Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 – Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra krajinného managamentu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Eutrofní zatížení údolní nádrže Orlík

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Lubomír Bodlák, Ph.D.

Autor: Kamila Zelenková

České Budějovice, duben 2014

Prohlášení

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 - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - 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.

V Českých Budějovicích dne 10. 4. 2014 ……..

Kamila Zelenková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat své rodině za podporu, trpělivost a vytvoření vhodných podmínek k práci.

Ráda bych také poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Lubomíru Bodlákovi Ph.D. za poskytnutí odborného vedení, cenných rad a připomínek k této bakalářské práci. Zároveň bych mu chtěla poděkovat za pomoc při zpracování a analýze vzorků.

Abstrakt

Detekce případných zdrojů eutrofního zatížení povrchových vod. Vodní nádrž Orlík je mimo svůj vodohospodářský a energetický účel také využívána k rekreačním účelům. V posledních letech se zaznamenává zhoršení kvality vody. Dochází k tomu, že se objevuje „rozkvetlá“ vodní plocha a nárůst sinic. Obsahem práce bylo sledování měnícího se stavu kvality vody v údolní nádrži Orlík a jejího okolí v průběhu sezóny. Sledovány byly parametry: vodivost, pH, kyslík, dusičnany, fosforečnany a to v průběhu sezóny roku 2013.

Klíčová slova: eutrofní zatížení, údolní nádrž Orlík, povrchová voda, sinice, fosfor, dusík.

Abstrakt

Detection of potential sources of load eutrophic surface waters. Orlik dam is out of your water and energy purposes also used for recreational purposes. In recent years, recorded deterioration of water quality. It happens that it appears "Flower" water surface and increase algae. The content of this work was to monitor the changing state of water quality in reservoirs Orlik and its surroundings during the season. Parameters were monitored: conductivity, pH, oxygen, nitrates, and phosphates and during the season of 2013.

Key words: eutrophic load , reservoirs Orlik, surface water, algae, phosphorus, nitrogen

Obsah

1. Úvod 7
2. Literární rešerše 8
   - 2.1 Voda 8
   - 2.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti vody 8
   - 2.3 Druhy vod (rozdělení vodních toků) 9
   - 2.4 Povrchové vody 9
   - 2.5 Jakost povrchových vod 10
   - 2.6 Klasifikace povrchových vod 11
   - 2.7 Chemické složení stojatých povrchových vod 12
   - 2.8 Hlavní parametry 12
     - 2.8.1 pH 12
     - 2.8.2 Konduktivita (vodivost) 13
     - 2.8.3 Kyslík 13
     - 2.8.4 Fosfor a fosforečnany 14
     - 2.8.5 Dusík a dusičnany a jejich výskyt ve vodách 14
3. Eutrofizace 15
4. Údolní nádrže 17
   - 4.1 Hydrochemie údolních nádrží 17
   - 4.2 Údolní nádrž Orlík 18
5. Metodika 21
   - 5.1 Odběry 21
   - 5.2 Analýza vzorků 22
6. Výsledky 23
   - 6.1 Průměrné hodnoty vybraných parametrů horní, spodní uzávěry a nádrž 24
   - 6.2 Vybrané parametry a hodnoty v nádrži a na přítocích 25
   - 6.3 Grafické znázornění parametrů na přítocích 26
   - 6.4 Vybrané parametry odběrového místa Olešná 31
7. Diskuse 33
8. Závěr 36
9. Literatura 37
10. Přílohy 40

1. Úvod

Vliv činnosti člověka na životní prostředí může mít charakter dočasný, lokální, regionální, globální, trvalý a v neposlední řadě nevratný. Důležité je myslet na budoucí generace a snažit se o zachování možnosti uspokojit jejich potřeby, zároveň nesnižovat rozmanitost přírody a zachovávat přirozenou funkci ekosystémů. Využívání základních ekologických poznatků o tocích energie, látek v ekosystémech k analýze a hodnocení krajiny. Uvědomění si, že člověk je nedílnou součástí přírody. To jakým způsobem se budeme chovat k přírodě my, takovým způsobem se bude příroda chovat k nám. Považuji za velmi důležité pracovat na osvětě u malé generace pro snadnější pochopení a uvědomění si celého koloběhu přírody. Stále více je kladen důraz na jakost povrchových vod a na činitele, kteří narušují její rovnováhu. Eutrofizace negativně působí na vodní ekosystém, protože způsobuje masový rozvoj sinic a mění zbarvení vody. V jarním a letním období dochází k rychlému a nadměrnému rozvoji řas a sinic tvořící plankton. Vodní nádrž Orlík je příkladem, kdy dochází vlivem antropogenní činnosti a krajinných změn k poškozování životního prostředí. Vodní nádrž Orlík je mimo svůj vodohospodářský a energetický účel také využívána k rekreačním účelům. V posledních letech se zaznamenává zhoršení kvality vody.

Hlavním cílem práce bylo sledování měnícího se stavu kvality vody údolní nádrže Orlík a jejích přítoků v průběhu sezóny.

Práce se zabývala odebíráním a analýzou vzorků vody. Stanovení hodnot hlavních chemicko-fyzikálních parametrů povrchových vod (pH, vodivost, kyslík…) a zjištění případných zdrojů eutrofního zatížení údolní nádrže Orlík.

2. Literární rešerše

2.1 Voda

Jednou z hlavních složek přírody je voda, která spolu s půdou a ovzduším je základem všeho života (Tlapák, 1992). Voda je v permanentním pohybu. Příčinou koloběhu vody na Zemi je sluneční záření, zemská gravitace, zemská tepelná energie a geomechanická energie (Sklenička, 20003). Všechny naše vody pochází z vodního cyklu, a je to proces, který řídí naše vodní zdroje (Gray, 1994).

Kvalita vody, její množství a rozmístění na Zemi podmiňuje existenci a rozvoj lidské společnosti (Kalavská, 1989). Voda pokrývá asi 70% zemského povrchu. Více než 97% vody je v oceánech a zbývající sladkovodní voda je ve formě ledu (Manahan, 2010).

2.2 Fyzikální vlastnosti vody

Specifické vlastnosti vody vyplývají ze složení molekuly vody. Kvítek (2005) dále uvádí, že z chemických vlastností je nejdůležitější dipólový charakter molekuly vody. Další důležitou vlastností je vznik vodíkové vazby, a z toho vyplývající sklon molekul vody sdružovat se ve větší celky prostřednictvím vodíkových můstků.

Z fyzikálních vlastností vody jsou nejdůležitější teplota, obsah nerozpustných látek, barva a pach. Požadavky na fyzikální vlastnosti vody jsou různé podle jejího využití (Tlapák, 1992).

Znalost teploty povrchových vod je významná pro posouzení kyslíkových poměrů, rychlosti rozkladu organických látek a vhodnosti pro ryby. U povrchových vod teplota podstatněji kolísá nejenom během roku, ale i během dne (Horáková, 1989).

Barva vody může být přírodního nebo antropogenního původu. Zelená až zelenomodrá barva silně eutrofizovaných vod je zdánlivá, protože je způsobena přítomnosti sinic a řas, které lze odstranit filtrací. Barva vody a její intenzita bývá závislá na hodnotě pH a musí být vždy k této hodnotě vztahována (Pitter, 2009).

Látky, které jsou příčinou pachu přírodních vod, mohou být přirozenou součástí vody, mohou být produktem biologických procesů a rozkladu organických látek biologického původu nebo mohou pocházet z městských, průmyslových a zemědělských odpadních vod (Horáková, 1989).

2.3 Rozdělení vodních toků

Z ekologického hlediska jsou vodní toky velmi důležitou složkou krajinného prostředí (Tlapák, 1992).

Vody lze rozlišovat podle původu, výskytu a použití. Podle původu lze vody dělit na přírodní a odpadní. Podle výskytu se přírodní vody dělí na atmosférické, povrchové a podzemní (Pitter, 1999).

2.4 Povrchové vody

Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních (zákon 254/2001 Sb., o vodách).

Povrchové vody na pevnině se uplatňují v korytech vodních toků, jezerech a umělých nádržích, v ledovcích a sněhové pokrývce (Sklenička, 2003).

Povrchové vody jsou zdrojem pitné a užitkové vody a slouží pro rekreační účely, chov ryb aj. Vlivem přísunu nečistot se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich schopnost samočištění (Pitter, 2009). Povrchové vody představují z hlediska množství hlavní část vodních zdrojů v ČR. Podíl povrchové vody na zásobování obyvatelstva, průmyslu i zemědělství se neustále zvyšuje. Předpokládá se, že povrchová voda bude reprezentovat až 80% veškeré vyrobené vody (Strnadová, 1995).

Z hlediska zásobování obyvatelstva vodou mají význam kontinentální povrchové vody tekoucí- vodní toky i stojaté- jezera, nádrže, rybníky. Podle Pittra (1999) se povrchové vody od podzemních liší především vyšší proměnlivou teplotou, menší mineralizací, nižšími koncentracemi oxidu uhličitého a hydrolyzujících kovů zejména železa a manganu, vyššími koncentracemi kyslíku a organických látek a vyššími počty mikroorganismů.

2.5 Jakost povrchových vod

Charakteristika složení a vlastnosti vody pro určení její vhodnosti k určitému účelu; v obecném smyslu charakteristika vody zjišťovaná hodnocením souboru ukazatelů pro účely klasifikace a srovnání vod (ČSN 75 0101).

Tekoucí povrchové vody se podle ČSN 75 7221 zařazují do 5 tříd jakosti:

I. **neznečištěná voda**: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněna antropogenní činnosti, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují limitní hodnoty

II. **mírně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn antropogenní činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

III. **znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí tvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému

IV**. silně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému

V. **velmi silně znečištěná voda:** stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému

2.6 Klasifikace povrchových vod

V této kapitole jsou charakterizovány hlavní předpisy, které se zabývají hodnocením vody povrchové. Klasifikace jakosti povrchových vod vychází z údajů o vybraných ukazatelích jakosti vody, tab.č. 1.

Podle ČSN 757221 Klasifikace jakosti povrchových vod

Tabulka č. 1: Klasifikace jakosti povrchových vod (zákon 254/2001Sb., o vodách)

I. třída	Voda je obvykle vhodná pro všechna použití, pro - vodárenské účely, potravinářský a jiný průmysl - koupání, chov lososovitých ryb Voda má velkou krajinotvornou hodnotu.
II. třída	Voda je obvykle vhodná pro většinu užití, pro - vodárenské účely, vodní sporty chov ryb - chov ryb, zásobování průmyslu vodou Voda má krajinotvornou hodnotu.
III. třída	Voda obvykle vhodná jen pro zásobování průmyslu Pro vodárenské účely je voda použitelná jen podmínečně, pokud není k dispozici zdroj lepší jakost, při vícestupňové úpravě. Voda má malou krajinotvornou hodnotu.
IV. třída	Voda je obvykle vhodná jen pro omezené účely.
V. třída	Voda se obvykle nehodí pro žádný účel užití.

(Strnadová, 1995)

2.7 Chemické složení stojatých povrchových vod

Voda po přítoku do nádrže mění své fyzikální, chemické a biologické vlastnosti (Pitter, 1999). Proto Heteša (1997) uvádí, že je důležitá jakost přítokové vody. Koncentrace biogenů N a P ve vodě se během roku mění v souvislosti se střídáním ročních období a s tím souvisejícími změnami vegetace fytoplanktonu.

Mineralizace vod bývá v rozmezí 100 mg l^{-1} až 500 mg l^{-1}. Změny hodnoty pH se projevují v závislosti na ročním období (v létě je vyšší než v zimě). Dusičnanový dusík pochází především ze splachů z hnojených polí a z atmosférických depozic. Přísun z plošných zdrojů má sezónní charakter. Dusičnany se vyskytují v koncentracích v jednotkách mg l^{-1} a výjimečně i v koncentracích přes 10 mg l^{-1}.

Dále Pitter (1999) uvádí, že ve stojatých povrchových vodách dochází v důsledku časových změn oxidačně-redukčního potenciálu a acido-bazických rovnováh k významné vertikální stratifikaci (zonaci) některých ukazatelů jakosti, která zásadně ovlivňuje způsob odběru vody pro vodárenské účely.

2.8 Hlavní parametry

2.8.1 pH

Stanovení pH se provádí pro všechny druhy vod (Kalavská, 1997). pH udává vztah mezi aktivitou vodíkových iontů v roztoku. Vyjadřuje se jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů (Horáková, 1989). Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických a biochemických procesů probíhajících ve vodách (Pitter, 1999). K přesnému stanovení pH slouží potenciometrické stanovení (Horáková, 1989). Povrchové vody, s výjimkou vod z rašelinišť a acidifikovaných vod nádrží a jezer, mívají hodnoty pH v rozmezí asi od 6,0 do 8,5. Závislost hodnoty pH na ročním období se projevuje především u vod stojatých v létě vyšší než v zimě (Pitter, 1999).

2.8.2 Konduktivita (vodivost)

Konduktivita slouží k odhadu stupně mineralizace vody (Horáková, 1989). Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě (Pitter, 2009). Konduktivita se měří různými typy konduktometrů (Pitter, 1999). Měří se ve vodním termostatu při teplotě 25°C (Pitter, 2009). Konduktivita se udává v jednotkách mSm^{-1} (Kvítek, 2005). Povrchové vody mívají obvykle hodnoty konduktivity v rozmezí 5 až 50 mSm^{-1} (Pitter, 199).

2.8.3 Kyslík

Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě (Horáková, 1989). Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů a často proto bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů. Koncentrace rozpuštěného kyslíku patří mezi ukazatele, podle nichž se povrchové vody řadí do tříd čistoty (Horáková, 1989) a je významným indikátorem havárií ve vodním prostředí (Kvítek, 2005). Kyslík se do vody dostává při styku vody se vzduchem a následkem biologického působení vodních rostlin (fotosyntéza) (Tlapák, 1992).

Obsah kyslíku ve stojatých vodách je závislý především na fotosyntetické činnosti rostlin a dýchání všech organismů, kolísá obsah kyslíku během 24 hodin v nádrži a to tím výrazněji, čím je biotop na organismy bohatší. Příčinou různého obsahu kyslíku v různých vrstvách vody v hlubokých nádržích je to, že v důsledku vertikální tepelné stratifikace a vzniku letní stagnace se nemůže kyslíkem bohatá horní vrstva epilimnia smísit s hlubšími, na kyslík chudšími vrstvami (Heteša, 1997).

Nedostatek kyslíku v hypolimniu hluboké nádrže může být způsoben tím, že jde o nádrž eutrofní nebo o nádrž oligotrofní. Ke kritickým stavům v obsahu kyslíku dochází ve vodách z nejrůznějších příčin. V zimě je to zejména zámrz vodní hladiny, kdy led zabrání přístupu atmosférického kyslíku k vodě. V letním období je to zejména v ranních hodinách v silně eutrofních vodách, kdy se ještě nerozběhla fotosyntéza, během dne v nádržích značně přesazených rybami, dále při odeznění vodního květu sinic (Heteša, 1997).

2.8.4 Fosfor a fosforečnany

Fosfor je jedním z klíčových prvků ve vodní chemii a je limitující živinou v růstu řas za mnoha podmínek (Manahan, 2010). Globální cyklus fosforu je jedinečný mezi cykly hlavních biochemických prvků, které nemají významnou plynnou složku (Schlesinger, 1997).

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých minerálů a zvětralých hornin. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu je především aplikace fosforečných hnojiv a odpadní vody z prádelen. Sloučeniny fosforu se dostávají do povrchových vod i z atmosférických depozic a hrají významnou úlohu v přírodním koloběhu látek (Pitter, 1999).

Fosfor je důležitým prvkem ve vodách z hlediska jejich eutrofizace (Heteša, 1997). Stanovení fosforu v povrchových vodách je důležité pro posouzení podmínek eutrofizace (Horáková, 1989).

Mezi nejčastější a nejpoužívanější metody pro určení fosforečnanů je spektrofotometrie (Kalavská, 1987). Koncentrace celokovového fosforu se pohybují obvykle v jednotkách mg l^{-1} (Pitter, 2009).

2.8.5 Dusík a dusičnany a jejich výskyt ve vodách

Dusík patří mezi nejdůležitější biogenní prvky (Heteša, 1997). Pro posouzení možnosti snižování jeho obsahu ve vodách je nutno především znát biochemické a chemické přeměny dusíku (Kvítek, 2005). Z biochemických přeměn anorganických forem dusíku je nejdůležitější oxidace amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany (nitrifikace) a redukce dusičnanů na elementární dusík (denitrifikace) (Horáková, 1989).

Sloučeniny dusíku jsou ve vodách málo stabilní a podléhají v závislosti na oxidačně-redukčním potenciálu a hodnotě pH zejména biochemickým proměnám (Kvítek, 2005). Sloučeniny dusíku jsou původu atmosférického nebo antropogenního (zemědělství, splaškové odpadní vody) (Pitter, 1999).

V povrchových vodách nepřevyšují koncentrace amoniakálního dusíku obvykle 1 mg l^{-1} (Pitter, 1999). Množství dusičnanů v povrchových vodách se pohybuje od 1 do 100 mg l^{-1} (Heteša, 1997).

Dusičnany se vyskytují ve všech typech vod. V povrchových vodách souvisí obsah dusičnanů se stupněm eutrofizace a patří mezi zvláštní ukazatele chemického složení povrchových vod, podle nichž se povrchové vody řadí do tříd čistoty. Obsah dusičnanů ve vodách se udává zpravidla hmotnostní koncentrací, a to jako NO_3^- nebo $N\text{-}NO_3^-$, v $mg\ l^{-1}$. Největší skupinou v praxi používaných metod na stanovení dusičnanů ve vodách tvoří absorpční spektrofotometrické metody (Horáková, 1989).

3. Eutrofizace

Slovo eutrofizace pochází z řečtiny, vzniklo složením slova eu (hojný) a slova trophi (potrava nebo živná látka).

Obohacování živinami (eutrofizace) je hlavní téma sladkovodní ekologie. Eutrofizaci jezer lze studovat výhradně z limnologického pohledu (Lewis, 1984).

Eutrofizace vody patří k závažným biologickým procesům, které výrazně ovlivňují kvalitu povrchových vod. Značný přísun základních rostlinných živin do povrchových vod, zejména dusíku a fosforu, a teplota vody nad 11°C vytvářejí příznivé podmínky pro vznik eutrofizačních procesů. Koncentrace živin v povrchových vodách se neustále zvyšuje (Tlapák, 1992).

Všeobecně známým projevem eutrofizace je pravidelný masový rozvoj vodního květu sinic či vegetačního zabarvení, tvořeného zelenými řasami nebo i rozsivkami, případně některými druhy vyšších rostlin. Nastává obvykle v letních měsících, kdy je dostatek tepla a slunečního světla. Dalším negativním faktorem zvýšeného výskytu řas a sinic je narušení kyslíkového režimu. Při hladině se fotosyntetickou činností vytvářejí podmínky přesycené kyslíkem a narůstá pH.

Mnohé druhy sinic produkují celou řadu toxických látek. Při jejich vyšší koncentraci se mohou u koupajících se osob, zvláště u dětí a citlivějších jedinců, projevit kožní vyrážky, otoky a záněty očních spojivek (Kočí, 2000).

Rozlišuje se přirozená eutrofizace, kterou nelze ovlivnit a která je způsobena přítomností sloučenin P a N pocházejících z půdy a dnových sedimentů a z rozkladu odumřelých vodních organismů, a antropogenní (indukovaná) eutrofizace, která je výsledkem civilizačního procesu (Pitter, 2009).

Vody lze podle koncentrace fosforečnanového fosforu zařadit do následujících kategorií trofie (úživnost):

- ultraologotrofní (< 4)
- oligotrofní (4 až 10)
- mesotrofní (10 až 35)
- eutrofní (35 až 100)
- hypertrofní (> 100)

Dále dochází ke zhoršení organoleptických vlastností vody (pachu) a i k tvorbě toxických organických látek. Proto nelze v kritických obdobích využívat vody nejen k úpravě na kvalitní pitnou vodu, ale ani k rekreačním účelům (Pitter, 2009).

4. Údolní nádrže

Vodní nádrže patří do skupiny stojatých vod. Vodní nádrže se dále dělí na nádrže údolní, hospodářské (závlahové, odvodňovací, průmyslové, …) a rybníky, s možností existence řady přechodných typů (Sklenička, 2003).

Vodní díla a jejich výstavba mají v Čechách bohatou historii sahající až k počátku 19. století. V současné době vodní díla, respektive vodní nádrže plní svou nezastupitelnou funkci při hospodaření s povrchovou vodou (správě povodí a vodních toků), ať už se jedná o zásobování pitnou vodou, ochranu před povodněmi, zlepšení odtokových poměrů, využití energetického potenciálu, odběry akumulované vody pro průmyslové a zemědělské účely nebo účely rekreační (Povodí Vltavy). Nejvýznamnější vodní díla jsou se svým celkovým objemem 1026 mil. m³ vodní díla Lipno I a Orlík na Vltavě (Povodí Vltavy).

Údolní nádrže nebo rybniční soustavy jsou řazeny kaskádovitě v mírně až středně členité krajině. Zpravidla mají vyšší hráze a úzkou spojitost se zdrojem napájecí vody. Jsou buď průtočné, nebo mají vybudovánu obvodovou stoku. Nádrže trpí částečně přírůstky sedimentů z povodí. U vtoku se vytváří typické sedimentační kužele, v místě výpusti jsou vyšší vrstvy organického kalu – sapropelu. Hráze bývají porostlé stromy, často však i bez stromového doprovodu. Odhadovaná doba životnosti činí desítky let.

4.1 Hydrochemie údolních nádrží

V chemismu údolních nádrží je důležitá jakost přítokové vody. Důležitá je koncentrace biogenů N, P a Ca. Tyto prvky rozhodují o tzv. trofii čili úživnosti vod, která vyjadřuje jejich předpoklady produkovat organické látky ve formě těl organismů. Vody lze z tohoto hlediska rozdělit do 2 skupin: oligotrofní – na živiny chudé, a eutrofní – na živiny bohaté, později se připojila ještě skupina mezotrofní. Neustálý přísun biogenních prvků přítokem, splachem nebo strháváním z ovzduší působí pozvolnou změnu původně oligotrofních jezer na mezotrofní až eutrofní. Tento proces se nazývá eutrofizace a jde o přírodní proces, který však je neustále urychlován působením člověka a jeho zásahy do koloběhu látek na této planetě (Heteša, 1997).

V jezerech probíhá každoročně pozoruhodný proces. Působením teploty a větru voda od hladiny klesá a vytlačuje tím chladnější vodu ode dna. Kyslík se tím dostává dolů. Tyto fyzikální změny s sebou přinášejí i řadu změn biologických. Jejich nejnápadnějším projevem je „kvetení“ fytoplanktonu, kdy jeden druh řasy se krátký čas expanzívně rozmnožuje, pak je nahrazen dalším, potom dalším (Forman, 1993).

4.2 Údolní nádrž Orlík

Přehrada Orlík je dalším ze stupňů Vltavské kaskády na území jižních Čech. Její hráz přehradila tok řeky Vltavy u Solenice v okrese Příbram. Převážná část přehradní nádrže se nachází na území jižních Čech. Své jméno dostala podle zámku, jenž kdysi čněl nad hlubokým údolím Vltavy a dnes se nachází jen pár metrů nad hladinou přehradního jezera (www.pisecko.net).

Přehrada byla budována v letech 1954 – 1961. V první etapě výstavby bylo připraveno zázemí pro budoucí stavbaře. V další etapě byl vybudován žlab, do něhož byla po dobu stavby hráze převedena voda Vltavy. Ihned potom započaly práce na vlastním tělese hráze. U paty hráze byla na levém břehu postavena hydroelektrárna se čtyřmi Kaplanovými turbínami (Cacák, 2008).

Na pravém boku je hráz vybavena dvěma lodními výtahy určenými pro lodní dopravu. Malý lodní výtah je zcela funkční a může přepravovat plavidla o nosnosti 3,5 tuny. Tento ozubnicový výtah nahrazuje plavební komory, které jsou obvyklejším řešením na jiných přehradách (Cacák, 2008). Kromě výtahu pro lodě malých nosností je přehrady vybavena žlabem, ve kterém měla fungovat tzv. pojízdná vana. Loď velkých rozměrů by do ní najela a i s vodou by byla vytažena na hladinu přehrady. Tato mechanika však nikdy nebyla namontována. Jižně od hráze je na levém břehu přístav lodní dopravy po Orlické přehradní nádrži, která zajišťuje spojení hráze s Orlíkem nad Vltavou a s hradem Zvíkov (www.pisecko.net).

Orlická přehrada je v řetězu vltavských přehrad článkem největším, nejvyšším a nejmohutnějším. Její 511 m dlouhá hráz dosahuje v koruně výšky 91 m. Zadržuje jezero o ploše 2.732 ha, dlouhé na Vltavě 68 km, na Otavě 23 km a na Lužnici 7 km. Největší hloubka je 74 m. Objemem zadržené vody se nádrž Orlík řadí na první místo v České republice (www.pisecko.net).

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE:

plocha povodí: 12 106,0 (km²)
prům. dlouhodobý roční průtok Qa: 83,5 (m³/s)
N-letý průtok Q100: 2 180 (m³/s)

TECHNICKÉ ÚDAJE:

NÁDRŽ:
celkový objem: 716,5 (mil. m³)
zatopená plocha: 2 732,(ha)

HRÁZ:
tok: Vltava ř. km 144,650
kóta koruny hráze (vozovky): 361,10 (m.n.m.)
výška hráze nade dnem: 81,50m
délka koruny hráze: 450 m

(Povodí Vltavy s.p.)

Obrázek č. 1: Orlická přehrada

(www.google.cz)

Vltavská kaskáda je soustava vodních děl na řece Vltavě. Jde o celkem 9 přehrad, z nichž první byly budovány ve 30. letech 20. století. Do Vltavské kaskády patří přehrada zadržující největší objem vody z českých nádrží (Orlík) i přehrada největší co do plochy hladiny (Lipno). Vodní elektrárny v přehradách kaskády produkují elektrický výkon až 750 MW.

ZAJÍMAVOSTI ORLICKÉ PŘEHRADY

• přehrada Orlík patří mezi nejtenčí na světě

• desetilopatkové kole, které pohání Kaplanovu turbínu, dostalo na výstavě EXPO 58 v Bruselu ocenění a bylo světovým unikem

• díky stavbě přehrady musel být přenesen i celý kostel

• lodní doprava po Orlíku jezdí od počátku vzedmutí hladiny

• v roce 2002, kdy se před přehradu prohnala tisíciletá voda, čelila hráz přetížení, se kterým ani nejodvážnější projektant nepočítal

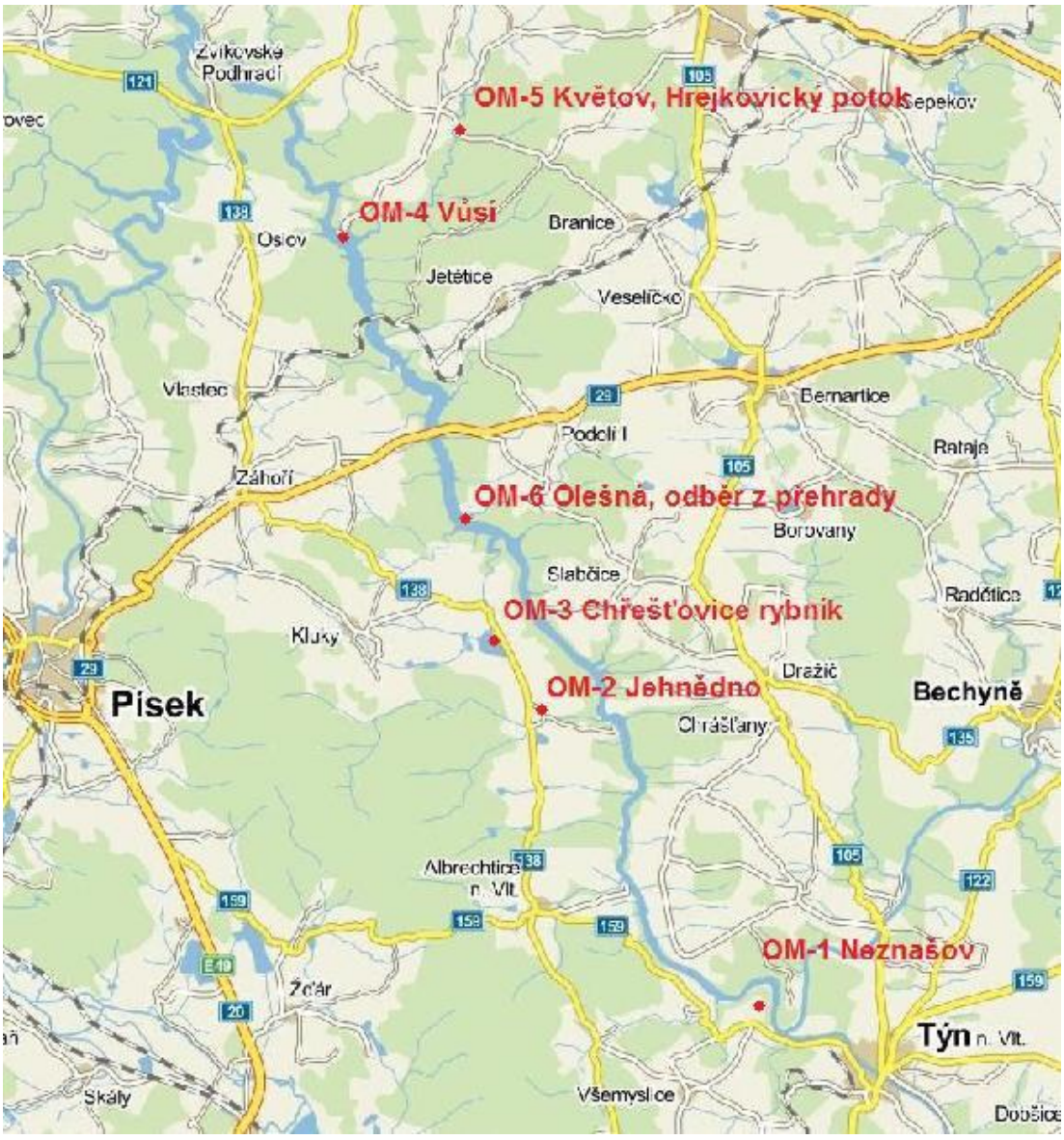
• přes přehradu Orlík měla jezdit nákladní doprava, která měla vozit písek na stavbu jaderné elektrárny Temelín (www.icpisek.cz).

5. Metodika

5.1 Odběry

V průběhu roku 2013 jsem prováděla odběry vod a analýzu vzorků, které byly prováděny v Laboratoři aplikované ekologie v Českých Budějovicích. Vzorky byly odebírány ve třech obdobích a to květen, srpen a říjen. Odběry byly prováděny na jednotlivých místech obrázek č. 2 a přímo také v údolní nádrži Orlík do litrových PET lahví. Lahve byly označeny dle míst odběrů. Vzorky se ihned po odběrech převezly do laboratoře, kde se před vlastní analýzou uchovávaly v chladu, aby se zabránilo biochemickým procesům.

Obrázek č. 2.: Mapa s vyznačením odběrových míst



(www.mapy.cz)

5.2 Analýza vzorků

Přímo v terénu byly měřeny parametry pH, vodivost, O_2 pomocí přístroje HACH HQ40d multi Fieid Case. V nefiltrovaném vzorku byla měřena vodivost a pH pomocí přístroje WTW Multi Lab, P4 720. Vzorek byl přefiltrován přes GF/C filtr o průměru 0,46µm. Anionty NO_3^- - N, PO_4^{3-} - P byly stanoveny pomocí metody průtokové injekční analýzy a využitím automatického analyzátoru FIAstar ^{MT} 5000 FIAstar ^{MT} 5012 (FOSS Analytical AB Sweden, 2008).

Data byla upravena v programu Microsoft Office Excel.

6. Výsledky

Byly hodnoceny kompletní parametry na horní uzávěře, dolní uzávěře, přítocích a přímo v nádrži Orlík, to vše ukazuje tabulka č. 2 viz. Přílohy.

Mezi hodnocenými parametry byly vodivost, pH, alkalita, kyslík, rozpuštěné látky, celkový uhlík, anorganický uhlík, celkový organický uhlík, celkový dusík, fosforečnany, dusičnany, amoniakální dusík.

Hodnota vodivosti se ve sledovaných obdobích pohybovala v rozmezí 175, 9 $\mu S.cm^{-1}$ až 661 $\mu S.cm^{-1}$. Hodnota dusičnanů oscilovala mezi 0,02 $mg.l^{-1}$ a 10,52 $mg.l^{-1}$. Fosforečnany se pohybovaly v rozmezí 1417,87 $\mu g.l^{-1}$ a 12,26 $\mu g.l^{-1}$.

pH se pohybovalo v rozmezí 6,88 až 8,89. Hodnoty NH_4 byly v rozmezí od 1,17 $\mu g.l^{-1}$ do 2018, 53 $\mu g.l^{-1}$.

Celkový uhlík se pohyboval v rozmezí 19,41 $mg.l^{-1}$ až 37,13 $mg.l^{-1}$, dále anorganický uhlík v rozmezí 8,9 $mg.l^{-1}$ až 29,49 $mg.l^{-1}$ a celkový organický uhlík v hodnotách 9,53 $mg.l^{-1}$ až 24,31 $mg.l^{-1}$. Celkový dusík se pohyboval od 1,01 $mg.l^{-1}$ do 15,22 $mg.l^{-1}$.

Hodnota O_2 kolísala během sledovaného období od 4,36 $mg.l^{-1}$ až 10,16 $mg.l^{-1}$. Nerozpuštěné látky v rozmezí od 0,003 $mg.l^{-1}$ do 0,055 $mg.l^{-1}$. Alkalita se pohybovala od 0,50 $mg.l^{-1}$ až 1,78 $mg.l^{-1}$.

6.1 Průměrné hodnoty vybraných parametrů horní, spodní uzávěry a nádrž

Průměrné hodnoty vybraných parametrů na horní a spodní uzávěře a nádrži ukazuje tabulka č. 3.

Tabulka č. 3. Průměrné hodnoty vybraných parametrů

odběrné místo	**pH**	**$KNK_{4,5}$ $mg.l^{-1}$**	**PO_4-P $\mu g.l^{-1}$**
Neznašov - horní uzávěra	7,47	0,73	**16,54**
Vůsí - dolní uzávěra	7,46	0,6	**38,76**
Olešná - odběr z přehrady	7,33	0,63	**43,39**

pH se pohybovalo v rozmezí od 7,33 do 7,47. Alkalita kolísala od 0,6 $mg.l^{-1}$ do 0,73 $mg.l^{-1}$.

Při srovnání hodnot na horní a dolní uzávěře a přímo v přehradě byl rozdíl v obsahu fosforečnanů. Tabulka č. 3 ukazuje, že na horní uzávěře jsou hodnoty fosforečnanů nižší než hodnota fosforečnanů na dolní uzávěře. Nejvyšší hodnoty jsou přímo v nádrži. Hodnoty se pohybovaly od 16,54 $\mu g.l^{-1}$ do 43,39 $\mu g.l^{-1}$.

6.2 Vybrané parametry a hodnoty v nádrži a na přítocích

Tabulka č. 4 ukazuje, hodnoty vybraných parametrů v nádrži a na přítocích.

Při srovnání parametru fosforečnany v nádrži a na přítocích dochází k nejvyšším hodnotám u odběrného místa Květov – Hrejkovický potok, kde se hodnoty pohybují od 69,21 $\mu g.l^{-1}$ až 1417,87 $\mu g.l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla měřena v druhé polovině srpna - v plné sezóně. Nejnižší hodnota byla měřena v polovině května – začátek sezóny

Dalším parametrem byly dusičnany, kde docházelo k nejvyšším hodnotám u odběrného místa Květov – Hrejkovický potok. Hodnoty kolísaly od 3,42 $mg.l^{-1}$ do 10,52 $mg.l^{-1}$. Nejvyšší hodnota byla naměřena v druhé polovině srpna – plná sezóna a nejnižší v polovině května – začátek sezóny.

Celkově nejnižší obsah dusičnanů měřený za tři období byl v Chřešťovickém rybníce, kde se hodnoty pohybovaly od 0,02 $mg.l^{-1}$ do 0,36 $mg.l^{-1}$.

Tabulka č. 4. Vybrané parametry a hodnoty v nádrži a na přítocích

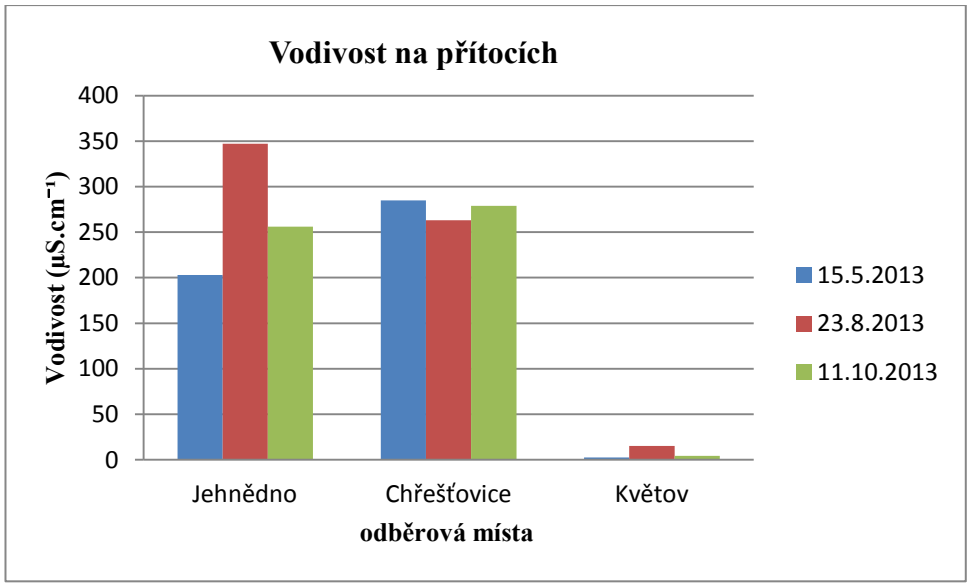
odběrné místo	**PO_4-P / $\mu g.l^{-1}$**			**NO_3-N / $mg.l^{-1}$**		
	15.5.2013	**23.8.2013**	**11.10.2013**	**15.5.2013**	**23.8.2013**	**11.10.2013**
Jehnědno	109,35	52,83	39,11	0,85	0,74	1,11
Chřešťovice rybník	19,14	15,06	29,76	**0,36**	**0,02**	0,04
Květov Hrejkovický potok	**69,21**	**1417,87**	**128,02**	**3,42**	**10,52**	**5,15**
Olešná odběr přehrada	90,37	14,13	25,69	1,48	0,81	1,41

6.3 Grafické znázornění parametrů na přítocích

Průběh vodivosti na přítocích ukazuje graf č. 1. Vodivost na přítocích kolísala od 2,75 $\mu S.cm^{-1}$ do 347 $\mu S.cm^{-1}$. Na přítocích Jehnědno a Chřešťovice rybník byly hodnoty vodivosti několikanásobně větší než na přítoku Květov – Hrejkovický potok.

K nejvýraznější hodnotě došlo u přítoku Jehnědno v hlavní sezóně, kde hodnoty dosahovaly 347 $\mu S.cm^{-1}$.

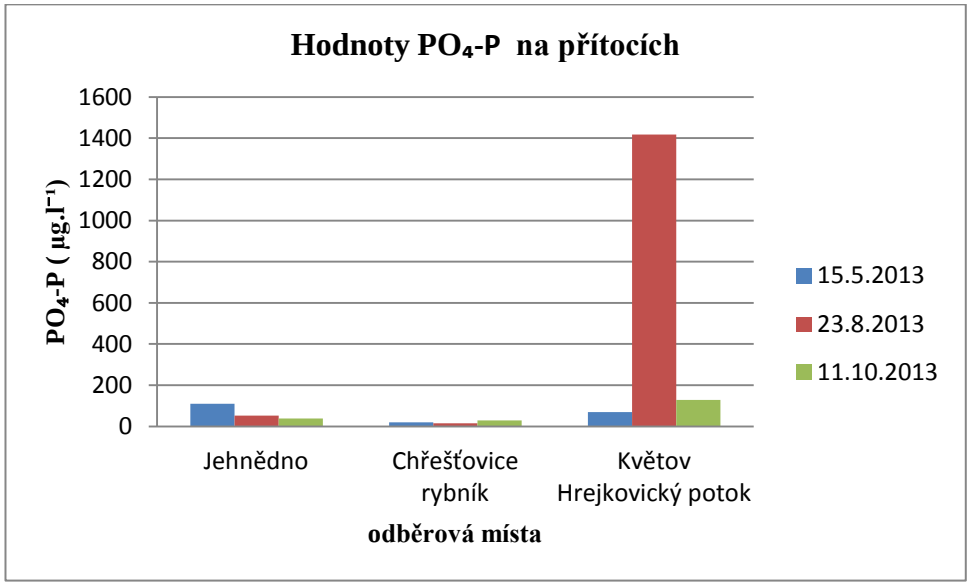
Graf. č. 1: Hodnoty vodivosti na přítocích



Průběh fosforečnanů na přítocích zobrazuje graf. č. 2. Hodnota fosforečnanů kolísala mezi 39,11 $\mu g.l^{-1}$ až 1417,87 $\mu g.l^{-1}$.

K výraznému výkyvu hodnot došlo na přítoku Květov – Hrejkovický potok, kde hodnoty naměřené v hlavní sezóně dosahovaly 1417,87 $\mu g.l^{-1}$. Nejnižší hodnoty se vyskytovaly na přítoku Chřešťovice rybník.

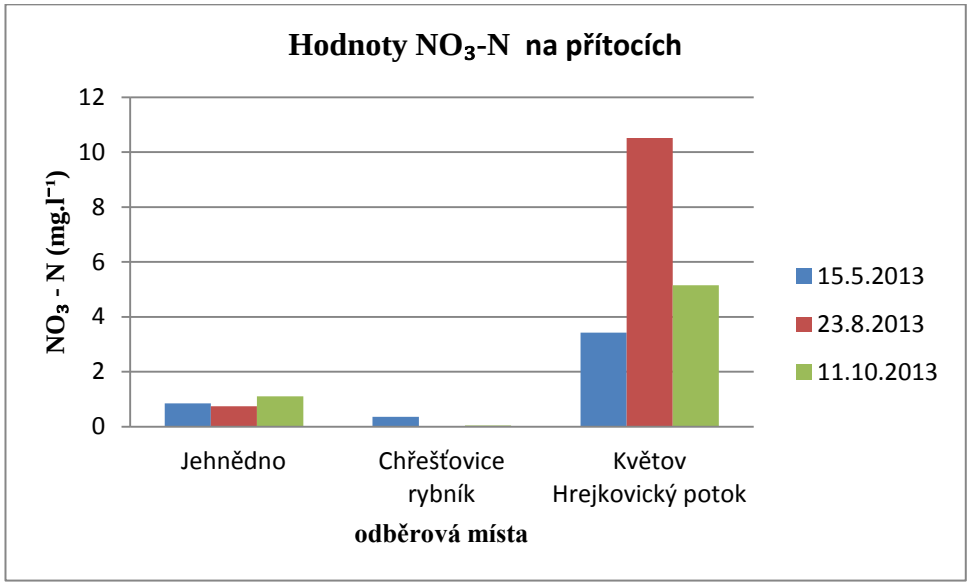
Graf. č. 2: Hodnoty fosforečnanů na přítocích



Hodnoty dusičnanů zobrazuje graf č. 3. Hodnoty oscilovaly mezi 0,02 mg.l^{-1} až 10,52 mg.l^{-1}. K výraznému výkyvu došlo na přítoku Květov – Hrejkovický potok v hlavní sezóně, kde hodnoty dosahovaly 10,52 mg.l^{-1}.

Nejnižších hodnot dosahoval přítok Chřešťovice rybník během všech třech odběrů.

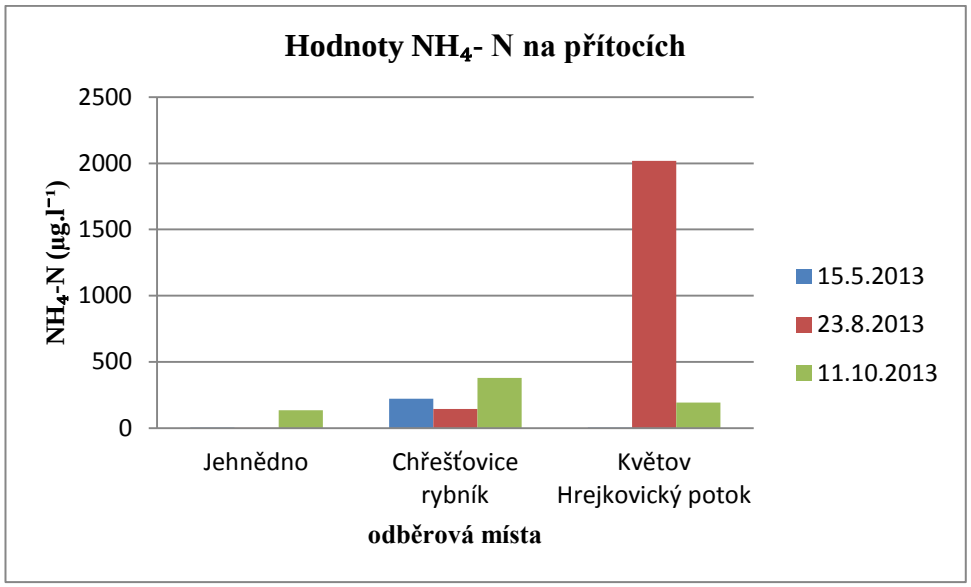
Graf. č. 3: Hodnoty dusičnanů na přítocích



Průběh hodnot NH_4 na přítocích ukazuje graf č. 4. Hodnoty byly v rozmezí od 1,17 $\mu g.l^{-1}$ až 2018,53 $\mu g.l^{-1}$.

Největší rozdíl hodnot byl na přítoku Květov – Hrejkovický potok, kde hodnoty v hlavní sezóně dosahovaly 2018,53 $\mu g.l^{-1}$. Celkově nejnižší hodnoty byly na přítoku Jehnědno 1,17 $\mu g.l^{-1}$.

Graf. č. 4: Hodnoty NH_4 - N na přítocích

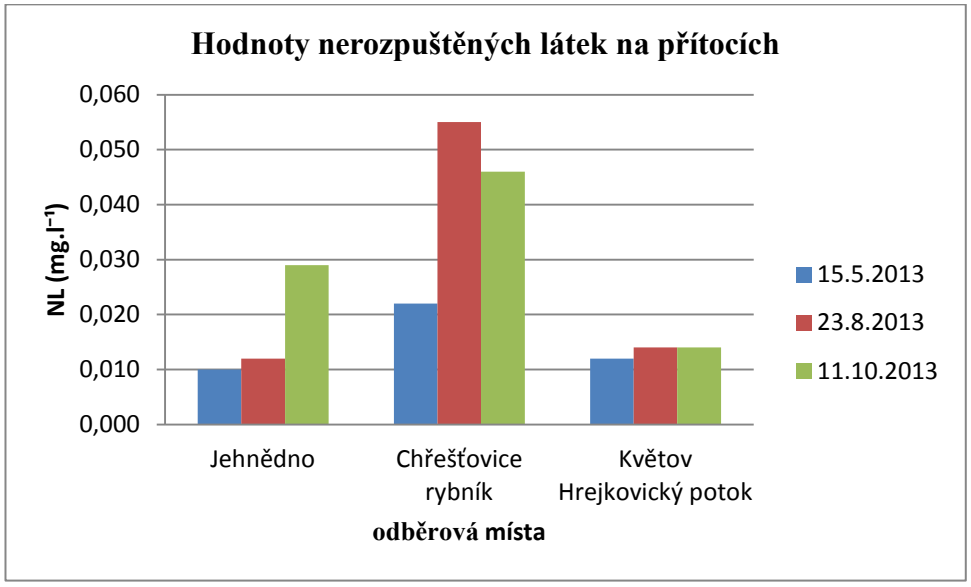


Průběh hodnot nerozpuštěných látek na přítocích ukazuje graf č. 5, hodnoty se zde pohybovaly od 0,010 $mg.l^{-1}$ do 0,055 $mg.l^{-1}$.

Nejvyšších hodnot bylo naměřeno na přítoku Chřešťovice rybník a to v hlavní sezóně a zároveň na konci sezóny.

Nejvíce vyrovnaný poměr hodnot dosáhl přítok Květov – Hrejkovický potok během všech třech odběrů. Nejnižší hodnota byla naměřena na přítoku Jehnědno a to na začátku sezóny 0,010 $mg.l^{-1}$.

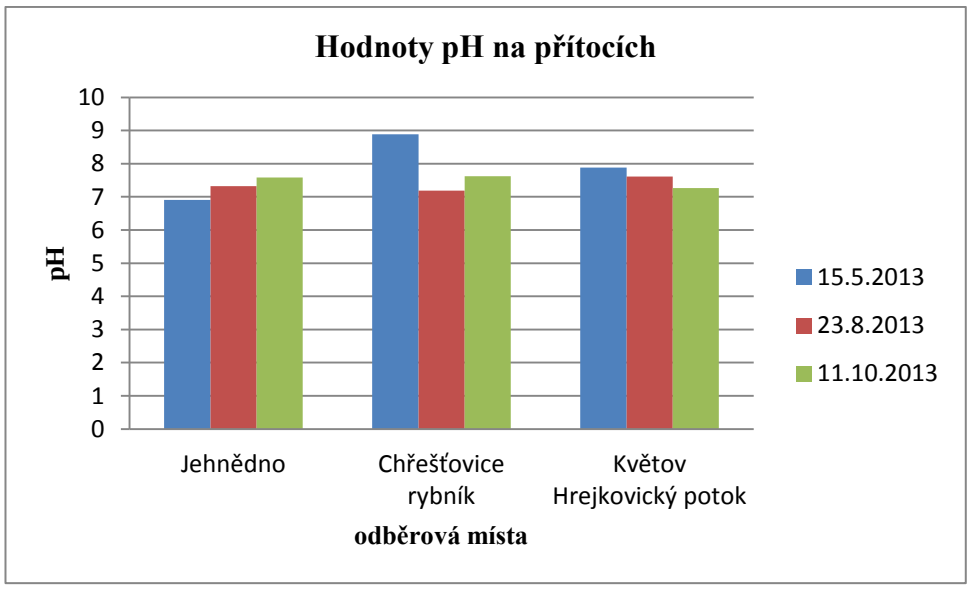
Graf. č. 5: Hodnoty nerozpuštěných látek na přítocích



Průběh hodnot pH ukazuje graf č. 6. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 6,91 do 8,89.

Nejvyšší hodnota pH byla naměřena na přítoku Chřešťovice rybník na začátku sezóny. Celkově byly hodnoty pH vyrovnané během všech třech měřených období.

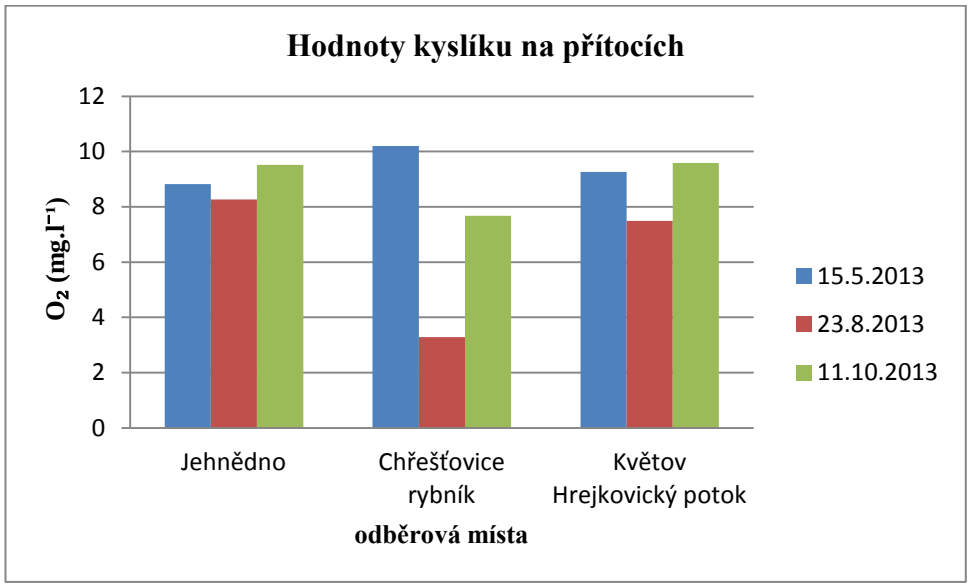
Graf č. 6: Hodnoty pH na přítocích



Hodnoty kyslíku ukazuje graf č. 7. Hodnoty se pohybovaly od 3,28 $mg.l^{-1}$ až 10,2 $mg.l^{-1}$. K největšímu kolísání hodnot došlo na přítoku Chřešťovice rybník, kde se během třech období odběru hodnota kyslíku pohybovala od 3,28 $mg.l^{-1}$ až 10,2 $mg.l^{-1}$.

Nejvíce vyrovnaných hodnot kyslíku dosahoval přítok Jehnědno. Nejnižší hodnoty kyslíku byly naměřeny v hlavní sezóně na všech třech přítocích.

Graf. č. 7: Hodnoty kyslíku na přítocích

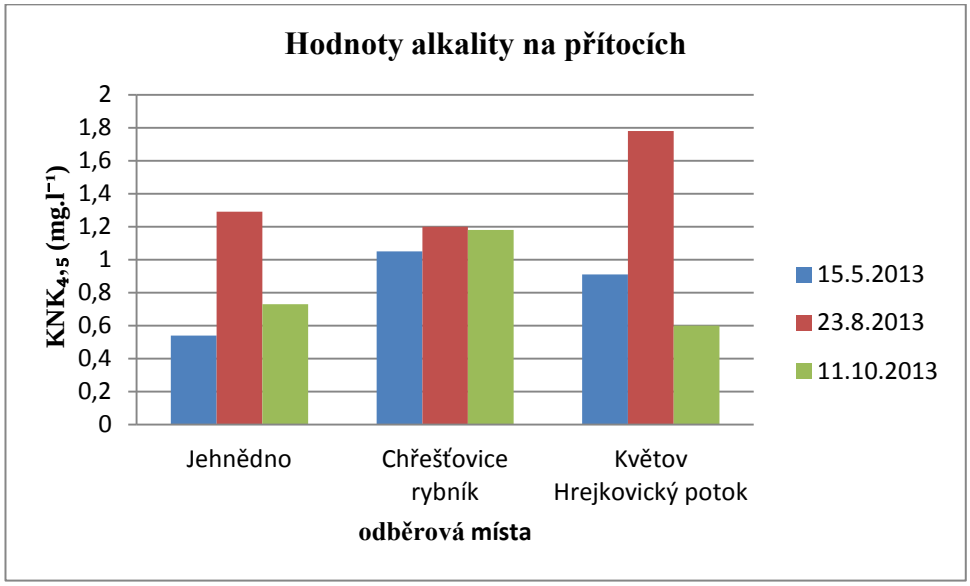


Alkalita se pohybovala v rozmezí hodnot 0,54 $mg.l^{-1}$ až 1,78 $mg.l^{-1}$. Hodnoty ukazuje graf č. 8.

Největších hodnot bylo dosahováno vždy v hlavní sezóně, nejvíce pak na přítoku Květov – Hrejkovický potok. Nejvyrovnanější hodnoty byly na přítoku Chřešťovice rybník ve všech třech měřených obdobích.

Největší kolísání bylo zjištěno u přítoku Květov – Hrejkovický potok, kde nejnižší hodnota byla 0,6 $mg.l^{-1}$ a nejvyšší 1,78 $mg.l^{-1}$.

Graf. č. 8: Hodnoty alkality na přítocích



6.4 Vybrané parametry odběrového místa Olešná

Tabulka č. 5 ukazuje vybrané parametry a hodnoty měřené v průběhu třech období na odběrovém místě Olešná.

Hodnoty vodivosti zobrazuje graf č. 9, kde hodnoty byly v rozmezí 175,9 $\mu S.cm^{-1}$ až 206,1 $\mu S.cm^{-1}$. pH bylo ve všech třech měřených období s nepatrným rozdílem. Hodnota O_2 byla nejvyšší na začátku sezóny a to 9,5 $mg.l^{-1}$.

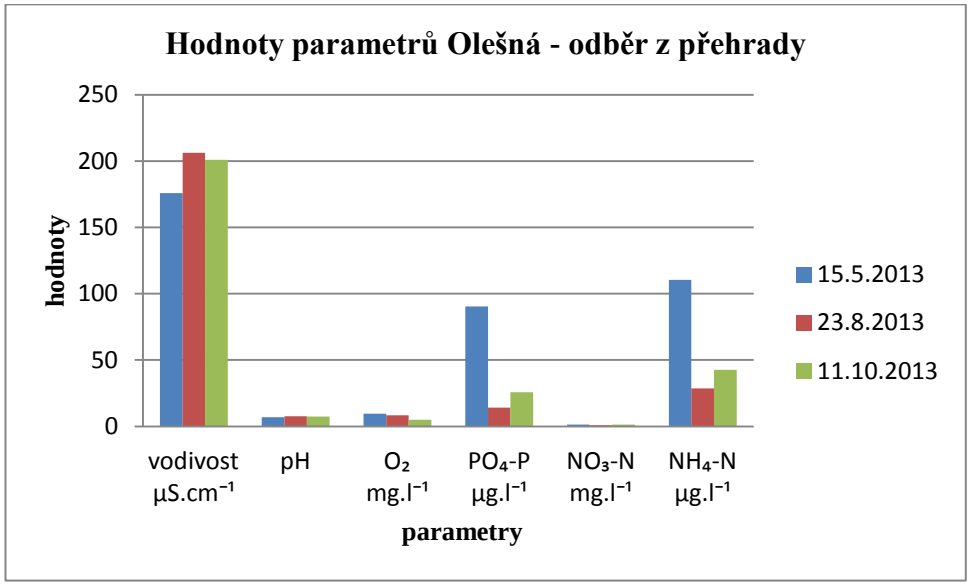
Grafu č. 9 ukazuje, že došlo k největším výkyvu u fosforečnanů, kde největší hodnota byla naměřena na začátku sezóny a to 90,37 $\mu g.l^{-1}$, nejnižší byla v hlavní sezóně 14,13 $\mu g.l^{-1}$. U dusičnanů nedocházelo k velkým rozdílům hodnot, pohybovaly se od 0,82 $mg.l^{-1}$ do 1,48 $mg.l^{-1}$.

K dalším větším rozdílům, které zobrazuje graf č. 9 došlo u hodnoty NH_4, kde nejvyšší hodnota byla naměřena na začátku sezóny 110,34 $\mu g.l^{-1}$ a nejnižší v hlavní sezóně 28,66 $\mu g.l^{-1}$.

Tabulka č. 5 Vybrané parametry odběrového místa Olešná

	vodivost $\mu S.cm^{-1}$	pH	O $mg.l^{-1}$	PO -P $\mu g.l^{-1}$	NO -N $mg.l^{-1}$	NH -N $\mu g.l^{-1}$
15.5.2013	175,9	6,88	9,5	90,37	1,48	110,34
23.8.2013	206,1	7,72	8,49	14,13	0,82	28,66
11.10.2013	201	7,38	4,97	25,69	1,41	42,68

Graf č. 9: Hodnoty vybraných parametrů Olešná – odběr z přehrady



7. Diskuse

Vlivem změn využívání krajiny dochází k významnému ovlivnění oběhu vody (Sklenička, 2003). Čistotu a jakost povrchových vod je možno chránit a zlepšovat různými způsoby, jejichž prospěšná účinnost se zejména projeví, jsou-li použity ve vzájemném souboru a návaznosti (Jůva, 1997).

Kvítek (2005) uvádí, že nádrže trpí částečně přírůstky sedimentů z povodí. U vtoku se vytváří typické sedimentační kužele. Fosfor, jako zásadní prvek eutrofizace vodních nádrží, je vázán v sedimentech ve formě nerozpustných železitých solí. Fosfor se může do vody dostávat ze sedimentu, takové uvolňování může probíhat i několik let. Tato skutečnost poukazuje na to, jak je opodstatněné ošetřování sedimentů (odbahňování, provzdušňování hypolimnia...). Voda přitékající z přilehlých povodí má zpravidla vždy nadbytek živin, které jsou příčinou zvýšení intenzity růstu vodních rostlin. Podle Pittra (1990) je velmi důležitá vertikální stratifikace sloučenin fosforu. Velké koncentrace fosforu se nacházejí u dna, kde dochází k rozkladu biomasy a k uvolňování fosforu ze sedimentu. Z průzkumu koncentrací celkového a fosforečnanového fosforu ve vodní nádrži Orlík měřených ve dvouletém období 2006-2007 přímo u hráze vyplývá, že je zde kvalita vody relativně dobrá (Duras, 2008). Hejzlar et al. (2008) říká, že odpověď na otázku jak snížit přísun P do vodní nádrže Orlík, naznačují zjištění látkové bilance. Studie v letech 2001, 2003 a 2004 ukazuje, že podíl bodových zdrojů P činil 55-83%. Podle Durase (2013) platí obecně pro naše vodárenské a rekreační nádrže, že potřebná koncentrace celkového P na přítocích by se měla pohybovat od 0,04 $mg.l^{-1}$ u průtočných až po 0,08 $mg.l^{-1}$ u těch s velmi dlouhou dobou zdržení vody. Pro Orlík byla vypočtena žádoucí koncentrace P na všech přítocích blízko 0,06 $mg.l^{-1}$, tedy velmi nízká. Z těchto informací vyplývá, že bodové zdroje znečištění přispívají rozhodujícím podílem k zatížení nádrže Orlík fosforem. Z vlastního měření byly zjištěny koncentrace fosforečnanů uvnitř nádrže v rozmezí od 14 až 90 $\mu g.l^{-1}$, na přítocích v rozmezí od 15 až 1417 $\mu g.l^{-1}1$, na horní uzávěře od 12 až 19 $\mu g.l^{-1}$ a dolní uzávěře 15 až 84 $\mu g.l^{-1}$. Získané výsledky ukazují, že znečištění vody uvnitř nádrže, nepochází z širšího povodí, ale zdrojem znečištění je buď dlouhodobě uložený fosfor v sedimentu nádrže, nebo vyšší koncentrace pocházející z blízké okolní krajiny.

Výsledky měření koncentrací P na přítocích ukázaly, že nejvyšších hodnot fosforečnanů dosahoval přítok Květov – Hrejkovický potok 1417,87μg.l^{-1} a nejnižších hodnot dosahoval přítok Chřešťovice rybník. Z monitoringu hlavních přítoků do vodní nádrže Švihov byly průměrné koncentrace fosforečnanů sledovaných v období 2001-2005 v rozmezí 0,028 – 0,174 mg.l^{-1} a průměrné koncentrace dusičnanů ve stejném období v rozmezí 5,17 – 9,01 mg.l^{-1}. Z výsledků monitorování vodní nádrže Švihov vyplývá, že znečištění pochází ze zemědělských pozemků, ze splaškových vod z drenážního odtoku z odvodněných orných půd a z bodových zdrojů (Pečenka, 2007).

Podle Durase (2012) rybník Rožmberk byl běžným monitoringem odhalen jako obrovský zdroj P v povodí nádrže Orlík. Podrobným, sledováním v roce 2010 ale bylo zjištěno, že rybářské hospodaření tvoří jen nepatrnou část jeho fosforové bilance. Svoboda (1990) uvádí, že v rybnících při zadržení silného organického znečištění dochází ke zlepšení kvality vody na odtoku oproti přítoku. Dle Beránkové (2011), která uvádí zjištěné opatření ke snížení fosforu v povodí Long Creek v North Carolin, USA , je to, že zde dochází hlavně k významné změně ve využívání půdy – snížení orné půdy. Z vlastních měření, která ukazují možnou příčinu vyšších koncentrací fosforu v Orlíku z okolní zemědělské krajiny, je snížení rozlohy intenzivně obdělávané orné půdy jednou z cest snížení eutrofního zatížení nádrže.

Koncentrace dusičnanů přímo v nádrži se pohybovaly v hodnotách 0,82 až 1,48 mg.l^{-1}. Dusičnanové znečištění vody v nádrži pochází z velké části ze zemědělských zdrojů. Plošný monitoring povodí nádrže Švihov potvrdil všeobecně známý jev, že u pozemků s vysokou přirozenou drenážní schopností (tzv. lehké půdy) a zejména pak u pozemků odvodněných systematickou trubkovou drenáží dochází k mineralizaci dusíkatých látek a k následnému vyluhování a vyplavování dusičnanů do potoků jako recipientů podpovrchových vod (Heinz, 2003). Hodnoty dusičnanů na přítocích se pohybovaly v rozmezí 0,02 mg.l^{-1} u přítoku Chřešťovice rybník až do 10,52 mg.l^{-1} Květov – Hrejkovický potok. Podle Kvítka (2005) ke snižování dusičnanů ve vodách přichází v úvahu buď řízené procesy nitrifikace a denitrifikace, používané v technologii úpravy vody, nebo procesy používané v biologickém čištění vod, další možností je retenční schopnost krajiny.

Na základě výsledků rozborů vody bylo zjištěno, že největší koncentrace fosforečnanů a dusičnanů způsobující eutrofizaci vod jsou na přítoku Květov – Hrejkovický potok. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v hlavní sezóně – druhá polovina srpna. Hrejkovický potok se nachází v oblasti, kterou obklopuje půda obhospodařována zemědělci a také v zalesněné oblasti. Lze konstatovat, že vyšší koncentrace P a N mohly být zapříčiněny tím, že zemědělci již měli touto dobou sklizená pole. Důsledkem toho jsou povrchové splachy ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků kolem Hrejkovického potoka a větší přísun těchto živin do vody. To pak může vést ke snížení kvality ve vodních tocích – eutrofizace. Další výsledky ukazují, že na přítoku Chřešťovice rybník se celkově koncentrace fosforečnanů a dusičnanů pohybovaly v nízkých hodnotách. Na základě výsledků lze konstatovat, že v rybníce dochází k homogenizaci vody a tím pak odchází voda s nižšími koncentracemi živin. Z výsledků je patrné, že rybníky plní funkci živinového sinku (propadu).

Možný způsob jak lze snížit vysoké koncentrace na přítoku je zařazení malých nádrží, ve kterých dochází prostřednictvím trofických procesů uvnitř nádrže ke snížení koncentrací P a N na výtoku z nádrže (rybníka).

8. Závěr

Tato práce se zabývala problematikou eutrofizace údolní nádrže Orlík. Důvodem k vypracování této bakalářské práce bylo zhoršená kvalita vody, především výskyt vodního květu. Cílem práce bylo sledování měnícího se stavu kvality vody údolní nádrže Orlík a jejích přítoků v průběhu sezóny. Proto se v rámci práce odebíraly a analyzovaly vzorky vody. Stanovovaly se hodnoty hlavních chemicko-fyzikálních parametrů povrchových vod a zjišťovaly se případné zdroje eutrofního zatížení údolní nádrže Orlík.

Z uvedených výsledků lze říci, že hlavním zdrojem znečištění údolní nádrže Orlík je fosfor pocházející buď ze sedimentu uloženého v nádrži, nebo pocházející z blízké okolní krajiny.

Z hlediska zlepšení kvality vod ve vodárenských i rekreačních nádržích je hledání způsobu, jak snížit přísun fosforu do těchto nádrží. Hledání zdrojů znečištění především bodových. Důležité je zajistit přirozené samočištění vod, upravovat srážkový odtok, aby nebyl znečišťován povrchovými smyvy a výluhy, očišťovat odpadní vody, vypouštěné z měst, obcí, z průmyslu, a zemědělství. Upravovat toky a chránit vodní nádrže.

Lze konstatovat, že výrazné znečištění povrchových vodních toků dusičnany a fosforem pochází převážně z komunálních zdrojů a ze zemědělství. Zvýšené koncentrace fosforu na přítoku jsou pravděpodobně dány kombinací alochtonního znečištění, které je způsobeno smyvy ze zemědělské půdy (eroze zemědělské půdy). Možná opatření vedoucí ke zlepšení kvality vody vodní nádrže Orlík spočívají ve změně využívání zemědělské půdy a zařazování homogenizačních nádrží jako součást přítoků vodní nádrže.

9. Literatura

BERÁNKOVÁ T., VOGEL R. M., FIALA D., ROSENDORF P., (2010): Estimation of phosphorus loads with sparse data for agricultural watersheds in the Czech Republic. Hydrological Science Journal 55 (8). Managing non-point source phosphorus - a literature review. Journal of Landscape studies 2011., 45-57

CACÁK F., KOUBA J. (2008): Jak vzniklo a co skrylo Orlické jezero. 384 s.

ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod
ČSN 75 0101 – Vodní hospodářství – Základní terminologie

DURAS J., POTUŽÁK J., (2008): Monitoring kvality vody nádrže Orlík a vodních toků v jejím povodí, nejdůležitější výsledky – Sborník semináře Revitalizace orlické přehrady.

DURAS J., POTUŽÁK J., (2012): Látková bilance fosforu v produkčních rybnících. Vodní hospodářství 62 (6), 210-216

DURAS J., POTUŽÁK J., (2013): Rybník jako účinný nástroj pro snižování živinového zatížení povodí. Sborník konferencí, Vodárenská biologie

FORMA R. T., (1993): Krajinná ekologie. Praha, Academia, 583 s.

GRAY N., (1994): Drinking water quality: problems and solutions. New York: Wiley, 315 p.

HEINZ I., ZABEL T., (2003). Governance of water-related conflicts of agriculture. Praha, Sborník mezinárodního semináře „Voda v krajině“. Kluwer Acad. Publ.

HEJZLAR J., et al. (2008): Fosfor jako hlavní příčina současného nepříznivého stavu eutrofizace a jakosti vody v nádrži Orlík - Sborník semináře Revitalizace orlické přehrady.

HETEŠA J., KOČKOVÁ E. (1997): Hydrochemie. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 95 s.

JŮVA K., (1977): Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší. Praha, Stání zemědělské nakladatelství, 180 s.

KALAVSKÁ D., (1989): Analýza vôd. Bratislava, Alfa, 264 s.

KOČÍ V., BURKHAR J., **MARŠÁLEK B**., (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí. Praha, VŠCHT, pp 3-13

KVÍTEK T., GERGEL J. a KVÍTKOVÁ G. (2005): Využití a ochrana vodních zdrojů. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 169 s.

LEWIS W. M., (1984): Eutrophication and land use, Lake Dillon, Colorado, New York: Springer-Verlag, 202 p.

MANAHAN S. E. (2010): Environmental chemismy. Boca Raton, 811 s.

PEČENKA M., HOLAS J., WANNER J., VOJTĚCHOVSKÝ R., (2007): Zhodnocení zátěže povodí vodárenské nádrže Švihov nutriety. Praha, VŠCHT, 53 s.

PITTER P., (1999): Hydrochemie. Praha, VŠCHT, 568 s.

PITTER P., (2009): Hydrochemie. Praha, VŠCHT, 579 s.

SCHLESINGER W. H., (1997): Biogeochemistry: an analysis of global change. San Diego, Calif., Academic Press, 588 p.

SKLENIČKA P., (2003): Základy krajinného plánování. Praha, Skleničková N., 321s.

STRNADOVÁ N., (1995):. Technologie vody I. Praha, Vydavatelství VŠCHT, 226 s.

SVOBODA M., KOUBEK P., (1990): Stabilization systém for waste water treatment and use. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 18 (1), 71-80

TLAPÁK V., (1992): Voda v zemědělské krajině. Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda, 318 s.

Zákon 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon)

Infocentrum Písek: staženo z http://www.icpisek.cz/php/katalog/

Rozvoj destinace Písecka o.s - RODEPI.: staženo z http://www.pisecko.net/zajimavosti-pisecka/orlicka-prehrada

Mapový prohlížeč: staženo z http://www.mapy.cz

Povodí Vltava s. p. : staženo z http://www.pvl.cz

Vodní nádrž Orlík - foto : staženo z http://www.google.cz

10. Přílohy

Tabulka č. 2: Celkové výsledky

Obr. č. 2: Odběrové místo Neznašov - horní uzávěra

Obr. č. 3: Odběrové místo Jehnědno

Obr. č. 4: Odběrové místo Chřešťovice – rybník

Obr. č. 5: Odběrové místo Vůsí – dolní uzávěra

Obr. č. 6: Odběrové místo Květov – Hrejkovický potok

Obr. č. 7: Odběrové místo Olešná - odběr z přehrady

Tabulka č. 2. Celkové výsledky

	vodivost / µS.cm ¹			pH			KNK , / mg.l ¹			O /mg.l⁻¹		
číslo OM	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013
1	192,3	182	204,9	6,92	7,36	8,12	0,68	0,96	0,54	8,04	6,9	10,16
2	203	347	256	6,91	7,32	7,58	0,54	1,29	0,73	8,82	8,27	9,52
3	285	263	279	8,89	7,19	7,62	1,05	1,20	1,18	10,2	3,28	7,68
4	179,8	200,5	196,4	8,15	7,04	7,2	0,50	0,60	0,70	11	4,36	4,76
5	324	661	354	7,88	7,61	7,26	0,91	1,78	0,60	9,26	7,49	9,59
6	175,9	206,1	201	6,88	7,72	7,38	0,50	0,82	0,56	9,5	8,49	4,97

	NL /mg.l⁻¹			TC / mg.l⁻¹			IC / mg.l⁻¹			TOC / mg.l⁻¹		
číslo OM	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013
1	0,016	0,023	0,005	19,41	20,66	23,91	9,81	9,87	12,71	9,60	10,79	11,2
2	0,010	0,012	0,029	31,88	33,47	30,11	7,57	20,22	13,47	24,31	13,25	16,64
3	0,022	0,055	0,046	29,66	36,8	36,54	17,55	21,27	21,99	12,11	15,53	14,55
4	0,005	0,004	0,003	19,65	23,73	22,19	8,9	12,46	11,64	10,75	11,27	10,55
5	0,012	0,014	0,014	28,24	37,13	31,48	15,85	29,49	17,01	12,39	7,64	14,47
6	0,004	0,008	0,002	21,49	22,39	21,96	9,49	12,86	11,93	12	9,53	10,03

	TN / mg.l⁻¹			PO -P / µg.l ¹			NH -N / µg.l⁻¹			NO -N / mg.l⁻¹		
číslo OM	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013	15.5.2013	23.8.2013	11.10.2013
1	1,71	1,17	1,46	12,26	17,36	19,99	67,72	69,87	210,49	1,45	0,94	0,84
2	1,02	1,17	1,65	109,35	52,83	39,11	3,29	1,17	133,84	0,85	0,74	1,11
3	1,53	1,49	1,57	19,14	15,06	29,76	221,93	144,11	379,25	0,36	0,02	0,04
4	1,62	1,54	1,53	84,33	15,82	16,13	5,72	160,19	30,69	1,78	0,85	1,39
5	2,75	15,22	4,48	69,21	1417,87	128,02	3,47	2018,53	191,49	3,42	10,52	5,15
6	1,84	1,01	1,4	90,37	14,13	25,69	110,34	28,66	42,68	1,48	0,81	1,41

1. Neznašov - horní uzávěra, 2. Jehnědno, 3. Chřešťovice - rybník, 4.Vůsí - dolní uzávěra, 5. Květov - Hrejkovický potok, 6. Olešná - odběr z přehrady

Obr. č. 2.: Odběrové místo Neznašov - horní uzávěra

(foto: Kamila Zelenková)

Obr. č. 3.: Odběrové místo Jehnědno

(foto: Kamila Zelenková)

Obr. č. 4.: Odběrové místo Chřešťovice – rybník

(foto: Kamila Zelenková)

Obr. č. 5.: Odběrové místo Vůsí – dolní uzávěra

(foto: Kamila Zelenková)

Obr. č. 6.: Odběrné místo Květov – Hrejkovický potok

(foto: Kamila Zelenková)

Obr. č. 7.: Odběrné místo Olešná – odběr z přehrady

(foto: Kamila Zelenková)