše přítokem Dehtářského potoka, který se v místě zvýšené koncentrace chlorofylu do rybníku vlévá. Dehtářský potok může do rybníku přivádět více živin, či nežádoucí druhy ryb živící se

hrubým zooplanktonem. To by vysvětlovalo zlepšující se podmínky pro zvýšení koncentrace chlorofylu v této oblasti. Zvýšené množství chlorofylu se v této oblasti naměřilo u dna, je tedy možné, že se díky dobré průhlednosti (50 cm) na dně vyskytoval aktivní sedimentovaný fytoplankton, či se na dně vyskytovaly nárostové sinice.

5.4. Druhé měření – 16. 7. 2016

Dne 16. 7. už teplotní stratifikace nebyla zaznamenána, naopak byla voda téměř v celém rybníku zamíchána. Hodnoty pH a teploty vody byly v celém rybníku poměrně shodné. Jediné rozdíly teplot byly naměřeny u přítoků. Přítoky Babického a Dehtářského potoka způsobily ochlazení vody u dna v oblastech A9-A7 a v oblasti B1 (Graf č. 5, graf č. 6). V pokračujících oblastech byla teplota vody, až na drobné výjimky konstantní a činila přibližně 19,3 °C.

V oblasti přítoku Dehtářského potoka (A9-A7) byla naměřena větší koncentrace kyslíku než ve zbylé části transektu (Graf č. 9). Vyšší koncentrace kyslíku zde byly zvýšené díky přítomnosti fytoplanktonu (Graf č. 7). Jak už bylo výše řečeno, v této oblasti přitéká do rybníku Dehtářský potok, který s sebou zřejmě přináší i více živin. Zvýšené množství živin v této oblasti, může mít za důsledek i přikrmování ryb obilím. Krmení ryb obilím přispívá v této oblasti k obohacení vody živinami.

V celé oblasti transektu B se koncentrace rozpuštěného kyslíku a chlorofylu pohybovala téměř v neměnných hodnotách. Výjimku tvořila oblast u hráze, kde koncentrace rozpuštěného kyslíku (u hladiny) a chlorofylu (u dna) stoupla. Ve vzájemném vztahu mezi kyslíkem a chlorofylem můžeme u hráze sledovat určitou anomálii, kdy zvyšující se koncentrace chlorofylu u dna neodpovídá zvyšující se koncentraci kyslíku u hladiny. Tento den byla naměřena nízká vrstva fotické zóny. Mikrořasy u dna tak neměly dostatek světla k vytvoření fotosyntézy.

5.5. Třetí měření – 12. 8. 2016

Dne 12. 8. byl průběh naměřených parametrů podobný, jako u předchozího měření. Voda v celém rybníku byla opět promíchána.

Hodnoty pH a teploty vody byly v celém rybníku téměř konstantní. Teplota vody byla kolem 19 °C a hodnota pH přibližně 8.

Na grafech však můžeme pozorovat určité rozdíly naměřených hodnot v různých částech transektů. V hlubších oblastech transektu A (oblast A6-A2) byla naměřena nižší

koncentrace kyslíku, chlorofylu a také hodnota teploty vody (Graf č. 11, graf č. 13, graf č. 15). V transektu B byla opět v místě přítoku Babického potoka (oblast B1) u dna snižená teplota vody (Graf č. 12). V oblasti B1-B5 a v bodě B11 se vyskytovaly i zvýšené koncentrace chlorofylu a kyslíku. U hráze v bodě B11 se opět u dna vyskytovala zvýšená koncentrace kyslíku i chlorofylu (Graf č. 14, graf č. 16).

Průběh koncentrace kyslíku u hráze vytvořil zajímavou křivku, která ukazuje, že z počátku koncentrace kyslíku s hloubkou klesala, poté ve dvou metrech hloubky mírně stoupla a nakonec začala ve třech metrech hloubky opět klesat (Graf č. 25). Hutchinson, 1957 tuto křivku ve své publikaci nazývá negativní heterográdní křivkou (Obr. č. 3d). Negativní heterográdní křivka je typická díky tvorbě metalimnického minima kyslíku. Pokles kyslíku souvisí s vysokou respirací zooplanktonu (Cornett and Rigler, 1987), více je ale spojován s rozkladem organického materiálu na hustotním zlomu (Vítková, 2012).

5.6. Čtvrté měření – 4. 10. 2016

V tento den byla voda z velké části již vypuštěná.

Poslední den měření, byla voda v celém rybníku opět promíchána. Teplota vody byla všude konstantní a činila přibližně 14,4 °C. Hodnota pH byla v celém rybníku přibližně 7,9. Koncentrace chlorofylu byla oproti ostatním měření nejvyšší, zároveň byla naměřena i nejnižší teplota vody.

Z grafu č. 25 vyplývá, že dne 4. 10. se množství chlorofylu v různých částech transektu A od sebe lišilo. V oblasti mezi body A9-A7 byly naměřeny opravdu vysoké koncentrace chlorofylu ($115 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Zároveň v této oblasti můžeme pozorovat, že s rostoucí hloubkou množství chlorofylu klesalo. Ve zbylé části transektu A se koncentrace chlorofylu snižovala až na $68 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Mírný nárůst chlorofylu jsme zaznamenali ještě v bodě A1 ($76 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Zvyšující se koncentrace chlorofylu souvisejí i se zvyšující se koncentrací kyslíku v těchto bodech (Graf č. 21). V bodě A5 koncentrace kyslíku u dna klesla až na $2,76 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Takový náhlý výkyv snížení koncentrace kyslíku, mohly mít za důsledek rozkladné procesy v sedimentech dna.

V transektu B byla koncentrace chlorofylu i kyslíku v celém vodním sloupci téměř konstantní a činila průměrných $73,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Chlorofyl) a $7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Kyslík). Nejvyšší koncentrace chlorofylu i kyslíku byly naměřeny mezi body B1-B3.

6. ZÁVĚR

Prvotním cílem této práce bylo zjistit základní fyzikálně chemické parametry soustavy dvou až tří rybníků během hydrologického roku. Z důvodu časové náročnosti a rozsahu bakalářské práce bylo nutné zúžit rozsah pouze na jeden konkrétní rybník Dehtář. Mezi sledované parametry byly vybrány zejména obsah kyslíku, teplota a pH vody a jejich vlivy na rybí obsádku.

Z výsledných hodnot je patrné, že distribuce fyzikálně chemických parametrů v rybníku Dehtář je závislá zejména na variabilitě rybničního dna, místě krmení ryb, kvalitě přítokové vody a povětrnostních podmínkách.

Zvýšené koncentrace kyslíku i chlorofylu byly často naměřeny v oblasti přítoků Dehtářského a Babického potoka. U výpustního zařízení u dna byly často zaznamenány sinicové „kapsy“, které při dobré průhlednosti vody, měly za důsledek zvýšené koncentrace kyslíku u dna.

Také variabilita dna měla vliv na rozdílné hodnoty naměřených parametrů. V hlubších částech rybníku byly naměřeny nízké hodnoty parametrů, zejména kyslíku, teploty a chlorofylu.

V rybníku Dehtář dochází, zejména u dna, k častým kyslíkovým deficitům. K hraničním hodnotám koncentrace kyslíku ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) v celém vodním sloupci došlo celkem 2x. Takto nízké koncentrace kyslíku mohou vést až k úhynům ryb, které jsou na rybníku Dehtář častým problémem. Dravé ryby, které jsou na nízkou koncentraci kyslíku citlivé, se s tím nedokázaly vyrovnat a uhynuly.

Díky své rozloze a průměrné hloubce (4 m) nepatří rybník Dehtář mezi typické rybochovné rybníky, které jsou svou průměrnou hloubkou (1 m) pro chov kaprovitých ryb ideální. I přesto, že rybniční dno je značně variabilní, je rybník Dehtář využíván pro hospodářský chov ryb. Z tohoto důvodu je vhodné provádět častá měření v oblastech přítoků, odtoků a krmných míst.

Na rybníku Dehtář jsou prováděna pravidelná měření Povodím Vltavy. Povodí Vltavy kontinuálně zaznamenává důležité parametry, které ovlivňují fyziologické vlastnosti ryb, zejména kyslík, teplotu vody a průhlednost. Povodí Vltavy provádí pravidelné měření jak u hráze, tak i v oblasti přítoků Babického a Dehtářského potoka. Toto pravidelné měření vlastností vody je na tak velkém a prostorově rozdílném rybníku důležitou činností. Výsledky těchto měření mají velký význam na řadu dalších navazujících hospodářských aktivit s rybníkem souvisejících.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že tato pravidelná měření a kontrola fyzikálně-chemických vlastností vody mají svůj význam a doporučila bych je i nadále. Vzhledem k častým kyslíkovým deficitům bych dále doporučila omezit přísun krmiva.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2014. Aplikovaná hydrobiologie. FROV JU Vodňany, 376 s.
- Alabaster, J. S., Lloyd, R., 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. FAO and Butterworth Scientific, London, UK, pp. 47-84.
- Ambrožová, J., 2001. Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, s. 38-48.
- Benson, B. B., Krause, D., 1980. The Concentration and Isotopic Fractionation of Gases Dissolved in Freshwater in Equilibrium with Atmosphere. 1. Oxygen. Limnol. and Oceanogr. 25 (4), 662-671.
- Broža, V., Satrapa, L., Sakař, K., Bláha, J., Báča, V., Vít, P., Maníček, J., Bíza, P., Jílek, M., Kopřivová, J., Vinklát, P., 2005. Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Knihy 555, Liberec, s. 129-129.
- Boyd, C., E., 1979. Water quality in warm water fish ponds. Auburn Univ., Agriculture Experiment Station, Alabama, 359 p.
- Cornett, R., J., Rigler, F., H., 1987. Decomposition of Seston in the Hypolimnion. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 (1), 146-151.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2017. [online]. *Cyprinus carpio*, dostupné na WWW: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2017. [online]. Physical Features of Water, dostupné na WWW: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC174E/AC174E02.htm#ch2.1>.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E., 1998. Hydrobiologie. Informatorium, Praha, s. 17-29, 33, 199-200.
- Hadašová, L., 2012. Kolísání fyzikálně-chemických parametrů hypertrofních rybníků v průběhu dne a noci. Brno, Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta.
- Heteša, J., Kočková, E., 1997. Hydrochemie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, s. 10-25.

- Hutchinson, G., E., 1957. A treatise on Limnology. Vol. 1. Geography, Physico and Chemistry
John Wiley and Sons, Inc., New York, 1 115 p.
- Kalff, J., 2002. Limnology: Inland Water Ecosystems. Prentice Hall, Upper Saddle River, pp.
136-165.
- Koutek, T., 2008. Nejkrásnější české rybníky. Nakladatelství Brána, s. 322-324.
- Král, J., 1984. Chemie vody. SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, 131 s.
- Křivánek, J., Němec, J., Kopp, J., 2012. Rybníky v České republice. Jan Němec-Consult, s. 236-
237.
- Lampert, W., Sommer, U., 1997. Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams. Oxford
University Press, New York, Oxford, pp. 26-26.
- Lellák, J., Kubiček, F., 1991. Hydrobiologie. Univerzita Karlova, Praha, s. 17-45.
- Liebscher, P., Rendek, J., 2014. Průvodce rybníky České republiky. Academia Praha, s. 312-
313.
- Máchová J., Svobodová Z., Valentová, O., Kocour Kroupová, H., Zusková, E., Modrá, H.,
Velíšek, J., Stará, A., Bláhová, J., Dobšíková, R., 2014. Kapitola 7. Faktory a látky
způsobující akutní otravy vodních organismů. In Velíšek, J. a kol. Vodní toxikologie pro
rybáře. FROV JU Vodňany, 600 s.
- Pitter, P., 1999. Hydrochemie. VŠCHT Praha, s. 13-33, 231, 256-260, 402-405.
- Pitter, P., 2009. Hydrochemie. VŠCHT Praha, 579 s.
- Reinchenbach-Klinke, H. H., 1975. Fisch und Umwelt. Georg Fischer, München, Germany, 194
s.
- Schäperclaus, W., 1967. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Parey, Berlin, 582 s.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová,
V., Vykusová, B., Wohlgemuth, E., 1987. Toxikologie vodních živočichů. Ministerstvo
zemědělství a výživy ČSR, Praha, s. 93-100.
- Svobodová, Z., Máchová, J., Vykusová, B., 1992. Havarijní a dlouhodobé znečištění
povrchových vod (skripta). VÚRH Vodňany, 180 s.

Valentová, O., Máchová, J., Faina, R., Kroupová, H., Svobodová, Z., 2009. Souprava combi-
terénní analýzy vody. Edice metodik, VÚRH JU Vodňany, č. 90, 28 s.

Vítková, J., 2012. Fyzikálně chemické gradienty a prostorová heterogenita chlorofylu
v podélném profilu nádrže Římov. České Budějovice, Diplomová práce. Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta.

Wetzel, R., G., 1983. Limnology. Saunders Company, 767 p.

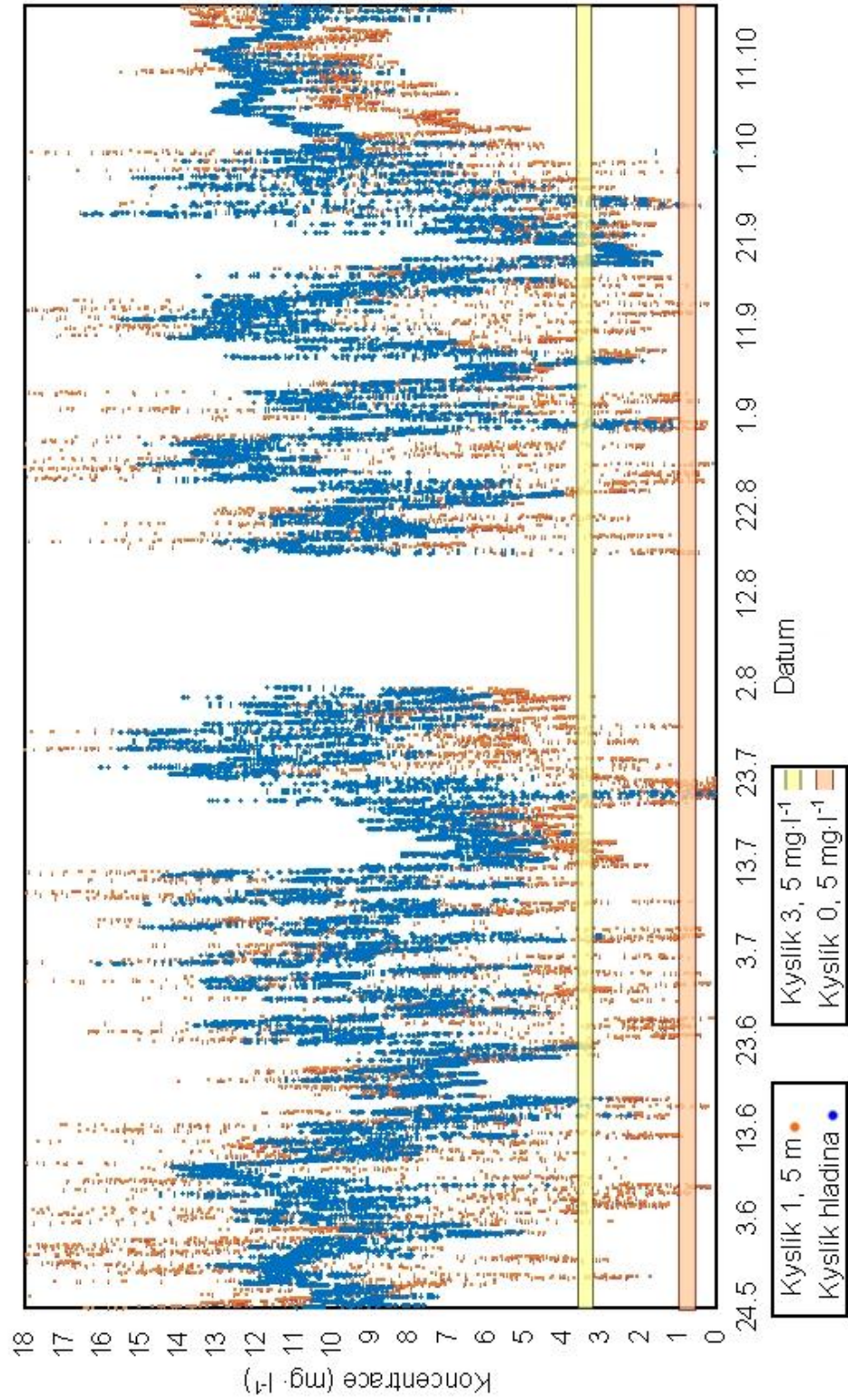
8. SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Roční průběh koncentrací kyslíku u hráze
- Příloha č. 2: Roční průběh teploty u hráze.
- Příloha č. 3: Roční průběh koncentrace chlorofylu a průhlednosti u hráze a u přítoku Babického a Dehtářského potoka.

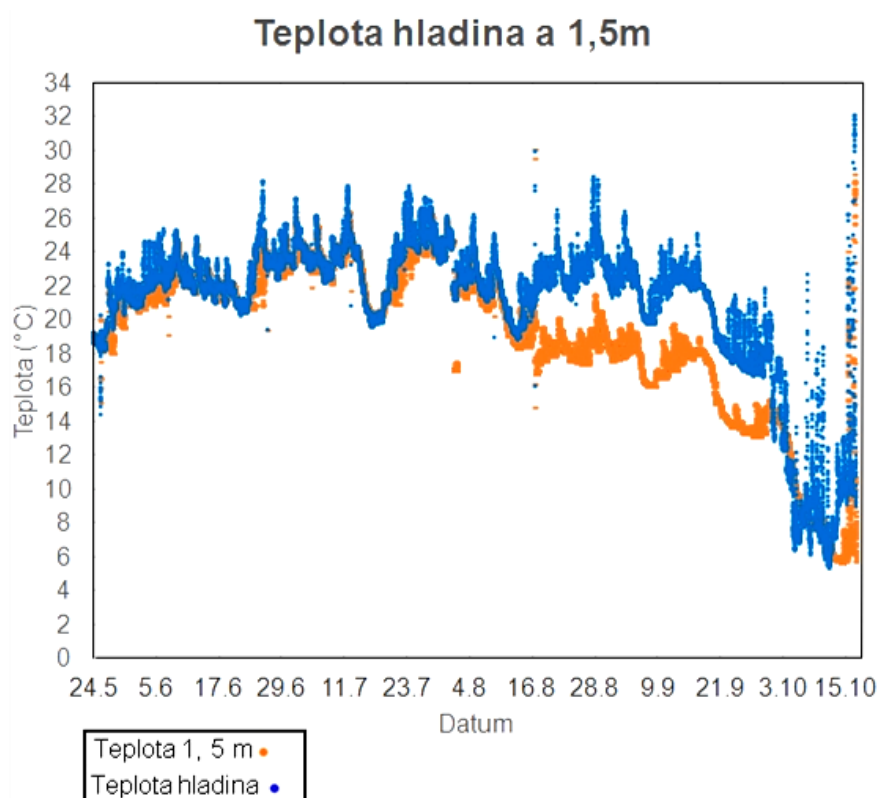
9. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Roční průběh koncentrací kyslíku u hráze

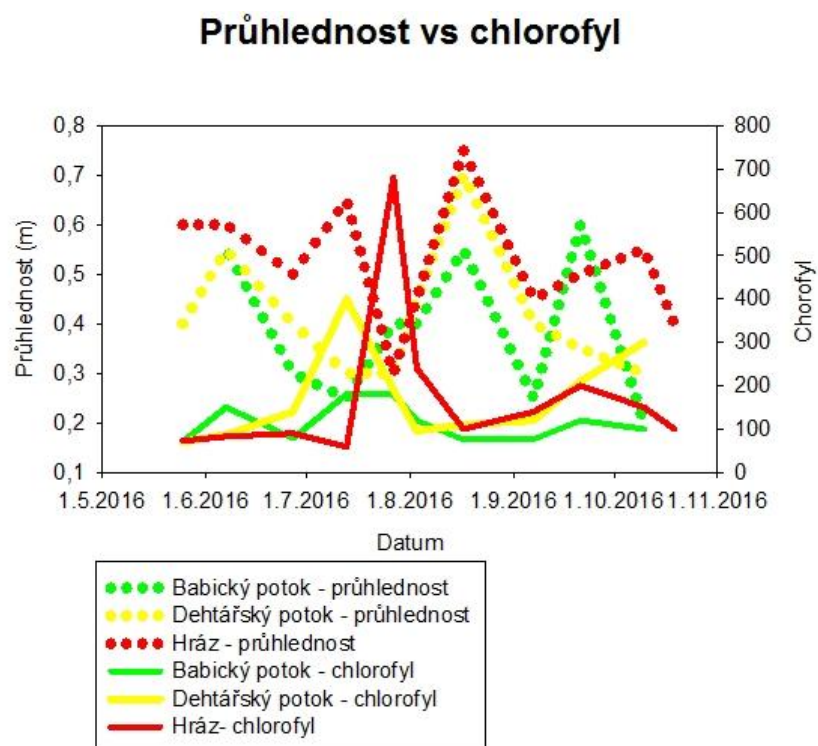
Koncentrace kyslíku hladina a 1,5 m



Příloha č. 2: Roční průběh teploty u hráze.



Příloha č. 3: Roční průběh koncentrace chlorofylu a průhlednosti u hráze a u přítoku Babického a Dehtářského potoka.



10. ABSTRAKT

Chemismus a fyzikální parametry rybníků během hydrologického roku.

Cílem této bakalářské práce bylo stanovit vybrané fyzikální a chemické parametry rybníku Dehtář, uplatnit je k posouzení vlivu na kapra obecného a zjištěné výsledky porovnat s literaturou.

Ve dnech 29. 6., 16. 7., 12. 8. a 4. 10. 2016 se na rybníku Dehtář uskutečnilo měření těchto fyzikálně chemických parametrů: koncentrace kyslíku ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), teplota vody ($^{\circ}\text{C}$), pH, průhlednost (m) a koncentrace chlorofylu ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). K měření těchto parametrů byl použit standardní kalibrovaný terénní měřák EXO2 a Secchiho deska. Rybník byl proměřený ve dvou transektech se zaměřením na hloubku, přítok, odtok a místa krmení ryb. Pro lepší vyhodnocení byla do výsledků zařazena i data naměřená státním podnikem Povodím Vltavy (koncentrace kyslíku, teplota a světelný režim).

Rybník Dehtář je využíván hlavně k intenzivnímu chovu ryb. Na rybníku hospodaří Rybářství Hluboká cz., s. r. o. Obsádka rybníku je polykulturní, ale dominantní chovanou rybou je kapr obecný, dále pak amur bílý, štika obecná, candát obecný a sumec velký. Rybník se pravidelně krmí, vápní a hnojí.

Z naměřených dat vznikla jak časová, tak prostorová vizualizace základních fyzikálních a chemických parametrů v rybníce. Z prostorové vizualizace rybníku vyplývá, že fyzikálně-chemické parametry jsou ovlivňovány zejména kvalitou přítokové vody, variabilitou dna, povětrnostními podmínkami a také místem krmení ryb. Z časové vizualizace následně vyplývá, že nejvyšší rozdíly našich naměřených hodnot byly zaznamenány v době teplotní stratifikace vody dne 29. 6. 2016. Tento den bylo rozmezí hodnot pH od 7,1 do 9,1. V ostatních dnech se pH vody pohybovalo pouze kolem 8. Rozdíly teploty vody v rybníku dne 29. 6. 2016 byly také poměrně vysoké. Teplota vody se pohybovala mezi $19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na rybníku Dehtář byly zaznamenány velmi časté kyslíkové deficity, které měly vliv na snížení rybí obsádky. Koncentrace kyslíku v celém rybníku klesla pod hraniční hodnoty ($0,5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) během sezónního měření Povodí Vltavy celkem 2 krát. Lokální oblasti snížené koncentrace kyslíku, které byly také zaznamenány státním podnikem Povodí Vltavy, byly naměřeny zejména v hloubkách nižších než 1,5 m a vyskytovaly se přibližně 25 krát.

Díky pravidelnému měření se na rybníku lépe hospodaří a zároveň se může předcházet krizovým situacím, které by mohly negativně ovlivnit rybí obsádku. Vzhledem k častým kyslíkovým deficitům, by se na rybníku mělo omezit krmení ryb.

Klíčová slova: *Cyprinus carpio*, chlorofyl, kyslík, pH, průhlednost, stratifikace, teplota vody

11. ABSTRAKT

Physiochemical Parameters of Ponds during Hydrological Year

The aim of this Bachelor thesis was to use the obtained data for the assessment of these physiochemical parameters on growth of the carp. The obtained data and their influence on carp grow were compared with literature.

The physiochemical parameters had measured on the 29th June, 16th July, 12th August and 4th October on the Dehtář pond. The followed physiochemical parameters were measured: concentration of oxygen ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), temperature of water ($^{\circ}\text{C}$), pH, transparency (m) and chlorophyll concentration ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). It was used calibrated measuring device EXO2 and a Secchi disc. The pond was measured in two transects with focus on depth, inflow, outflow and feeding area. For better evaluation of the results it had included the continuous measurements data from Vltava River Authority, particularly the concentration of oxygen, temperature and light regime.

The Dehtář pond is used mainly for intense fish-pond management. Fishery Hluboká manages on this pond. Stock of the pond is polyculture. Dominant fish is common carp, next for example grass carp, pike, pikeperch and catfish. The pond is regular fed, limed and fertilized.

From those data, it has produced the spatial and temporal visualisation of basic physiochemical parameters in the pond.

From the spatial visualisation follows that the quality of inflow water, depth of water, meteorological situation and position of feeding area had a significant influence on physiochemical parameters. From the temporal visualisation follows that the highest differences in our data were during temperature stratification on 29th June 2016. This day range of the pH was from 7.1 to 9.1. During the other days pH was just about 8. On 29th of June 2016 the range of the temperature was quite high. The temperature was from $19.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $24.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oxygen deficits were very often on this pond. Oxygen deficits had big influence on the death of fishes. The concentration of oxygen went down under the limit values ($0.5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) for 2 times during the Vltava River Authority measuring. The local places of low concentration of oxygen had located on the depth of 1.5 m for 25 times during the Vltava River Authority measuring.

The Vltava River Authority regularly takes measurements on the Dehtář pond. It should be used for better management and for preventing the critical situation, particularly the drop of oxygen, which could harm the fish. It should be limited feeding, because of the often oxygen deficits.

Key words: *Cyprinus carpio*, chlorophyll, oxygen, pH, stratification, temperature of water, transparency