



FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

Zdroje živin v povodí VN Žlutice

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.
Diplomant: Bc. Kateřina Jelínková

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jelínková Kateřina

Regionální environmentální správa - kombinované Praha

Název práce

Zdroje živin v povodí vodárenské nádrže Žlutice

Anglický název

Sources of nutrients in the Žlutice Reservoir catchment

Cíle práce

1. Charakterizovat povodí vodárenské nádrže (VN) Žlutice na Střele.
2. Provést rozbor jakosti vody běžně nevízkovaných vodotečí v povodí VN Žlutice
3. Provést monitoring bodových zdrojů fosforu v povodí VN Žlutice
4. Vyhodnotit zdroje fosforu z hlediska eutrofizace
5. Doporučit možnosti snížení emisí fosforu do povrchových vod v povodí VN Žlutice

Metodika

Práce je založena na sběru dostupných dat a terénním průzkumu povodí, který bude doplněn rozboru jakosti vody v tocích, které nejsou běžně sledovány a sledováním bodových zdrojů v povodí nádrže. Dostupná data budou kombinována s vlastními výsledky a na základě analýzy dostupných informací bude provedeno vyhodnocení zdrojů znečištění v povodí s cílem omezit přísun živin do nádrže.

Harmonogram zpracování

březen - říjen 2013: terénní průzkum

červen - prosinec 2013: vyhodnocení získaných výsledků

leden - březen 2014: sepsání práce

Rozsah textové části

60 stran včetně příloh

Klíčová slova

živiny, fosfor, vodárenská nádrž, eutrofizace

Doporučené zdroje informací

Maršálek B., Keršner V., Marvan P. (eds.) (1996). Vodní květy sinic, *Nadatio flos – aquae*, Brno.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb a 23/2011 Sb.

Chudoba J, Dohányos M. a Wanner J. (1991). Biologické čištění odpadních vod, SNTL, Praha.

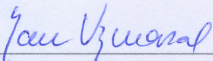
Štěpánek, M., Červenka, R. (1974): Problémy eutrofizace v praxi. Avicenum Zdravotnické nakladatelství, Praha.

Vedoucí práce

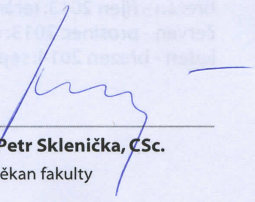
Vymazal Jan, prof. Ing., CSc.

Konzultant práce

RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.


prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.
Vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan fakulty

V Praze dne 19.11.2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, na základě literatury a pramenů uvedených v seznamu použité literatury, pod vedením vedoucího práce prof. Ing. Jana Vymazala, CSc. a s přispěním konzultanta RNDr. Jindřicha Durase Ph.D.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla zejména poděkovat svému vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Janovi Vymazalovi, CSc. za jeho podporu při vedení diplomové práce. RNDr. Jindřichovi Durasovi, Ph.D. – svému konzultantovi za trpělivost, rady, inspiraci a diskuze při vypracování této diplomové práce. Mgr. Pavlu Veverkovi za mnoho cenných rad. V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodině, zejména svému otci, a přátelům za morální podporu při studiu.

ABSTRAKT

Ve své diplomové práci na téma „Zdroje živin v povodí VN Žlutice“, která je situována na horním toku řeky Střely na Karlovarsku, jsem shrnula dosavadní poznatky k řešenému problému zdroje živin a projevům eutrofizace v tomto povodí. V rámci monitoringu bylo během tří vzorkovacích akcí sledováno celkem 7 standardních a 12 nově zvolených profilů. Z výsledků byla zjištěna pozitivní závislost specifického odnosu P na hustotě obyvatelstva a zároveň potvrzeny výsledky předešlých monitoringů, které za dominantní zdroje P stanovily čtyři největší sídla. Ty jsou sice vybavena ČOV s technologií na srážení P, přesto jejich podíl na vstupu této živiny do vodního toku je poměrně vysoký. Z této závislosti vybočovaly mikropovodí s rybníky, které účinně zadržovaly P a mikropovodí s drobnými sídly, která neležela přímo na vodním toku a vstup P do toku zde nebyl zaznamenán. V případě vstupu N-NO₃ lze obecně konstatovat, že tyto emise nepředstavují riziko pro jakost vody VN Žlutice. Proto není v tomto směru nutné přijímat žádná opatření. Je však zřejmé, že živiny, dostávající se do povrchových vod, jsou jak důsledkem neekologického a nešetrného hospodaření zemědělců, tak i neúspěšný boj rybníků, potýkajících se s erozními usazeninami.

Klíčová slova: živiny, fosfor, vodárenská nádrž, rybníky, eutrofizace.

ABSTRACT

In my dissertation „Sources of nutrients in the Žlutice Reservoir catchment“, which is situated on the upper reaches of river Střela, Karlovy Vary region, I have summarized present knowledge on the sources of nutrients and connected eutrophication of the catchment. During the monitoring, 3 sampling campaigns have been carried out at 19 monitoring sites. The results revealed a close relationship between population density and specific phosphorus runoff. At the same time, the results confirmed previously reported facts that the major sources of phosphorus are four largest municipalities. Although they are equipped with wastewater treatment plants with phosphorus precipitation, their contribution to overall P concentration in

the watercourse is relatively high. Small watersheds with fishponds did not contribute substantially to the phosphorus load in the watercourse due to effective P retention. Also, small watersheds with settlements located further from the stream did not contribute to the P load substantially. The N-NO₃ does not represent a threat for Žlutice Reservoir water quality and, therefore, no special arrangements are needed. The elevated concentrations of nutrients in the Žlutice Reservoir are the result of both incomplete wastewater treatment and runoff from agricultural land.

Keyword: nutrients, phosphorus, wastewater treatment plants, fishponds, eutrophication

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	10
3. REŠERŠE.....	11
3. 1. Eutrofizace	11
3. 2. Projev eutrofizace ve vodních nádržích	12
3. 3. Vztah přísunu fosforu a úrovně eutrofizace	13
3. 4. Zdroje fosforu	13
3. 5. Opatření proti eutrofizaci a jejím projevům.....	14
3. 6. VN Žlutice z pohledu eutrofizace	15
4. METODIKA	17
4. 1. Odběrné profily	17
4. 2. Odběry vzorků.....	21
5. CHARAKTERISTIKA POVODÍ	25
5. 1. Geomorfologické členění a krajinný ráz	25
5. 2. Geologie	26
5. 3. Pedologie.....	26
5. 4. Hydrologie	29
5. 5. Klimatologie.....	31
5. 6. Osídlení	32
5. 7. VN Žlutice.....	33
5. 8. Rybníky v povodí VN Žlutice.....	34
5. 9. Zdroje živin	36
5. 9. 1. Plošné zdroje	36
5. 9. 2. Bodové zdroje – ČOV	38
6. PLATNÁ LEGISLATIVA	44
7. VÝSLEDKY	48
7. 1. Výsledky místního šetření.....	48
7. 2. Povrchové vody – plošné zdroje	51
7. 3. Povrchové vody – bodové zdroje.....	58
7. 3. 1. Koncentrace P-PO ₄	58
7. 3. 2. Koncentrace P _{celk}	59
7. 3. 3. Odpadní vody	60
7. 3. 4. ČOV Krásné Údolí.....	63
8. DISKUZE.....	66
8. 1. Vliv plošných zdrojů a land-use	66
8. 2. Vliv bodových zdrojů.....	67
8. 3. Vliv rybníků	68
9. ZÁVĚR	71

SEZNAM ZKRATEK

BAT - nejlepší dostupné technologie

BPEJ – bonitovaná půdně – ekologická jednotka

CENIA – Česká informační agentura životního prostředí

ČHP – číslo hydrologického pořadí

ČOV – čistička odpadních vod

ČSN – česká technická norma

ČSÚ – Český statistický úřad

ČVUT – České vysoké učení technické v Praze

DIBAVOD – digitální báze vodohospodářských dat

EL - extrahovatelné látky

EO – ekvivalentní obyvatel

GEODIS DTM – digitální model terénu

CHKO – chráněná krajinná oblast

KVAK – Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a. s.

LBP – levobřežní přítok

LPIS – veřejný registr půdy

NL - nerozpuštěné látky

N-NH₄ - amoniakální dusík

N-NH₃ . dusičnanový dusík

NUTS – nomenklatura územních statistických jednotek

OK – odlehčovací komora

PPB – pravobřežní přítok

P_{-celk} - celkový fosfor

P-PO₄ - fosforečnany

SOP - Standardní operační postup

VÚV TGM – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná
výzkumná instituce

VN Žlutice – vodárenská nádrž Žlutice

ZABAGED - základní báze geografických dat České republiky

ZOD – zranitelné oblasti dusičnany

1. ÚVOD

Pro svou diplomovou práci jsem si vybrala téma „Zdroje živin v povodí vodárenské nádrže Žlutice“. Vodárenská nádrž Žlutice (dále jen VN Žlutice) je situovaná na horním toku řeky Střely, 4 km nad městem Žlutice, 25 km jihovýchodně od Karlových Varů (příloha č. 1). Střela pramení v Tepelské vrchovině a je levostranným přítokem Berounky. Hlavním účelem této vodárenské nádrže je akumulace surové vody pro úpravnu, která stojí v bezprostřední blízkosti hráze. Odtud se pitná voda dodává do Žlutic, Podbořan, Žatce, Toužimi, Konstantinových lázní a řady dalších obcí. Nádrž plní i další vodohospodářské účely jako snížení účinků povodní a zajištění minimálního průtoku v toku pod vodním dílem. Výstavba proběhla v letech 1965-1968, úpravna vody se stavěla současně. Již řadu let trápí tuto nádrž, stejně jako mnoho jiných nádrží na našem území, projevy eutrofizace – obohacování vodního prostředí živinami. Jejím důsledkem je zvýšená intenzita růstu rostlinné biomasy – vodních rostlin a fytoplanktonu, což má za následek zdravotní rizika a omezení vodárenského a rekreačního využívání povrchových vod. Ze tří hlavních nutrietů vyskytujících se v prostředí (P, N, K) je fosfor ve vodách nejčastěji limitujícím faktorem růstu fytoplanktonu a je nejčastěji spojován s jevem eutrofizace v povrchových vodách stojatých i tekoucích (Brönmark a Hansson, 2005, Chapman et. al., 2001). Vzhledem k tomu, že pracuji u státního podniku Povodí Vltavy na úseku povodí Horní Berounky a Střely, zaměřila jsem se na řešení daného problému v mně dobře známé lokalitě a chtěla bych touto prací přispět k řešení složité situace této vodárenské nádrže. Základním předpokladem pro navržení účinných protieutrofizačních opatření je znalost kritických koncentrací živin, při kterých eutrofizace nastává a množství znečištění, které se do povodí dostává z recipientů z jednotlivých plošných a bodových zdrojů. Pro identifikaci a kvantifikaci zdrojů živin v povodí VN Žlutice bude nutná nejen běžná vodohospodářská evidence o vypouštění odpadních vod a jakosti vody na níže jmenovaných tocích, ale také shromáždění údajů geomorfologických, pedologických, hydrologických a demografických daného území. V rámci zpracování dané tematiky navážu na závěry a výsledky svých kolegů z útvaru plánování a jakosti vod, kteří se danou problematikou rovněž zabývají.

2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo nejen shrnout dosavadní poznatky k tématu z literatury s přihlédnutím k řešenému problému zdroje živin a projevům eutrofizace v povodí, ale zároveň popsat teoretické poznatky a přístupy k řešení v konkrétním zájmovém území – povodí VN Žlutice.

Dílčím cílem diplomové práce bylo v rámci terénního průzkumu provést odběry a rozborů vzorků jakosti vody běžně nevzorkovaných vodotečí v povodí VN Žlutice.

Současně bylo nezbytné provést monitoring bodových zdrojů fosforu v povodí na základě podrobné charakteristiky a znalosti zájmového území.

Data získaná vlastním výzkumem a empirické údaje rozřídít, analyzovat a syntetizovat. Na základě těchto analýz bylo provedeno vyhodnocení zdrojů znečištění v povodí s cílem vyvodit obecná doporučení a zároveň navrhnout vlastní řešení omezení přísunu živin do nádrže.

Závěrem diplomové práce bylo nejen zhodnocení dosažení stanovených cílů, ale i specifikace vlastního přínosu k řešené problematice.

3. REŠERŠE

3.1. Eutrofizace

Eutrofizace (z řeckého eu = bohatý a trofos = úživný) je soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin stojatých a tekoucích vod. Vysoký obsah živin v povrchových vodách představuje problém celého civilizovaného světa již více než půl století. Roku 1966 se konala pařížská konference o problémech eutrofizace toků, jež dala v roce 1966 podnět ke zpracování studie R.A.Vollenweidera "Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation"

Živinou způsobující eutrofizaci povrchových vod je především fosfor. Ze tří hlavních nutričních prvků vyskytujících se v prostředí (P, N, K) je fosfor ve vodách nejčastěji limitujícím faktorem růstu fytoplanktonu a je nejčastěji spojován s jevem eutrofizace v povrchových vodách stojatých i tekoucích (Brönmark a Hansson, 2005, Chapman et al., 2001). Fosfor by měl být primárním indikátorem a biologickým ukazatelem při hodnocení eutrofizace nádrží. Dusík je obvykle eutrofizačně neaktivní. Jeho relativní nedostatek vůči fosforu může způsobit dominanci sinic a zhoršení eutrofizačních projevů narušením koloběhu fosforu ve vodních nádržích.

Rozeznáváme eutrofizaci přirozenou (vstup živin z přírodního prostředí) a umělou (indukovanou) způsobenou antropogenními zdroji. Důsledkem procesu eutrofizace je obecně zvýšení primární produkce, tedy zvýšení intenzity růstu rostlinné biomasy, a to jak sinic a řas v planktonu, tak vodních rostlin. Sinice se staly typickým eutrofizačním markerem a indikátorem zvýšené úživnosti (trofie). Pojem trofie byl poprvé použit švédským botanikem Naumannem (Harper, 1992). Podle fytoplanktonu a průhlednosti vody Naumann vymezil oligotrofní jezera jako čistá, modrá, obsahující málo fytoplanktonu a eutrofní jezera jako více turbulentní a zelená od hustého růstu řas. Mezotrofní jezera byla mezi těmito dvěma.

Podmínkou pro realizaci zvýšeného obsahu živin je i souběh dalších faktorů, např.

zadržení vody ve vodních nádržích či biocenotické vztahy. Klasifikace nádrží a jezer podle úživnosti (tabulka č. 1).

Tabulka 1. Klasifikace nádrží a jezer podle úživnosti podle OECD 1992. Koncentrace chlorofylu-a vyjadřuje biomasu všech fotosynteticky aktivních organismů. Zdroj: Vollenweider a Kerekes, 1982.

	P celkový	Chlorofyl a		Průhlednost	
	průměr <i>mg/l</i>	průměr <i>ug/l</i>	max.	průměr <i>m</i>	min.
Oligotrofie	<0.010	<2.5	<8	>6	>3
Mezotrofie	0.010-0.035	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5
Eutrofie	0.035-0.100	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Hypertrofie	>0.100	>25	>75	<1.5	<0.7

Vysoká úroveň živin spojená s nárůstem biomasy fytoplanktonu je jevem především ve stojatých vodách. V tekoucích vodách fungují stejné mechanismy eutrofizace, ale její vnější projev není tak nápadný a k vytvoření největší biomasy řas a zjevnému zákalu dojde až v dolních částech toku.

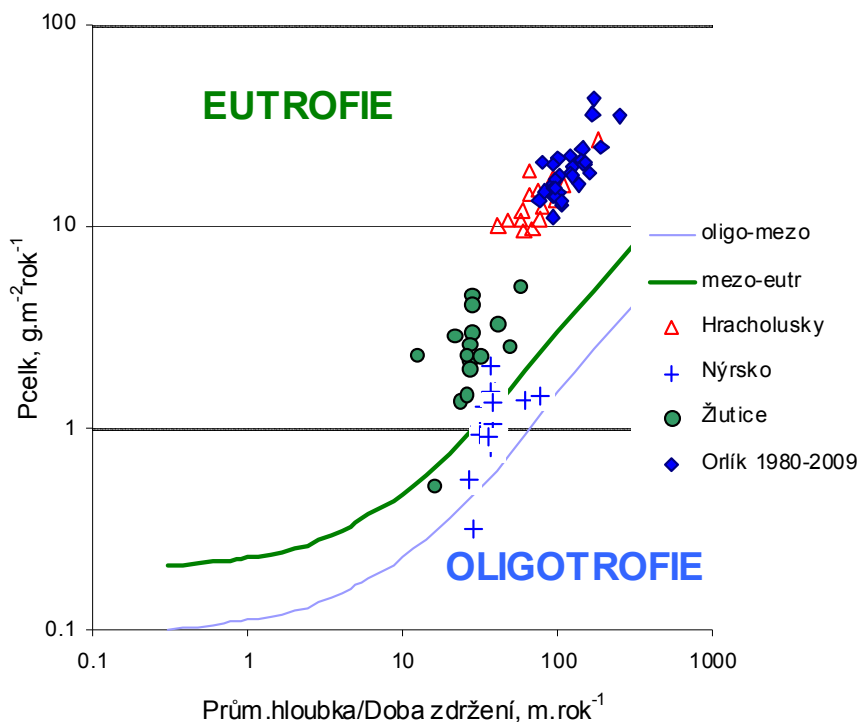
3.2. Projev eutrofizace ve vodních nádržích

Eutrofizace se ve vodních nádržích projevuje intenzivním růstem fytoplanktonu, zejména sinic, neboli cyanobakterií. Vytváří se vegetační zákal nebo vodní květy. Mezi nejznámější sinice tvořící vodní květy patří rody *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix*. Vodní květy mají rozsáhlé negativní vlivy na vodní ekosystémy. Při dlouhodobém rozvoji cyanobakterií je významně degradována biodiverzita, dochází k útlumu rozvoje až k vymizení vodních makrofyt, k druhovým a populačním změnám zooplanktonu a omezení reprodukční schopnosti a zhoršení zdravotního stavu ryb (Dodds, 2002, Kalff, 2002).

Kromě výše uvedených následků jsou pozorována i častá zdravotní rizika u člověka, vyplývající z přítomnosti tzv. cyanotoxinů (např. microcystiny). Masový výskyt sinic tak zhoršuje využití rekreačních či vodárenských nádrží (Fastner a Chorus, 2006).

3.3. Vztah přísunu fosforu a úrovně eutrofizace

Úživnost jezer a vodních nádrží závisí na přísunu P přítoky a na době zdržení vody v dané nádrži. Vyšší koncentrace P v přítocích snesou nádrže s dlouhou dobou zdržení, než nádrže průtočné (Kalff, 2002). Tento vztah byl rozpracován Vollenweiderem do tzv. Vollenweiderova diagramu (obrázek č. 1), jehož nejpoužívanější forma byla publikována (Vollenweider a Kerekes, 1990).



Obrázek 1. Vollenweiderův diagram zhotovený pro některé nádrže ve správě Povodí Vltavy, státní podnik. Zdroj: Duras J., nepublik. údaje.

V případě mělkých jezer se kromě přísunu P uplatňuje především typ ekosystému. Mělké nádrže mohou existovat v jednom ze dvou alternativních stavů. V tzv. litorálním s dominantním vlivem vodních rostlin a v tzv. pelagickém s převahou planktonní složky a ryb (Scheffer, 2007, Scheffer, 1990, Scheffer et al., 1993).

3.4. Zdroje fosforu

Fosfor se do vodních ekosystémů dostává z vnějších a vnitřních zdrojů.

Vnější zdroje P zahrnují atmosférickou depozici fosforu na hladinu nádrže a povrchové a podzemní přítoky. Atmosférická depozice má význam zejména

v oblastech s intenzivní větrnou erozí zemědělských ploch či v oblastech se silným spadem popílku ze spalovacích procesů (Ahl, 1988, Kalff, 2002) nebo např. při silném spadu pylu (Wetzel, 2001). Důležitými vnějšími zdroji živin v povrchových vodách jsou odpadní vody, tzv. bodové zdroje, a zemědělské půdy v povodí, tzv. plošné zdroje.

Bodové zdroje fosforu zahrnují emise odpadních vod ze sídel, tzv. komunální odp. vody (P z exkrementů a detergentů) a průmyslu (např. jatky, potravinářský). Sídla jsou obvykle nejvýznamnějším zdrojem P, který produkuje eutrofizačně nejrizikovější formy P.

Zemědělství (rostlinná výroba) se podílí na zvyšování koncentrace P méně, pokud pole nejsou přehnojována (Shippers et al., 2006). K obrovskému pohybu P dochází s erozním materiálem za zvýšených průtoků. Při povrchovém odtoku dochází také k vyluhování fosforu z rostlinné biomasy (Sibbesen et al., 2000, McDowell a Sharpley, 2003). Obecně je plošné znečištění obtížně definovatelné, ale četní autoři se snaží o jeho charakteristiku (Novotný Olem, 1994, Haygart a Jarvis, 1999).

Vodní nádrž je však zatížena P i z vnitřních bodových zdrojů a to zásobami v sedimentech nashromážděných na dně nádrže z minulosti. Vnitřní zatížení se výrazněji uplatňuje v nádržích s dlouhou dobou zdržení vody. Faktory ovlivňující uvolňování fosforu ze sedimentů jsou složení sedimentů (obsah fosforu a obsah organicky rozložitelných látek), teplota, oxidačně - redukční podmínky a hodnotě pH ve vodě (Dodds, 2002).

3.5. Opatření proti eutrofizaci a jejím projevům

Pro snížení eutrofizace povrchových vod je nutné provádět opatření ve všech dotčených oborech lidské činnosti tak, aby byl zachován princip příčiny a následku. V praxi to znamená uplatňovat taková opatření, aby se do prostředí nedostávalo zvýšené množství živin a nemuselo se uvažovat o jejich odstranění (Cooke et al., 2000).

Mezi vhodná opatření, jak předcházet tomu, aby se živiny nedostávaly v nadměrném množství do vodního prostředí je (McComas, 2003):

- používání bezfosfátových mycích a pracích prostředků
- zavedení nových technologií čištění komunálních odpadních vod
- zlepšení systému odvádění komunálních vod a kanalizačního systému

- protierozní opatření – zavádění způsobů hospodaření příznivého k životnímu prostředí, zásady správné zemědělské a lesnické praxe, technologie hnojení, pěstování vhodných rostlin
- budování prvků územní ekologické stability (biocentra, biokoridory) např. v rámci pozemkových úprav
- používání správných postupů při chovu ryb
- revitalizace a renaturace vodních toků s cílem zvýšit jejich retenci pro P

Dalším možným řešením pro omezení eutrofizace a jejích následných projevů je odstraňování živin již rozptýlených v přírodním prostředí. Tyto speciální technologie jsou však náročné jak z hlediska dodržování podmínek aplikace používaných prostředků, tak nákladné a účinnost je jen krátkodobá. Neřeší totiž příčinu, ale lokálně odstraňují důsledek (Cooke et al., 2000).

3. 6. VN Žlutice z pohledu eutrofizace

VN Žlutice je mezotrofní vodárenskou nádrží s pravidelnými potížemi při úpravě surové vody způsobenými rozvojem fytoplanktonu v epilimniu a kyslíkovými deficity s uvolňováním manganu v hypolimniu. Duras (1994) uvádí, že hlavní příčinou je nadměrný přísun živin, přičemž nádrž je stabilně teplotně stratifikovanou od května do září se zvýšenou koncentrací Mn od konce června do konce září. Přísun celkového fosforu byl v průběhu vegetačního období o $\frac{1}{3}$ nižší oproti propočtu z minulých let v důsledku pokračující asanace bodových zdrojů v povodí. Nádrž je nejvíce ovlivněna při vysokých průtocích. Duras a Hess (1999) popsali možnosti biomanipulace uplatňované ve vodárenských nádržích pro potlačování populací planktonožravých ryb s cílem snížit jejich predanční tlak na (filtrující) zooplankton. Neintenzivně vyžírání zooplankton pak dokáže omezovat rozvoj fytoplanktonu, jež zhoršuje upravitelnost surové vody. Rybí obsádka ve VN Žlutice je poměrně bohatá, zooplankton je početně zastoupen největší velikostí kategorie perlooček *Daphnia galeata*, které jednoznačně dominují filtrujícímu zooplanktonu a rozvoj fytoplanktonu je v posledních letech mírnější. V souvislosti se snížením zatížení nádrže fosforem z povodí je snížena i míra trofie a projevy eutrofizace. Duras (2004) popisuje na základě sledování změn přísunu živin do vodárenských nádrží od r. 1973-2003 patrný nárůst koncentrací fosforu i $\text{NO}_3\text{-N}$ do začátku 90. let a následující rychlý pokles, s minimem v roce 2003. Průběh koncentrací N i P poukázvalo na

snížení narušenosti a stabilizaci poměrů v povodí díky změnám v hospodaření v zemědělství a zefektivnění v nakládání s vodami. V roce 2004 byl sledován sezónní průběh stratifikace VN Žlutice, který se vyvíjel obdobně jako v jiných letech. Koncem léta byla ovšem pozorována zcela výjimečná situace. Na rozdíl od jiných, pozdních, let, kdy byly pozorovány nízké koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ u dna pouze v přechodně v horních částech nádrže, v r. 2004 se „nitrátové deficity“ rozšířily až do anoxických partií v hluboké dolní části. K tomu došlo díky, nikdy dříve v té míře nepozorovanému, uvolňování Fe a P ze sedimentu za nedostatku kyslíku. Tento fosfor byl částečně k dispozici pro růst řas a sinic, přičemž jednoznačně favorizovaným druhem byla typická podzimní sinice *Woronichinia naegeliana*. Tato sinice vytvořila koncem září obrovské, nikdy předtím nepozorované maximum v povrchové vrstvě vody, které bylo podzimní cirkulací rozmícháno do celého vodního sloupce – výrazně se zvýšilo množství sinic v surové vodě (Duras a Klíčková, 2006), (příloha č. 21). Výsledkem tohoto výzkumu byla zcela nová skutečnost, že koncentrace dusičnanů mohou ve velkých vodních nádržích klesnout do té míry, že indukované zatížení fosforem připraví podmínky pro enormní rozvoj fytoplanktonu. Popsaná situace je důsledkem nerovnováhy mezi sloučeninami N a P ve vodním prostředí (letní nedostatek $\text{NO}_3\text{-N}$ se projeví tam, kde existuje nadbytek P). Duras a Potužák (2012) popisují na příkladech situací, při kterých mohou rybníky představovat významné eutrofizační riziko, jako je např. období výlovu rybníků, chování rybníků za zvýšených letních průtoků, rybníky zatěžované odpadními vodami a důsledkem produkčního rybářství. Pozitivním zjištěním byl poznatek, že původně biologické rybníky jsou po pozastavení přísunu živinově bohatých odpadních vod, schopné postupným ozdravováním biologických procesů se vypořádat i s tzv. „starou ekologickou zátěží“ a postupně snižovat koncentrace fosforu v odtékající vodě. Závěrem se oba autoři shodli, že rybníky, ekosystémy vytvořené člověkem, díky své přirozené retenci živin, mohou sloužit jako partneři při snižování procesu eutrofizace povrchových vod. Jejich majitelé by však, z hlediska ekosystémových služeb, museli tuto mimoprodukční funkci rybníka (retence P) ekonomicky zvýhodnit nad produkcí ryb.

4. METODIKA

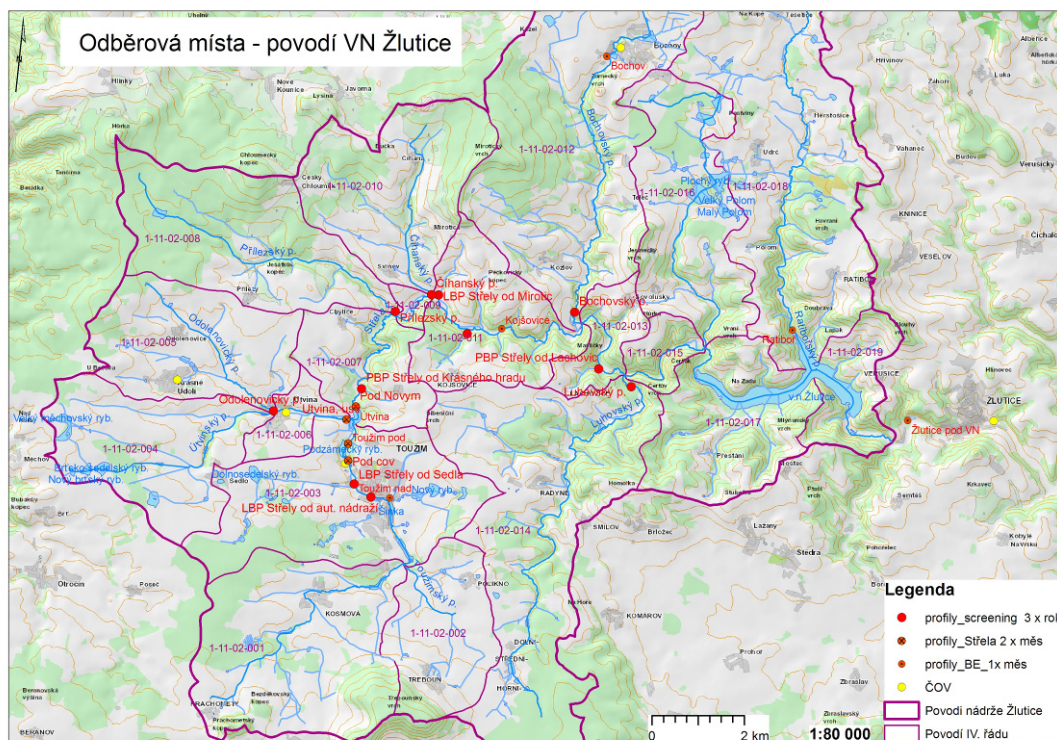
4.1. Odběrné profily

Zaměstnanci Povodí Vltavy provádí pravidelný monitoring kvality povrchové tekoucí vody, a to zpravidla v měsíčních intervalech. Mezi pravidelně monitorované profily v povodí VN Žlutice patří 4 profily na Střele, a to Toužim pod (mezi rybníky Podzámecký a Nový), Toužim nad (pod rybníkem Šinka), Útvina (odtok z Nového rybníka) a Kojšovice, dále pak na Bočovském potoce (Bochov - odtok z Panského rybníka) a na Ratibořském potoce (Ratiboř). Povrchové vody stojaté jsou obvykle monitorovány ve vegetačním období. V rámci mé diplomové práce byly odebrány vzorky na běžně nemonitorovaných lokalitách s cílem dotvoření přehledu o kvalitě povrchových vod v povodí, bilanční analýzy zdrojů P v povodí a podchycení případného zdroje znečištění.

Prvním krokem k návrhu opatření proti eutrofizaci v cílové nádrži je nalezení jednotlivých zdrojů v povodí. Za tímto účelem jsem vytipovala 16 odběrových profilů, které nejsou předmětem pravidelného monitoringu (tabulka č. 2 a obrázek č. 2). Profily byly situovány do různých přírodních podmínek povodí, jak na Střelu – hlavní přítok do VN Žlutice, tak na její přítoky (Odolenovický p., Útvinský p., Přílezenský p., Čihanský p. a bezejmenné přítoky), (příloha č. 2 - 17). Screening těchto drobných vodotečí by měl identifikovat a alespoň částečně kvantifikovat zdroje živin v povodí a zachytit situaci v tocích, které odvodňují různé typy lokalit, které jsem zaznamenala v tabulce č. 2 – charakteristika odběrových profilů.

Tabulka 2. Charakteristika odběrových profilů z hlediska využitelnosti území a erozní ohroženosti půd. (LBP = levobřežní přítok, PBP = pravobřežní přítok). Zdroj: Základní vodohospodářská mapa ČR, mapa erozní ohroženosti, CENIA – corine, 2013.

Pořadí	Profil - místo odběru	Vodní ústí	ČHP	Vzdálenost od ČOV	Vzdálenost od obce	Využití území	Eroze (erozní ohroženost)	Vstup splave nin (t/rok)
1.	Toužim pod	Střela	1-11-02-003	Toužim 600m		lesy	pravý břeh - nízká, levý břeh vysoká	47
2.	Toužim pod ČOV	Střela	1-11-02-003	Toužim 20m		neobdělávaná půda	nízká	1
3.	Toužim nad	Střela	1-11-02-003	Toužim 1500m nad ČOV	Toužim - ve městě	zástavba	nízká	0
4.	Toužim	bezejm.přítok Střely od Sedla	1-11-02-003		3000 m od obce Sedla	neobdělávaná půda	pravý břeh - vysoká, levý břeh nízká	17
5.	Toužim	bezejm.přítok Střely od autobus.nádraží	1-11-02-003		2000 m od posledního rybníka v soustavě	zástavba	pravý břeh - nízká, levý břeh vysoká	10
6.	Útvina	Střela	1-11-02-007		1800 m od obce Útvina	neobdělávaná půda	nízká	1
7.	Útvina pod	ústí Útvinského potoka do Střely	1-11-02-006	1200 m pod výústí ČOV Útvina		neobdělávaná půda	nízká	25
8.	Útvina	Odolenovický potok (Útvín.p. + Střela)	1-11-02-005	2500 m od ČOV Krásné údolí	3000 m od obce Odolenovice	zástavba	pravý břeh - vysoká, levý břeh nízká	20
9.	Krásný hrad	PBP Střely	1-11-02-007		850 m od Krásného hradu	lesy	nízká	
10.	Chylice	Přilezský potok (přítok Střely)	1-11-02-008		4300 m od obce Přilezy	neobdělávaná půda	nízká	0
11.	Svinov	Čihanský potok (přítok Střely)	1-11-02-010		3500 m od obce Číhaná	neobdělávaná půda	pravý břeh - vysoká, levý břeh nízká	54
12.		LBP Střely od Mirotic	1-11-02-011		1500 m od obce Mirovice	neobdělávaná půda	nízká	11
14.	Lachovice	PBP Střely od Lachovic	1-11-02-013		950 m od obce Lachovice	neobdělávaná půda	nízká	0
15.		PBP Střely Kojšovice	1-11-02-011		950 m od obce Kojšovice	lesy	nízká	8
16.	Bochovský potok	ústí Bochovského p. do Střely	1-11-02-012	7600 m pod ČOV Bochov		lesy	nízká	5
17.	Hlineč	Jesínecký potok	1-11-02-016		1700 m od posledního rybníka ze soustavy	lesy	nízká	3
18.		Luhovský potok	1-11-02-014		4600 m od obce Radyně, 10 000 m od obce Luhov	lesy	nízká	2



Obrázek 2. Odběrné profily v povodí VN Žlutice. Zdroj: Duras et al., 2014.

Prvním velkým znečištěním Střely jsou odpadní vody z města. Toužim, které jsou svedeny do mechanicko biologické ČOV (čistírna odpadních vod). Nad touto ČOV byly situovány první dva z nově zvolených profilů – levobřežní přítok Střely od autobusového nádraží „LBP Střely od AN“ a levobřežní přítok Střely od obce Sedlo „LBP Střely od Sedla“. Prvně jmenovaný profil je umístěn mezi profilem „Toužim nad“ a „Toužim pod“ a zároveň pod rybníkem Šinka. Profil „Toužim nad“ ukazuje jakost vody poblíž odtoku z mírně eutrofního rybníka Šinka a „Toužim pod“ vypovídá o jakosti vody odtékající z hypertrofního Podzámeckého rybníka. Tento silně průtočný, rybářsky neobhospodařovaný rybník leží přímo pod Toužimi a nad Novým rybníkem. Profil by měl zároveň poukázat na vliv těchto rybníků na jakost vody ve Střele v Toužimi. Zároveň s druhým umístěným profilem by měli odpovědět na otázku, zda nedochází k dosud nepodchycenému vstupu znečištění z malých, výše položených, obcí. Tyto první dva profily by měly popřít či dokázat, zda kromě Toužimi dochází, či nedochází ke vstupu dalšího znečištění, které by bylo bilančně významné. Další dva odběrné profily byly situovány na levostranné přítoky Střely – profily „Odolenovický potok“ a „Útvinský potok Útvina“. Zde by měl být podchycen přísun produkce z ČOV u obcí Útvina a Krásné údolí. Další důvodem ke zvolení

těchto profilů je i zhodnocení vlivu Odolenovického potoka na Nový Rybník a možné navázání na sledování Útvinského potoka v předešlých letech. Nový rybník, pod obcí Útvina, je příkladem rybníka, který díky své přirozené retenční schopnosti slouží jako účinná „záchytná stanice“ pro P. Je spodním v kaskádě dvou rybníků, jež transformují znečištění z Toužimi. Nový rybník je využíván rybáři jako sportovní, nikoli jako chovný. Nad Novým rybníkem je další odběrný profil – pravobřežní přítok od obce Krásný hrad „PBP Střely od Krásného hradu“, který zmonitoruje přísun živin z ryze zemědělsky využívaného území. Cílem je zachycení vlivu orné půdy a pro tuto oblast zpravidla rekreačního osídlení na vstup P, N-NO₃ a NL do těchto vodotečí. Část povodí v okolí malé obce Přílezy byl monitorován odběrným profilem „Přílezský potok“. Tento potok protéká převážně lesním povodím, jehož dílčí povodí je poměrně velké a dosud není znám jeho podíl na eutrofizaci VN Žlutice. Stejně tak jako podíl Číhanského potoka. Proto jsem zvolila další odběrný profil „Číhanský potok“. Povodí tohoto potoka je převážně leso – pastevním povodím s malými obcemi Číhaná a mimo tok ležící obcí Svinov. Odběrný profil na levobřežním přítoku od obce Mirovice „LBP od Mirovic“ je profilem na řece Střele a měl by monitorovat přísun živin a organických látek z oblasti okolí obce Mirovice. Není dosud zjištěn vliv této malé obce, která nemá kanalizaci a neprotéká jí žádná vodoteč, která by mohla být využita jako recipient odpadních vod. Zároveň je to oblast zemědělsky využívaná se 40 % podílem pastvin. Pro zjištění, jakou měrou se podílí vstup P z pravobřežních přítoků v okolí obcí Kojšovice a Lachovice, jsem zvolila další dva odběrné profily – pravobřežní přítok od Lachovic „PBP od Lachovic“ a pravobřežní přítok od Kojšovic „PBP Kojšovice“. I zde je velký podíl lesních pozemků, oblast je bez osídlení a pouze s rekreačním využitím. Za profilem „Kojšovice“, který je monitorován pravidelně 1x měsíčně zaměstnanci laboratoří státního podniku Povodí Vltavy, byl zvolen odběrný profil „Bochovský potok“. Je situován do oblasti ústí Bochovského potoka do řeky Střely a do oblasti, kde by již měla být patrná preventivní opatření eliminace fosforu z odpadních vod z Bochova. Odpadní vody z Bochova jsou svedeny do mechanicko – biologické ČOV oxidačním příkopem, jehož odtok je zaústěn do Panského rybníka. Posledním pravobřežním přítokem Střely před ústím do VN Žlutice je Luhovský potok. V lesním porostu, před ústím tohoto významného přítoku do Střely, byl situován odběrný profil „Luhovský potok“. Tento potok protéká převážně lesními porosty a je jediným možným recipientem, odvádějící možné znečištění z obce Radyně. Posledním

z monitorovaných toků, před ústím do VN Žlutice, je levobřežní přítok Střely – Jesínecký potok. Důvodem, proč byl tento profil „Jesínecký potok“ vybrán, jsou významné plochy rybníků v horní části toku.

4. 2. Odběry vzorků

Odběry vzorků vody byly prováděny ve vegetačním období od konce jara (16. 5. 2013), v době vrcholného léta (21. 8. 2013) do konce léta (18. 9. 2013). Odběry vzorků povrchových vod se provádí podle ČSN ISO 5667-6 (Návod pro odběr vzorků z řek a potoků). Během odběru bude snaha eliminovat rušivé vlivy, které by mohly zásadně ovlivnit výsledek analýzy. Mezi ně patří:

- 1) vliv břehů – odběrová místa budou zejména u malých vodotečí volena tak, aby nedocházelo k víření suspendovaných materiálů a při vstupu do vody musí být vzorek odebírán nad místem vstupu
- 2) kolísání průtoků a meteorologické jevy
- 3) pravidelnost – stejný časový interval a stejné odběrné místo
- 4) čistota vzorkovnic a vzorkovacích pomůcek

Ze vzorkované vodoteče se při manuálním vzorkování vzorky odeberou ručním vzorkovačem s teleskopickou tyčí, na jehož konci je nádoba z plastu o objemu 1 až 5 litrů. Veškeré vzorkovací zařízení je nutné před každým odběrem propláchnout dostatečným množstvím vzorkované vody, aby se smyly všechny stopy po předchozích vzorcích. Odebraný vzorek se poté nalije do vzorkovnice. Používají se plastové a skleněné laboratorní vzorkovnice různých typů a objemů, podle zkoušek, ke kterým bude obsah vzorkovnice použit. Obecně platí, že vzorkovnice musí být z materiálu inertního k analyzovaným látkám a zároveň s minimální adsorpcí. Každá odebraná vzorkovnice se musí jednoznačně označit podle odběrové průvodky (název toku, profil odběru s číslem). V odběrné průvodce se uvedou i další skutečnosti o odběru (počet vzorkovnic a čas odběru). Odebrané vzorky pak musí být přepravovány autem, vybaveným chladicím zařízením, nebo musí být po dobu přepravy přechovávány v termoizolačních bednách. Je nutné eliminovat působení tepla a světla na tyto vzorky. Pokud nejsou odebrané vzorky po příjezdu do laboratoře ihned zpracovány, musí být uloženy v chladničce při teplotě 3-5°C. Během převozu vzorků a při manipulaci s nimi je nutné postupovat podle ČSN ISO

5667-3 (Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi) a ČSN ISO 5667-14 (Pokyny k zabezpečování jakosti odběru vzorků vod a manipulaci s nimi).

U mnou odebraných vzorků byly v laboratoři Povodí Vltavy sledovány tyto parametry – nerozpuštěné látky (NL), amoniakální dusík (N-NH₄), dusičnanový dusík (N-NO₃), celkový fosfor (P-celkový) a fosforečnanový fosfor (P-PO₄). Mezi nerozpuštěné látky patří v přírodních a užitkových vodách různé hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů (nejčastěji železa, manganu a hliníku), fytoplankton, zooplankton, organický detrit, tuky oleje aj. U průmyslových odpadních vod přicházejí v úvahu další specifické anorganické i organické NL (Pitter, 1999). NL jsou indikátorem eroze. Amoniakální dusík je primárním produktem organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Proto antropogenním zdrojem amoniakálního dusíku organického původu jsou především splaškové odpadní vody a odpady ze zemědělských výroby (Pitter, 1999). Amoniakální dusík anorganického původu se do podzemních a povrchových vod dostává infiltrací a splachem dusíkatých hnojiv ze zemědělských ploch. Amoniakální dusík je indikátorem čerstvého organického znečištění. Za oxických podmínek je ve vodách nestálý a velmi snadno podléhá nitrifikaci, při které sekundárně vznikají dusičnany. Dalším zdrojem je hnojení zemědělsky obhospodařované půdy dusíkatými hnojivy. Anorganického původu jsou dusičnany v atmosférických vodách - NO₂ jednak vzniká oxidací NO a jednak je součástí emisí ze spalování paliv (Pitter, 1999). Dusičnanový dusík je indikátorem plošného zdroje znečištění. Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpouštění a vyluhování některých minerálů (apatit, varicit, strengit, vivianit) a zvětralých hornin. Antropogenním zdrojem anorganického fosforu je především aplikace fosforečnanových hnojiv a odpadní vody z prádelny, do kterých se dostávají fosforečnany z pracích prostředků (fosforečnanové prací prostředky obsahují až 5 % P a někdy i více). Dalším zdrojem jsou polyfosforečnany používané v čistících a odmašťovacích prostředcích (např. typu Synalod nebo Alkon) a jako protikoroziční nebo protiinkrustační přísady. Zdrojem organického fosforu je fosfor obsažený v živočišných odpadech (Pitter, 1999). Fosforečnanový fosfor je eutrofizačně nejrizikovější forma P a indikuje jednoznačně čerstvé splaškové znečištění. Koncentrace celkového P zahrnuje všechny formy fosforu ve vodě v době odběru vzorku a to jak formy rozpuštěné anorganické, tak fosfor partikulovaný (erozní částice, buňky řas a sinic apod.) a také i v různé míře uvolnitelný organický fosfor.

Stanovení nerozpuštěných látek vychází z ČSN EN 872 (75 73 49) a ČSN 757350. Celkové NL se stanovují vysušením a zvážením látek zachycených po filtraci vzorku na filtru. Dále je možno stanovit anorganický podíl NL přežiháním při teplotě 550°C. Ztráta žiháním představuje organický podíl NL. (Standardní operační postup laboratoří Povodí Vltavy SOP Z – 7 b-A).

Stanovení amoniakálního dusíku metodou CFA vychází z ČSN EN ISO 11732 (75 74 54). Spektrofotometrická metoda, při které amoniak a amonné ionty reagují v alkalickém prostředí (pH 12,6) s chlornanem (ClO^-). Vzniklý chloramin reaguje za katalýzy nitroprussidu se salicylanem při teplotách 37-50°C za vzniku modrozeleného indofenolového barviva, jehož absorbance se měří v průtočné kyvetě spektrofotometru při 660 nm. Metoda je použitelná pro stanovení amoniakálního dusíku v pitných, povrchových a odpadních vodách. (Standardní operační postup laboratoří Povodí Vltavy SOP Z – 12 c-A).

Stanovení celkového fosforu metodou CFA vychází z ČSN EN ISO 15681-2. Spektrofotometrická metoda, při které se organicky vázaný fosfor rozkládá v homogenizovaném vzorku vlivem UV záření za přítomnosti peroxidisíranu draselného $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$. Při hydrolyze kyseliny sírové H_2SO_4 při 95°C dochází k rozkladu složek anorganických polyfosfátů. Fosforečnanové ionty reagují v kyselém roztoku v přítomnosti iontů molybdenanu a antimonu za vzniku antimonfosfomolybdenového komplexu. Redukcí komplexu kyselinou L-askorbonovou $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ vzniká komplex molybdenové modře. Absorbance se měří v průtočné 5 cm kyvetě při vlnové délce 880 nm. Metoda je použitelná pro stanovení celkového fosforu v pitných, povrchových a odpadních vodách (Standardní operační postup laboratoří Povodí Vltavy SOP Z – 18 d-A).

Princip metody stanovení dusičnanového dusíku metodou CFA vychází z ČSN E ISO 13395 (75 74 56). Spektrofotometrická metoda, při které se dusičnany redukují v alkalickém prostředí pomocí hydrazinsulfátu $\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$ na dusitany v přítomnosti Cu^2 Původně přítomné dusitany a dusitany vzniklé po redukci dusičnanů reagují se sulfanilamidem $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ a N - naftyl –ethylendiaminem $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$ v kyselém prostředí za vzniku diazokomplexu. Vyhodnocení probíhá spektrofotometricky při vlnové délce 520 nm. Metoda je použitelná pro stanovení dusičnanového dusíku v pitných, povrchových a odpadních vodách. Pro výpočet parametru NO_3^- se pak používá přepočtový vzorec (Standardní operační postup SOP Z – 14 e-A).

Získaná data se po jejich verifikaci ukládají do laboratorní databáze, ze které jsou periodicky přenášena do centrální podnikové databáze. Následně jsou vyhodnocována a je jich využito pro posouzení stavu kvality vod a pro další činnosti vyplývající z funkce správce vodního toku.

5. CHARAKTERISTIKA POVODÍ

5.1. Geomorfologické členění a krajinný ráz

Podle geomorfologického členění České republiky (Demek et al., 1987) a podle nové, mezinárodně uznané geomorfologické regionalizace vyšších geomorfologických jednotek ČR (ČZÚK Praha 1996) je povodí VN Žlutice zařazeno do geomorfologických jednotek (tabulka č. 3).

Tabulka 3: Geomorfologické členění povodí VN Žlutice. Zdroj: Demek et al, 1987.

System	Hercynský systém	
Subsystém	Hercynská pohorí	
Provincie	I	Česká vysočina
Subprovincie	I3	Krušnohorská subprovincie
Oblast	I3 C	Karlovarská vrchovina
Celek	I3 C 2	Tepelská vrchovina
Podcelek	I3 C 2 A	Toužimská plošina
Okresy	I3 C 2 c	Žlutická vrchovina
	I3 C 2 A a	Útvinská plošina
	I3 C 2 c a	Bochovská vrchovina
	I3 C 2 c b	Vladařská vrchovina

Hodnocení krajinného rázu podle Bukáčka a Matějky (1997) spočívá v determinaci základních charakteristik a v diferenciaci daného území na specifické územní celky. V řešeném zájmovém území se nachází tři významné krajinné celky – Toužimsko, Žluticko a Bochovsko. Krajinný celek Toužimsko má charakter miskovitého reliéfu se středem v Toužimi. Jedná se o intenzivně zemědělsky využívanou oblast s mozaikou orné půdy a trvalých travních porostů. Pouze u Kosmové – poblíž pramene Střely, se rozkládají větší lesní porosty a taktéž mokřad – chráněná přírodní památka. V nivě Střely se nacházejí zachovalé lužní lesy. Směrem na východ navazuje údolím Střely a Luhovského potoka na krajinnou oblast Žluticko. Zaříznuté údolí Střely, které je vyhlášené přírodní rezervací a evropsky významnou lokalitou, je v povodí VN Žlutice dotvářeno údolím Jesíneckého potoka a Ratibořského potoka. Tyto potoky od sebe oddělují dva severojižní hřebeny. Ze severovýchodu směrem na jihozápad nad VN Žlutice se táhne reliéf tvořen řetězcem jednotlivých kopců, které jsou z větší části zalesněny. Ty jsou již součástí krajinného celku Bochovsko. Zbylá část území je využívána především jako trvalé travní porosty především k pastvě. Významnou součástí této krajiny je také soustava rybníků ve

východní, plošší částí krajinného celku. Jeden z rybníků s různými typy lužních biotopů v jeho okolí je chráněn jako přírodní památka a evropsky významná lokalita Dochov. Mezi Čihanským a Bochovským potokem se rozkládá nejvýraznější čedičový kužel – Mirotínský vrch.

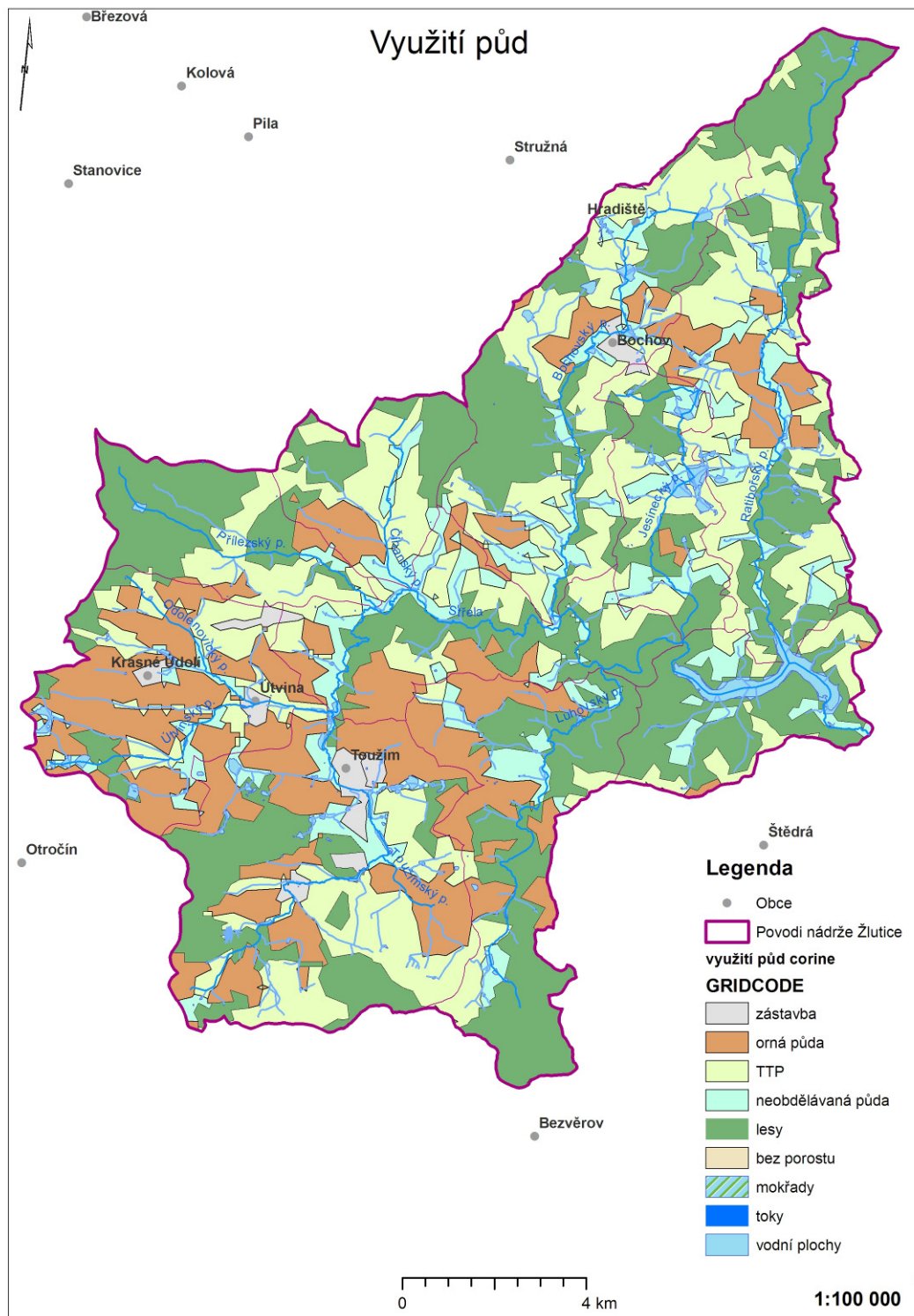
5. 2. Geologie

Geologická stavba řešeného území je součástí Českého masívu, který je zbytkem rozsáhlého variského, neboli hercynského horstva vyvrásněného při variském (= hercynském) vrásnění. Horninové celky, které vznikly před variským vrásněním, nebo v době jeho působení, se v Českém masívu dělí do pěti hlavních skupin. Do zájmového území povodí VN Žlutice zasahuje oblast středočeská, neboli tepelsko-barrandienská (bohemikum), která je tvořena horninami svrchního protezoika a staršího paleozoika (Chlupáč et al., 2011). Z geologické mapy lze vyčíst, že tepelské krystalinikum je tvořeno metapelity a metapsamity (fylity, pararuly, svory) s metamorfózou rychle narůstající k severozápadu. V okolí Prachoměr přechází k jihu metamorfované horniny do facie migmatitů s ojedinělými vložkami amfibolitů. V jádru krystalinika jsou přítomny ortoruly a drobné granitové masívy, které jsou tvořeny žulami- proterozoickými horninami assyntsky zvrásněnými, s různě silným variským přepracováním. Sedimentární pokryv tvoří kvartérní uloženiny, západně od Třeboňského vrchu nacházíme relikt terciérních štěrkopísků, písků, jílu, pravděpodobně neogenního stáří. V údolí větších toků jsou vyvinuty deluviofluviální až fluviální písčito – jílovité, místy silně štěrkovité sedimenty.

5. 3. Pedologie

Půdní prostředí je v zásadní míře ovlivňováno živností geologického podloží, vodním režimem – stavem podzemních vod, klimatem, vegetací a ostatní půdotvorné faktory. Plošně převládajícím půdním typem v řešeném území jsou podle českého taxonomického klasifikačního systému půdy hnědé půdy – kambické, z nichž především kambizemě kyselé. Vznikly na svahovinách kyselých vyvěřelých i metamorfovaných hornin, hlavně pod lesními porosty. Jejich vývoj je charakteristický počátečním vyluhováním karbonátů z profilu a následnou tvorbou sekundárních jílových minerálů a sesquioxidů (Zahradnický a Mackovič, 2004). Vyvinul se tak charakteristický, o jíl obohacený, kambický – okrový až hnědě zbarvený horizont. V okolí pramene Střely se pak v důsledku nepropustného

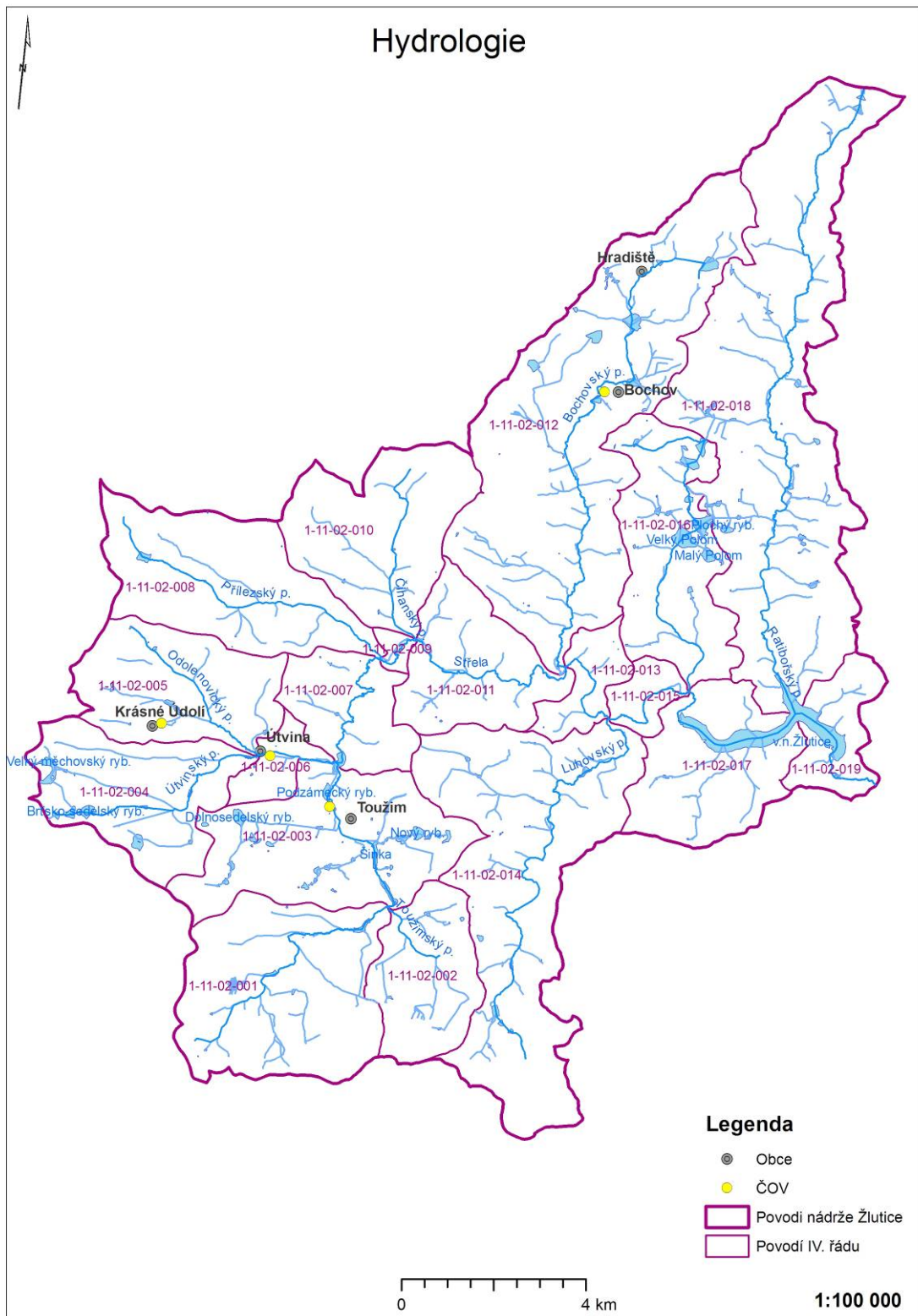
podložního horizontu a periodické stagnaci srážkové vody vytvořila skupina hydromorfních půd – pseudogleje. Při jejich vývoji se humusovými kyselinami postupně vyluhují sloučeniny Fe, Mn a Al, čímž se vytváří světle šedý až vybělený eluviální pseudoglejový horizont a pod ním světle šedě, okrově, rezivě až hnědě zbarvený iluviální mramorový horizont. Nivy podél Střely pokrývají fluvizemě, které se vyvinuly na nevápnitých fluviálních sedimentech procesem akumulace humusu, rušeným periodickou fluviální akumulací zrnitostně různorodého materiálu při záplavách. Rozmanitost a využití půd v povodí VN Žlutice (obrázek č. 3) je dána nejen geologickým podložím, ale určitý podíl má i vliv člověka, který z důvodu využitelnosti území pro zemědělskou činnost, zde prováděl zásahy do vodního režimu (vytvoření soustav rybníků, odvodňování). Tyto zásahy vedly k porušování přirozeného vývoje půd a k částečné degradaci.



Obrázek 3. Využití půd v povodí VN Žlutice. Zdroj: Cenia,corine, 2006.

5. 4. Hydrologie

Střela – v minulosti též nazývána jako Žlutice, Lososnice, Schnella, Sagita či Šipka pramení v Prachometech, asi 6 km na jihozápad od Toužimi, pod Prachometským kopcem v Tepelské vrchovině. Protéká Karlovarským a Plzeňským krajem náhorní plošinou v meandrech údolní nivou, VN Žlutice, Žluticemi a Chyší. Pod Chyšemi se hlouběji zařezává do terénu a získává charakter dravé bystřiny a v okolí Rabštejna nad Střelou vytváří výrazný kaňon. Nad Plasy se tok opět zklidňuje a poblíž Liblína se zleva vlévá do Berounky. Prvním pravostranným přítokem horního toku Střely je Toužimský potok. Původně meandrující tok byl prakticky celý i s přítoky zregulován, nebo zatrubněn při rozsáhlých melioracích ve 2. polovině 20. století. Jeho povodí již od středověku tvoří prakticky bezlesé území polí a pastvin. Prvním levostranným přítokem pramenícím na hranici CHKO Slavkovský les je Útvinský potok, který zaústíje do rybníka v ř. km 92,4 řeky Střely. V ř. km 1,75 Útvinského potoka v obci Útvina z levé strany zaústíje Odolenovický potok. Nad Novým rybníkem v CHKO Slavkovský les pramení Přílezký potok a v převážné délce protéká zalesněnými pozemky a poté se vlévá do řeky Střely. Mirotický lese, nad obcí Číhaná je pramennou oblastí Číhanského potoka. Ve vojenském újezdu Hradiště pramení Bočovský potok, který nad městem Bochov protéká Krásným a Křížovým rybníkem. Druhým pravostranným přítokem, cca 4 km před VN Žlutice, je Luhovský potok. Tok v převážné délce protéká lesními pozemky. Jižně od města Bochov, na levé straně řeky Střely, pramení poslední levostranný přítok před VN Žlutice – Jesínecký potok, jehož horní část povodí je značně rovinatá a potok protéká soustavou rybníků. Na základě dat získaných z internetové aplikace pro prohlížení a správu dat souvisejících s jevy na vodních tocích (GISYPONET) jsem sestavila tabulku přítoků Střely (tabulka č. 4). Mapu povodí Střely nad VN Žlutice (obrázek č. 4) jsem vytvořila na základě dostupné internetové, digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD.



Obrázek 4. Povodí Střely. Zdroj: VÚV TGM, DIBAVOD, 2013.

Tabulka 4. Střela a její přítoky. Zdroj: GISYPONET Povodí Vltavy, státní podnik, 2013.

NÁZEV TOKU	PŘÍTOK	Ř.K.M. STŘELY	DĚLKA TOKU (km)	PLOCHA POVODÍ (km ²)	NEJNIŽŠÍ BOD - SOUTOK (m.n.m.)	NEJVYŠŠÍ BOD - PRAMEN (m.n.m.)
Střela		75,40	75,40	155 před soutokem s VN	507 soutok s VN	666
Toužimský potok	PBP	94,77	1,87	8,151	611	630
Útvinský potok	LBP	92,4	7,148	12,578	583	671
Odolenovický potok	LBP Útvinského p.	1,75 Útvinského p.	4,238	9,945	596	695
Přílezký potok	LBP	88,12	7,246	12,76	563	713
Čihanský potok	LBP	86,7	4,471	12,741	559	691
Bochovský potok	LBP	81,65	11,202	30,214	535	743
Luhovský potok	PBP	79,06	11,318	22,505	518	662
Jesínecký potok	LBP	76,40	8,951	11,076	509	671

5. 5. Klimatologie

Podle klimatickogeografického členění Československa, které bylo zpracováno v roce 1971 Quittem, se prakticky celé studované území nachází v mírně teplé klimatické oblasti MT3 :

MT3 – krátké léto, mírné, až mírně chladné, suché až mírně suché, přechodné období normální až dlouhé, s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky.

Rozhodující vliv na klima má nadmořská výška a členitost reliéfu. Číselné charakteristiky pro dané klimatické oblasti, které jsou důležité z hlediska hydrologického, jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tabulka 5. Klimatická charakteristika povodí VN Žlutice. Zdroj: Quitt, 1971.

	MT 3
průměrný počet dnů se srážkami 1 mm	110-120
srážkový úhrn ve vegetačním období	350-450
srážkový úhrn v zimním období	250-300
počet dnů se sněhovou pokrývkou	60-100
průměrná teplota v dubnu	6-7°C
průměrná teplota v červenci	16-17°C

Průměrný roční úhrn srážek na území povodí VN Žlutice je 673 mm, nejvyšší úhrn srážek je v období od května do srpna, kdy naprší v průměru 60 – 80 mm. Nejnižší srážkové úhrny bývají naměřeny v období od září do listopadu a v únoru a březnu a

to 30 – 45 mm. Nízké srážkové úhrny v řešeném území jsou ovlivněné srážkovým stínem Slavkovského lesa. Z tohoto důvodu je nezbytné vodu v povodí v maximální míře zadržovat. V oblastech kolem vodních ploch a vodotečí jsou typické časté inverzní situace a časté výskyty mlh. V území převládají západní a severozápadní větry.

5. 6. Osídlení

Z hlediska správního leží povodí VN Žlutice v Karlovarském kraji NUTS 3, v okrese Karlovy Vary NUTS 4. Největším a nejvýznamnějším hospodářským a sídelním střediskem jižní části okresu Karlovy Vary je Toužim. Pod správu města Toužimi spadá dalších 15 městských částí, z nichž z hlediska vodohospodářského jsou nejvýznamnější Prachometry – pramenná oblast řeky Střely a Kosmová. Přibližně 3 km od Toužimi leží obec Útvina, kde se stékají námi sledované potoky – Odolenovický a Útvinský. Na hranici CHKO Slavkovský les se nachází město Krásné Údolí a společně spravuje obec Odolenovice. Jihovýchodně od Karlových Varů a jižně od vojenského újezdu Hradiště se rozkládá město Bochov. Městem Bochov protéká Bochovský potok a pod jeho správu spadá 17 obcí. Na základě dat ČSÚ jsem vytvořila souhrnnou tabulku s charakteristikou obcí v povodí řeky Střely (tabulka č. 6).

Tabulka 6. Charakteristika obcí v povodí VN Žlutice k 1. 1. 2012. Zdroj: ČSÚ, 2012.

POVODÍ	SUBPOVODÍ	NÁZEV OBCE	POČET OBYVATEL	NAPOJENÍ NA SPOL. KANALIZACI	VODOPRÁV. ÚŘAD
S	Bochovský potok	Bochov	2045 *	Ano	Magistrát města Karlovy Vary
		Jesínky	0	Ne	
		Kozlov	116	Ne	
T		Mirotice	31	Ne	
	Odolenovický potok	Krásné Údolí	430*	Ano	
Ř	Odolenovický potok	Odolenovice	49	Ne	
E	Toužimský potok, Střela	Toužim	3793*	Ano	
	Střela	Kosmová	215	Ano	
	Střela	Prachometry	64	Ne	
L	Střela	Lachovice	1	Ne	
	Střela	Kojšovice	40	Ne	
A	Útvinský a Odolenovický p.	Útvina	596*	Ano	
		Chylice	40	Ne	
		Přílezy	66	Ne	

* včetně všech částí obce

5. 7. VN Žlutice

VN Žlutice je situována na horním toku řeky Střely v ř. km 70,72, nad městem Žlutice. Hlavním účelem této vodárenské nádrže je akumulace surové vody pro úpravnu, která stojí v bezprostřední blízkosti hráze. Odtud se pitná voda dodává do Žlutic, Podbořan, Žatce, Toužimi, Konstantinových Lázní a řady dalších obcí. Nádrž plní i další vodohospodářské účely jako snížení účinků povodní a ochranu území pod vodním dílem, zajištění asanačního průtoku, využití hydroenergetického potenciálu, snížení velkých vod na Střele a nadlepšení průtoku v toku pro vodácké sporty. Je to protáhlá nádrž (délka 3,4 km) korytovitého tvaru, max. a prům. hloubka je 21 a 7,7 m, letní kóta hladiny 506,50-507,50 m. n. m., $V=10,3-11,5$ mil. m^3 , $P=1,35-1,41$ km^2 . Teoretická doba zdržení vody v nádrži při dlouhodobém průměrném průtoku ($1,1$ m^3 s^{-1}) je 100 dní, v létě zhruba 200 – 500 dní a za povodní kolem 10 dní. (Duras a Klíčková, 2006). Plocha povodí ke hrázi, která je přímá, sypaná, s návodním těsněním ze sprašových hlín, je 215,82 km^2 . V koruně je dlouhá 233 m, výška nad terénem 27 m. délka vzduť nádrže je 4,6 km, objem 15,6 m^3 . Na pravém břehu je po terénu veden 35,1 m dlouhý bezpečnostní nehrazený přeliv s betonovým skluzem a vývarem pod hrázi a s max. kapacitou 200 (m^3/s). Jímání surové vody (průměrně 90-100 l s^{-1}) probíhá z betonové věže se třemi odběrnými okny v pětimetrových odstupech. Technická data v textu i v tabulce č. 7 byla převzata z manipulačního řádu pro vodní dílo Žlutice. Zvláštností tohoto funkčního objektu je, že nevyčnívá při běžné hladině nad vodu. Jsou zde dvě spodní výpusti. Na každé výpusti je dodatečně od roku 1997 nainstalovaná turbina typu Bánki ČKD s instalovaným výkonem 222 kW. Do nádrže kromě Střely ústí ještě Ratibořský potok. Kolem nádrže byly v době výstavby lesy a louky. Ty postupně zanikly a nahradily je lesy, většinou borové.

Tabulka 7. Charakteristika VN Žlutice. Zdroj: Manipulační řád VN Žlutice, 1997

VYČLENĚNÝ PROSTOR	KÓTA HLADINY (m. n. m.)	OBJEM (mil. m ³)	ZATOPENÁ PLOCHA (ha)
stálé nadržení	493,6	1	31
zásobní prostor	493,60 – 507,05	10,5	141
ochranný ovladatelný prostor	507,05 – 507,95	1,3	150
ochranný neovladatelný prostor	507,95 – 509,72	2,8	167
celkový ovladatený prostor	493,60 – 507,95	12,8	150
celkový objem nádrže	493,60 – 509,72	15,6	167

5. 8. Rybníky v povodí VN Žlutice

Rybníky tvoří neoddělitelnou složku hydrologického systému povrchových vod a mají při současném rybářském obhospodařování vliv na jakost vody. Jsou významným plošným zdrojem fosforu, převážně v letním období. U převážné většiny rybníků, které jsou rybářsky obhospodařované (hnojení, příkrmování vysokých obsádek, atd.) jsou ekonomické zájmy na úkor ostatních funkcí rybníčních ekosystémů, jako jsou retence živin, akumulace vody, podpora rybářského hospodaření. Z pohledu eutrofizačních procesů v povodí je retence živin, zejména pak fosforu, důležitou funkcí, která může být vlivem vysoké trofie rybníčního ekosystému značně snížena. Z praxe ovšem vyplývá, že voda odtékající z rybníků naopak velké množství fosforu obsahuje. V průtočných rybnících může i malý přebytek krmiv či hnojiv nevyužitých k produkci ryb představovat znečištění jak pro vlastní rybník, tak i pro toky a nádrže ležící pod ním. Situaci v povodí VN Žlutice, týkající se rybníků, jsem shrnula do tabulky č. 8.

Tabulka 8. Rybníky v povodí VN Žlutice. Zdroj: Povodí Vltavy, platná povolení nakládání s vodami, 25. 11. 2013.

Název toku	Název rybníka	Umístění	Objem (tis. m ³)	Plocha (ha)	Poloha rybníka k toku	
LBP Střely od Sedla	Střela	Kosmová	U pramenne Střely	12,60	1,41	boční napájení
		Vackův rybník	Pod Toužimí	86,53	4,54	průtočný
		Závodíště	Pod hotelem Toužim	52,60	4,92	průtočný
	LBP Střely od Sedla	Šinka	Pod Toužimí			průtočný
		Podzámecký	Nad ČOV Toužim	60,00	4,00	průtočný
		Nový rybník	Soutok Střely s Útvinským p.	80,00	6,50	průtočný
		Hluboký	Nad Sedlem	30,00	1,91	průtočný
		Dolnosedelský	Pod Sedlem	84,00	7,46	průtočný
		Síťkový		15,00	2,65	průtočný
Bochovský potok	Javorenský	Vojenský újezd Hradiště	147,73	7,60	průtočný	
	Krásný rybník	Nad obcí Bochov	333,88	10,88	průtočný	
	Křížový rybník	Nad silnicí u Bochova	41,40	4,60	průtočný	
	Panský rybník	Pod ČOV Bochov	34,14	19,79	průtočný	
Jesínecký potok	Obecní údrčský	Soustava rybníků	87,65	6,70	průtočný	
	Velký údrčský		52,00	8,57	průtočný	
	Kopinský		18,00	2,20	průtočný	
	Arbes		30,00	3,63	průtočný	
	Plochý			12,97	průtočný	
	Velký polom		245,10	1,63	průtočný	
	Malý polom		43,00	6,92	průtočný	

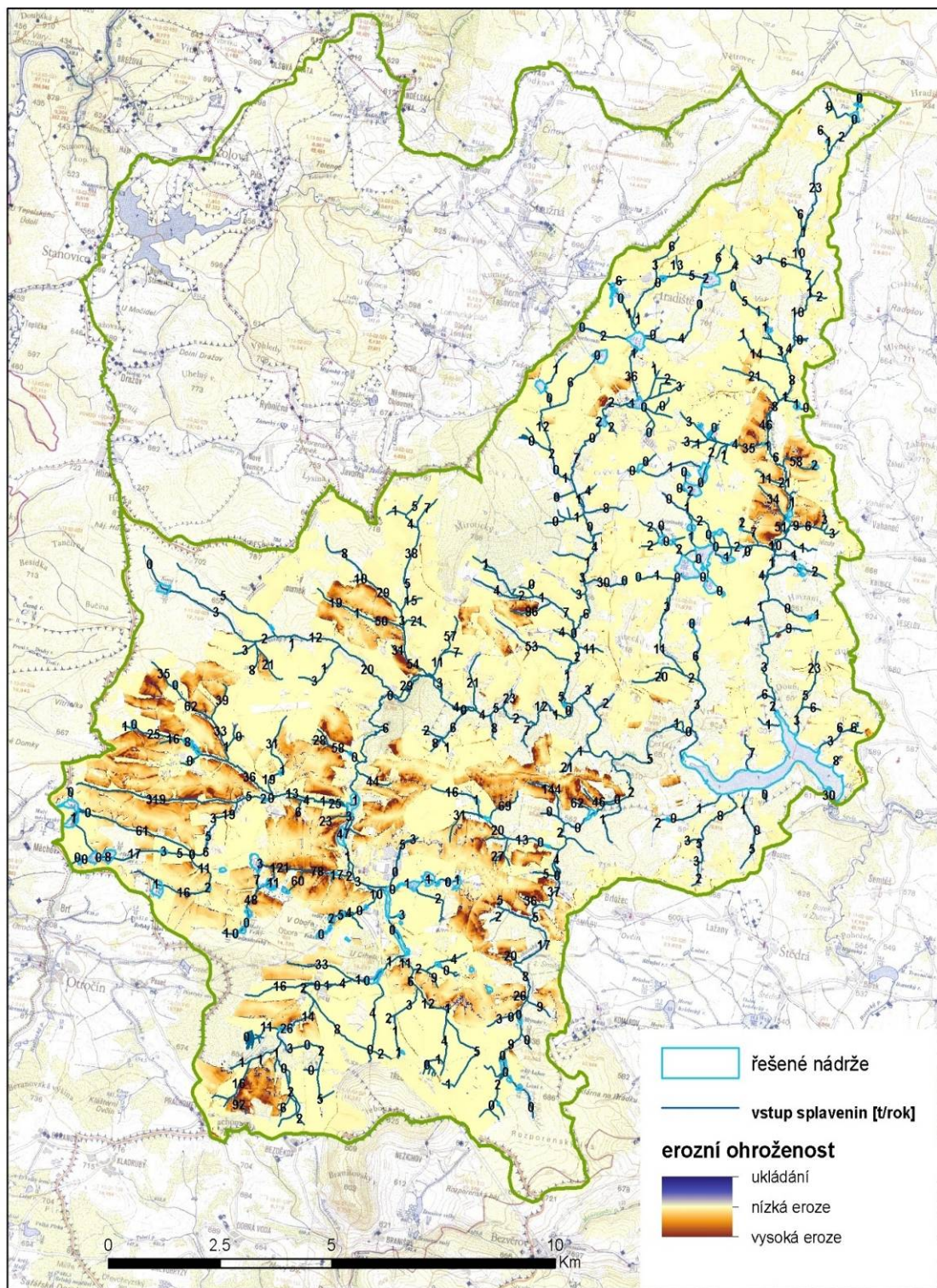
5. 9. Zdroje živin

Pro základní rozlišení se zdroje znečištění dělí na bodové, plošné a difúzní.

5. 9. 1. Plošné zdroje

Plošným znečištěním dochází ke kontaminaci vod zejména dusíkem, erozním materiálem a pesticidy, v některých případech také fosforem. Lesní plochy bývají zdrojem relativně malého množství a nízkých koncentrací P i N. Látkové odnosy a koncentrace P i N ve vodách odtékajících ze zemědělských ploch nabývají různých hodnot a to v závislosti na způsobu a intenzitě hospodaření, na konkrétních vlastnostech půdy, hydrologických podmínkách. Výsledky několika současných studií v zemědělských oblastech ČR ukazují, že odtok fosforu za běžných podmínek z orné půdy a travních porostů je velmi nízký a v některých oblastech se blíží odtoku z lesních půd (Vyskoč, et al., 2013). Problematika plošného znečištění je úzce spjata s plošnou vodní erozí. Ta má za následek snižování orní vrstvy půd, zhoršování jejich fyzikálních a chemických vlastností a zhoršení vodního režimu. Transport splavenin, na které je fosfor ve zvýšené míře vázán, může výrazně přispívat ke spuštění eutrofizačních procesů.

Zmapování plošných zdrojů fosforu, erozních procesů a zhodnocení množství splavenin dlouhodobě vstupujících do vodních toků a nádrží ze zemědělské půdy bylo cílem společného projektu NAZV, na kterém spolupracovali katedra hydromeliorací a stavebního inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze, Biologické centrum AV ČR, Výzkumný ústav vodohospodářský a Povodí Vltavy, pod vedením doc. Ing. Josefa Krásky, Ph.D. v letech 2010-2014. Jedním z výstupů je nově vytvořená mapa, která zohlednila kombinaci faktorů jako půdní typologie, geologie a bazální monitoring půdy v jednotlivých povodích 58 významných vodních nádrží v ČR z povodí Labe, Ohře, Berounky, Vltavy, Odry, Moravy a Dyje. Podklady pro výslednou mapu byly převzaty z registru zemědělské půdy LPIS, databáze ZABAGED, z modelu GEODIS DTM a databáze DIBAVOD. Jedním z dílčích povodí zpracovaných uvedenou studií bylo i zmapování erozní ohroženosti povodí VN Žlutice (obrázek č. 5) s vyčíslením ročního průměrného transportu splavenin a zobrazením erozní ohroženosti půd v okolí vodotečí ve výše jmenovaném povodí. Výsledky mapového šetření využitelnosti území a erozní ohroženosti půd jsem shrnula do tabulky č. 2.



Obrázek 5. Mapa erozní ohroženosti povodí VN Žlutice. Zdroj: Projekt NAZV, 2010 – 2014.

5. 9. 2. Bodové zdroje – ČOV

Mezi bodové zdroje patří čistírny odpadních vod (ČOV), průmyslové zdroje, odpadní vody z menších sídel a další specifické zdroje. Zásadní změny v přísunu P i N do povrchových vod způsobuje vypouštění nečištěných splaškových odpadních vod zaústěním kanalizace a provozem přepadů odlehčovacích komor. Množství vypouštěného znečištění z těchto bodových zdrojů závisí zejména na vybavenosti sídel a počtu obyvatel připojených na ČOV. V případě povodí VN Žlutice jsou nejdůležitějšími bodovými zdroji znečištění: Toužim, Krásné údolí, Útvina a Bochov. Menší ČOV je též v Kosmové. Vzdálenost monitorovaných profilů od výše jmenovaných ČOV a od obcí je uvedena v tabulce č. 2.

Město Toužim má vybudovanou jednotnou kanalizační síť. Na kanalizační síti je umístěno 6 odlehčovacích komor (dále OK). Slouží k odvedení nadměrného množství dešťových vod a zároveň jedna z nich slouží jako obtok ČOV. ČOV Toužim je umístěna na levém břehu řeky Střely na severozápadním okraji města. Jedná se o mechanicko -biologickou ČOV s hrubými česlemi, lapačem písku, oběhovou aktivací, dvěma dvojicemi dosazovacích nádrží, čerpací stanicí, dešťovou zdrží a uskladňovací nádrží na kal. Zdrojem odpadních vod jsou splaškové vody z bytové zástavby města a občanské vybavenosti. Největšími producenty odpadních vod jsou podniky OZAP Toužim, průmyslový podnik OK STS Toužim a výrobná čajů „ARTIFEX INSTANT s.r.o“. Všechny tyto podniky jsou napojeny na ČOV. Vodoprávní povolení k vypouštění odpadních vod do významného vodního toku Střela bylo pro provozovatele ČOV vydáno 4. 4. 2005 a v roce 2009 prodlouženo do 30. 6. 2015. Počet připojených EO byl stanoven na 2731 EO, jedná se tedy o největší provozovanou ČOV v povodí VN Žlutice a stanovení a dodržování limitů je patrné z tabulky č. 9 a 10. V roce 2012 zde byla zjištěna nepříznivá skutečnost, která zásadním způsobem ohrožovala jakost vody ve Střele a dále i ve VN Žlutice.

Další ČOV v povodí VN Žlutice se nachází v Útvině a je umístěna na pravém břehu Útvinského potoka v nejnižším místě obce. Odtok z ČOV je sveden do cca 500 m dlouhé strouhy s malým spádem, která ústí do Útvinského potoka. Jedná se o biologickou ČOV, na kterou jsou oddílnou kanalizací přiváděny odpadní vody z obce. V současné době je členěna na hrubé předčištění, sestávající z česlí a jejich obtoku, aktivaci a dosazovací nádrže s kalovým silem na přebytečný aktivovaný kal. Na ČOV není v současné době napojen žádný významný producent průmyslových

odpadních vod. Rozhodnutí k vypouštění odpadních vod do vod povrchových vydal Magistrát města Karlovy Vary v roce 2010 pro velikost zdroje 214 EO. Údaje o povolené jakosti vypouštěných vod jsou uvedeny v tabulce č. 9 a hlášení o vypouštění v tabulce č. 10. Jelikož je velikost ČOV do 500 EO, nevyžaduje se podle NV 61 stanovení limitů pro ukazatele P_{celk} . Po instalaci kontinuálního měření průtoků indukčním průtokoměrem v roce 2009 byly zjištěny vyšší průtoky a tím i vyšší množství vypouštěných odpadních vod, došlo u ukazatelů BSK_5 a NL ke zvýšení limitů a u ukazatele $CHSK_{\text{cr}}$ naopak k jejich zpřísnění.

Na západním okraji obce Bochov, mezi Panským rybníkem a ulicí Pod kopečkem je umístěna další mechanicko – biologická ČOV. Veškeré odpadní vody odtékají do Panského rybníka ležícím na Bochovském potoce. V současné době je v obci kanalizační síť jednotná s odlehčením. ČOV s hrubým předčištěním na přítoku, oběhovou aktivací, vertikální dosazovací nádrží a kalovým silem má na odtoku objekt na měření průtoků. Mechanické předčištění se skládá z ručně stíraných česlí a lapáku písku. Původní oxidační příkop byl rekonstruován instalací nové pneumatické aerace, která obsahuje jemnobublinné provzdušňování v kombinaci s ponorným míchadlem. Vzduchování probíhá diskontinuálně, aby probíhala i denitrifikace. Vybudováním nové dosazovací nádrže je řešen odvod znečištěných vod z oběhové aktivace přes měrný objekt do recipientu. Dosazovací nádrž je sedimentační. Její činnost je založena na koagulaci vločkovitého biologického kalu a jeho usazování vlivem rozdílných specifických vah částic kalu a vody. Část tohoto kalu je vrácena do aktivační nádrže jako vratný kal a část je odváděna jako přebytečný kal do kalového síla. Vyčištěná voda přepadá přes přepadovou hranu do sběrného žlabu a odtokovým potrubím je odváděna z dosazovací nádrže přes měrný objekt (Parshallův žlab) do recipientu. OK je umístěna přímo v areálu ČOV. Provozovatelem ČOV t. j. Vodárnami a kanalizacemi Karlovy Vary a. s. bylo v roce 2013 požádáno o změnu povolení k nakládání s vodami, jejíž důvodem bylo navýšení množství přitékajících vod na ČOV v důsledku nadprůměrných srážek v květnu a v červnu r. 2013. V souvislosti se změnou množství vypouštěných odpadních vod došlo i ke změně bilančního znečištění a limitů u ukazatelů $CHSK_{\text{cr}}$, $N-NH_4$ a P_{celk} (tabulka č. 9).

V obci Krásné Údolí byla vybudována další z výše jmenovaných ČOV a umístěna na pravém břehu Odolenovického potoka. Největším producentem odpadních vod, který je na biologickou ČOV napojen je podnik na výrobu mléčných výrobků Hollandia

a. s.. Součástí ČOV je hrubé předčištění a aktivace, dále kalová nádrž, dosazovací nádrž a měrný objekt na odtoku z čistírny. Odpadní vody z obce jsou přiváděny gravitačně do vtokového objektu ČOV. Do tohoto objektu jsou také čerpány odpadní vody z Hollandie a dále pak do objektu ručně stíraných česlí nebo do jejich obtoku. Přes rozdělovací komoru tečou odpadní vody do meandru v prostoru aktivační nádrže, kde dochází k denitrifikaci. Zde jsou promíchávány míchadlem RW 200. Z denitrifikačního meandru odtéká odpadní voda do aktivační nádrže, která je provzdušňována 7 provzdušovacími elementy ASEKO. Směs vyčištěné odpadní vody a aktivovaného kalu je odváděna do dosazovací nádrže, kde kal sedimentuje ke dnu. Kal plovoucí po hladině je mamutkou odváděn zpět do aktivace. Dále je v dosazovací nádrži instalováno čerpadlo vratného kalu, kterým se čerpá vratný kal zpět do aktivace. Čerpadlem vratného kalu může být kal čerpán do kalového sila, odkud je odvážen k další likvidaci. Vyčištěná voda odtéká přes přepadové hrany sběrného žlabu do měrného objektu (Thomsonův přeliv) a potrubím do recipientu. Celý chod čistírny je řízen pomocí automatického řídicího systému. Dešťové vody jsou oddělovány v odlehčovací komoře, která je součástí ČOV. Magistrát města Karlovy Vary, odbor životního prostředí jako příslušný vodoprávní úřad podle ustanovení § 106 zákona 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, vydal v roce 2004 žadateli Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a.s., rozhodnutí k povolení k nakládání s vodami pro vypouštění odpadních vod z ČOV Krásné Údolí do pravostranného přítoku Odolenovického potoka s počtem skutečně napojených obyvatel 595. Podle ustanovení § 9 odst. 1 a § 38 odst. 5 výše jmenovaného vodního zákona byly stanoveny hodnoty množství a koncentrace znečištění ve vypouštěných odpadních vodách (tabulka č. 9) Jediný ukazatel, který nebyl stanoven, byl ukazatel extrahovatelných látek (EL) a to z toho důvodu, že v závodě Hollandia, který je největším znečišťovatelem, je vybudované čistící zařízení. Tento ukazatel je tedy sledován na výstupu z Hollandie – přítok z Hollandie na ČOV Krásné Údolí. EL mají význam jako ukazatel přípustného znečištění např. odpadních vod z potravinářského průmyslu (výroby olejů, tuků, zpracování mléka, masa, ryb aj.).

Poslední, nejmenší ČOV v Kosmové, vypouští odpadní vody do řeky Střely. Povolení k vypouštění odpadních vod bylo stanoveno pro 144 EO. Veškeré limity stanovené pro toto povolení (tabulka č. 9) jsou s rezervou splňovány a k výrazným provozním výkyvům nedochází. Je to sice zdroj P, ale recipient, do kterého jsou

vyčištěné vody vypouštěny, řeka Střela, poté protéká 5–6 rybníky a ty zadrží část fosforu přicházejícího z povodí nad nimi. Kosmová je částí města Toužim a obec má oddílnou kanalizaci. Odpadní vody jsou gravitačně svedeny kanalizační stokou A, vybudovanou v rámci stavby panelových domů, do čistírny odpadních vod. Celou typovou balenou čistírnu BČ 40 tvoří jedna ocelová nádrž, která je rozdělena přepážkami. Je použit jemnobublinný aerační systém, provzdušněné kalové nádrže, nová vestavba v dosazovací nádrži včetně přečerpání kalu mamutkami. Tato aktivace je schopna odbourávat organické a amoniakální znečištění, s ohledem na velikost nádrže není možné odstraňování dusíku. V aktivaci je směs odpadní vody a aktivovaného kalu provzdušňována a dále odváděna do dosazovací nádrže. Zde dochází k sedimentaci kalu a vyčištěná voda odtéká ponořeným odtokovým objektem do odtoku. Zde jsou bezpečnostní ručně stírané hrubé česle s možností obtoku ČOV. Odtokové potrubí je odtud vedeno mimo čistírnu a je napojeno do odtokové revizní šachty. Z vtokového objektu tečou odpadní vody gravitačně do čerpací jímky, vestavěné v aktivační nádrži. Zde je osazeno kalové mělníci čerpadlo, které přečerpává odpadní vodu do aktivace. Na ČOV není v současné době napojen žádný producent průmyslových odpadních vod.

Jedním ze závažných problémů, se kterým se potýká řada ČOV, je pění aktivovaného kalu způsobené vláknitými mikroorganismy. Účinnou strategií řízení pění bylo využití přípravku SANBIEN XP 2001 v případě ČOV Kosmová a Bochov. Výhodou tohoto přípravku je nejen odstranění biologické pěny v aktivačních nádržích, zlepšení separačních vlastností aktivovaného kalu, a tedy zlepšení kalového indexu, ale především výrazné zlepšení hodnoty parametru CHSK (Cr) a P (celk) na odtoku. Zlepšuje též celkovou biocenózu na čistírně co do počtu a druhů organismů. Problémy s pění byly na ČOV Bochov způsobovány přítomností aktinomycety rodu *Nocardia*, dominantním vláknitým mikroorganismem na ČOV Kosmová byla aktinomyceta *Microthrix parvicella*. Veškeré informace o umístění, technických parametrech, kompletní technologii a systému čištění jsem čerpala z poskytnutých materiálů od provozovatele výše jmenovaných ČOV- KVAK – Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a. s. .

Díky skutečnosti, že se v technologii čištění odpadních vod u nových a intenzifikovaných čistíren odpadních vod cíleně uplatňuje biologické odstraňování dusíku a chemické odstraňování fosforu, došlo ke snížení vypouštění těchto látek z bodových zdrojů znečištění. U všech výše jmenovaných ČOV kromě Útviny se

fosfor sráží dávkováním koagulačního a flokulačního prostředku na bázi kovových solí Sudflock K2. Je to tekutý anorganický koagulant (srážedlo) a flokulant na bázi chloridu hlinitého a železitého $AlCl_3$ a $FeCl_3$, kde podíly vápníku a hořčíku podporují doplňkově tvorbu vloček. Tento prostředek v komunálních odpadních vodách likviduje vláknité bakterie a redukuje plovoucí a zbytnělé kaly. Ty mohou v nádržích nabobtnat až k přetečení vyhnívací věže. U ČOV Krásné Údolí se navíc dává ještě i Nanofloc, což v současné době představuje novou dimenzi v technologii čištění odpadních vod. Vyniká vysokou účinností a rychle nastupující reakcí. Vlastnosti aktivovaného kalu v ČOV se okamžitě začnou zřetelně a setrvale zlepšovat. Tento produkt umožňuje vytvoření extrémně stabilních kalových vloček v rekordně krátkém čase. Viditelně a setrvale zlepšují vlastnosti kalů a zaručuje tím stabilní provoz ČOV díky nízkému kalovému indexu a vysoké rychlosti sedimentace.

Odpadní vody z obce Přílezy jsou svedeny do jednotné kanalizace, sestávající se ze dvou stok, která však nemá centrální čištění a slouží k odvádění povrchových a odpadních vod z domácností sběrným systémem od zařízení určených k individuálnímu čištění (domácí ČOV a septiky). Tato obec v roce 2012 zažádala Magistrát města Karlovy Vary o povolení k vypouštění odpadních vod do průtočné vodní nádrže na bezejmenném pravostranném přítoku Přílezkého potoka pro 30 EO. V obci Sedlo je jednotná kanalizace, sestávající se z dvou větví, bez centrálního čištění a sběrným systémem odvádění odpadních vod od 20 EO do bezejmenného pravostranného přítoku Útvinského potoka.

Na základě platných rozhodnutí jsem v tabulce č. 9 zaznamenala limity k vypouštění odpadních vod z ČOV v povodí VN Žlutice. V kolonce povolené jsou hodnoty rozdělené na hodnoty přípustné koncentrace „p“, které nejsou aritmetickými průměry za kalendářní rok a mohou být překročeny v povolené míře a to do maximální koncentrace „m“, které jsou nepřekročitelné. Obě dvě koncentrace jsou uváděny v jednotkách mg/l. Bilance znečištění povolená „b“ uváděná v t/rok se vypočte „p“ x povolené množství vypouštěných odpadních vod za rok, v $m^3/rok / 1\ 000\ 000$.

Tabulka 9. Povolené limity znečištění pro vybrané ukazatele u nejvýznamnějších bodových zdrojů – ČOV v povodí VN Žlutice. Zdroj: Platná povolení vydaná Magistrátem města Karlovy Vary.

UKAZATELE	ČOV Kosmova			ČOV Toužim			ČOV Útina			ČOV Krásné Údolí			ČOV Bochov		
	Povolené			Povolené			Povolené			Povolené			Povolené		
	p	m	b	p	m	b	p	m	b	p	m	b	p	m	b
	mg/l	mg/l	t/rok	mg/l	mg/l	t/rok	mg/l	mg/l	t/rok	mg/l	mg/l	t/rok	mg/l	mg/l	t/rok
BSK ₅	30	60	0,24	20	35	7	30	50	1,68	20	40	1,9	20	25	2,4
CHSK _{CR}	100	180	0,8	80	120	28	110	170	6,16	90	150	8,6	75	90	9,6
NL	35	70	0,28	25	40	8,75	40	60	2,24	25	50	2,4	20	30	2,16
N-NH ₄	15	30		15	30	7,2				15	30	1,8	12	20	1,8
P _{CELK}	4	8		2	4	0,7				2	6	0,24	3	6	0,54

Odpadní vody z bodových zdrojů jsou přes ČOV odváděny do recipientu, které se však liší svojí velikostí, vodností, polohou v povodí a vztahem s okolními ekosystémy. Tyto faktory pak ovlivňují míru zadržení, nebo-li retence fosforu v krajině, jejíž vysoké hodnoty indikují dobrý ekologický stav v krajině. Pro zjištění, jakou měrou se bodový zdroj prostřednictvím ČOV podílí na zatížení povrchových vod fosforem, jsem použila rozborů provozovatele, které musí znečišťovatelé prostřednictvím ISPOP (informační systém plnění ohlašovacích povinností), který byl zřízen zákonem č. 25/2008 Sb., předávat každoročně základní údaje vodoprávnímu úřadu a správci povodí. Tyto zjištěné údaje jsem zaznamenala do tabulky č. 10. „V“ (mg/l) jsem označila průměrnou koncentraci vypouštěného znečištění pro jednotlivé ukazatele za rok, hodnoty „b“ – bilance skutečná, hlášená v t/rok.

Tabulka 10. Hlášené hodnoty za rok 2012 a 2013. Zdroj: ISPOP, 2012,2013.

UKAZATELE	ČOV Kosmova				ČOV Toužim				ČOV Útina				ČOV Krásné Údolí				ČOV Bochov							
	Hlášené								Hlášené								Hlášené							
	2012		2013		2012		2013		2012		2013		2012		2013		2012		2013					
	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b	V	b				
mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok	mg/l	t/rok					
BSK ₅	4,166	0,018	5,816	0,027	3,875	1,531	5,058	1,902	6,025	0,352	3,875	0,220	6,658	0,362	8,141	0,499	5,683	0,871	4,416	0,717				
CHSK _{CR}	33,66	0,148	32,830	0,152	27,750	11,108	26,500	9,962	40	2,340	28,000	1,588	52,330	2,842	46,250	2,837	31,5	4,829	32,250	5,239				
NL	6,166	0,027	8,100	0,037	5,143	2,059	6,822	2,565	18,5	1,082	7,925	0,449	9,7	0,527	10,830	0,664	52,889	1,223	66,010	1,381				
N-NH ₄	3,705	0,016	15,320	0,071	15,784	0,291	1,472	0,553	0,140	0,008	0,115	0,007	1,328	0,072	1,390	0,085	2,765	0,424	6,723	0,222				
P _{CELK}	1,198	0,005	0,903	0,004	2,601	0,341	0,946	0,356	0,772	0,045	0,096	0,049	1,775	0,096	0,956	0,059	1,291	0,198	1,283	0,283				

6. PLATNÁ LEGISLATIVA

Schválením zákona č.367/1990 Sb., o obcích, byla na bedra měst a obcí přenesena odpovědnost za samostatné hospodaření s vlastním majetkem a majetkovými právy v rozsahu stanoveném zvláštními zákony. Hlavním, limitujícím faktorem rozvoje obcí se ukázala nedostatečná úroveň vodohospodářské infrastruktury, zejména nakládání s odpadními vodami, které se dostává do rozporu se stále přísnějšími požadavky na ochranu životního prostředí. Obce, jejichž zastavěné území dosáhlo k 31.12. 2010 velikosti nad 2000 EO (ekvivalentní obyvatel – množství vytvořeného znečištění v gramech za den), jsou k tomuto datu povinny zajistit odkanalizování a čištění svých odpadních vod na úroveň stanovenou nařízením vlády vydaným podle ustanovení § 38 odstavce 5 vodního zákona. Jedná se o nařízení vlády č.61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů nařízení vlády č. 23/2011 Sb., (dále jen NV 61), které se vztahuje i na obce do 2000 EO.

NV 61 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech mimo jiné stanovuje:

- ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality (NEK) a požadavky na užívání vod (příloha č. 3, NV 61)
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod
- ukazatele a hodnoty přípustného znečištění odpadních vod, odpadních vod pro citlivé oblasti a pro vypouštění odpadních vod do povrchových vod ovlivňujících kvalitu vody v citlivých oblastech

Stěžejní byly pro moji práci normy environmentální kvality (NEK – RP – průměrná hodnota) pro útvary povrchových vod a požadavků na užívání vod pro vodárenské účely, v případě hodnot celkový fosfor. Dále to byly emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod (příloha č. 1 A – městské odpadní vody - hodnoty pro citlivé oblasti a ostatní povrchové vody). Stanovení emisních limitů při současném nepřekročení emisních standardů na základě ukazatelů vyjadřujících stav vody ve vodním toku, norem environmentální kvality a požadavků na užívání vod a cílového stavu vod ve vodním toku s přihlédnutím k nejlepším dostupným technikám

ve výrobě a nejlepších dostupných technologií (BAT) zneškodňování městských odpadních vod podle (příloha č. 7 k tomuto nařízení), za nichž lze odpadní vody vypouštět, se provádí kombinovaným způsobem.

Dalším vodítkem pro hodnocení může být hodnocení všeobecných fyzikálně – chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích, která je v souladu s platnou vyhláškou Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod. Z Rámcového programu monitoringu jsou zpracovány v souladu s požadavky na monitoring ekologického a chemického stavu povrchových vod podle přílohy č. 9 bodů 2 a 5 této vyhlášky programy provozního monitoringu. Tyto programy stanoví zejména vymezení monitorovacích míst, včetně jejich seznamu a počtu a seznamy sledovaných ukazatelů v jednotlivých maticích a četnosti jejich sledování pro každé monitorovací místo, včetně odhadu spolehlivosti a přesnosti výsledků. Údaje získané v Programu monitoringu povrchových vod se získávají pro účely naplňování požadavků evropské legislativy v oblasti ochrany vodního prostředí, mezinárodních monitorovacích programů, přeshraniční spolupráce, návrhu programů opatření, vyhodnocení realizovaných opatření, výkonu správy vodních toků a děl a hodnocení jakosti vody

Trvalý dohled nad způsobem zneškodňování odpadních vod a jejich vlastností vykonává stát prostřednictvím povolení k nakládání s vodami (§ 8, odst. 1, písm. c vodního zákona), sledováním, měřením a evidencí znečištění odpadních vod (ustanovení § 91 vodního zákona) a poplatků za vypouštění odpadních vod (ustanovení § 89, § 90 a přílohy 2 B vodního zákona). Vodní zákon v § 38 odst. 1 definuje pojem odpadní vody a v odst. 3. až 7. ukládá povinnosti subjektům, vypouštějící odpadní vody do povrchových a odpadních vod.

V ČR v zastavěném (urbanizované) území zajišťuje odvodnění kanalizace pro veřejnou potřebu, nebo-li veřejná kanalizace. Rozumíme tím stokovou síť včetně objektů vybudovaných na ní (retenční a dešťové nádrže, odlehčovací komory, výusti...), která zajišťuje transport odpadních vod k společné čistírně odpadních vod (dále jen ČOV). Ta slouží ke snížení koncentrace znečištění v odpadních vodách před jejich vypouštěním do recipientu. Pro stanovení velikosti ČOV je nutné znát nejen demografii obce (počet obyvatel, domů či bytových jednotek), která vypovídá

o předpokládaném vytvářeném znečištění a jeho rozložení na síti, ale i urbanismus obce (občanská vybavenost), geomorfologie obce (nadmořská výška, sklonitost terénu, hydrogeologické podklady o podloží) a typ a charakter zástavby. Při rozhodování o způsobu dopravy odpadních vod a jejich čištění jsou důležitými ukazateli jejich množství a jakost. Množství odpadních vod se uvádí v jednotkách toku, a to buď v l/s, m³/d, případně m³/rok a závisí na spotřebě vody u producenta a další přibrané vodě na cestě do ČOV (pronikání další vody netěsností potrubí, poklopů, šachet a zaústěním dešťové vody do domovní splaškové kanalizace). Mezi producenty řadíme obyvatele, průmysl a živosti, zemědělství. Pro výpočet bilancí a jejich přehlednost byl vytvořen již zmíněný pojem EO. Ukazateli znečištění odpadních vod, charakterizující možné dopady odpadních vod na jakost vod povrchových a podzemních jsou:

- * nerozpuštěné látky, které lze z vody většinou odstranit mechanickou cestou
- * biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ – spotřeba kyslíku, kterou organismy ve vzorku dané odpadní vody odeberou za 5 dní, aniž by jim byl kyslík dodán
- * chemická spotřeba kyslíku CHSK_{cr} - spotřebu kyslíku potřebnou k oxidaci všech látek, tedy nejen těch, které mohou být odbourány biologickou cestou. Jde stanovení míry znečištění vody organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami.
- * dusík N celk. a fosfor P celk. , živiny (nutriety), stimulující biochemické procesy, tvorbu buněčné hmoty a množení mikroorganismů.
- * amoniální dusík N-NH₄⁺, jehož vyšší koncentrace indikují možný vznik anaerobních procesů a omezit či zabránit tím tak dalším biochemickým procesům.

Při výběru umístění ČOV se vychází z místních, urbanistických, technickohospodářských, ekonomických, vodohospodářských, hygienických, stavebních, energetických, požárních a jiných zvláštních podmínek a hledisek. Velikost a kapacita ČOV je dána souhrnnou jednotkou počtu EO.

Rozlišujeme celkem 5 kategorií čistíren:

- 1) Kategorie ČOV <500 EO
- 2) Kategorie ČOV pro 501 – 2000 EO
- 3) Kategorie ČOV pro 2001 – 10 000 EO
- 4) Kategorie ČOV 10 001 – 100 000 EO
- 5) Kategorie ČOV >100 000 EO

V letních měsících, kdy kolísají průtoky vody ve vodních tocích jsou komunální ČOV významným zdrojem sloučenin dusíku.

Pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství byl vytvořen předpis Evropské unie -91/676/EHS tzv. „Nitrátová směrnice“. Nitrátová směrnice je nejlepší technologickou schůdností a platnou legislativou při výstavbě ČOV, v rámci jejího provozu by mělo docházet k odstraňování živin, především k eliminaci dusíku (N). U nás je nitrátová směrnice uplatněna v § 33 zákona č. 254/2001 Sb. (vodní zákon). Prováděcím předpisem je nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem. Zranitelné oblasti dusičnany (ZOD) jsou oblasti, kde se vyskytují vody znečištěné dusičnany ze zemědělských zdrojů a jsou vymezeny v rámci katastrálního území. Hospodaření ve zranitelných oblastech upravuje akční program nitrátové směrnice a požadované způsoby hospodaření závisí na půdních a klimatických podmínkách. Bylo k tomu využito údajů o bonitaci půdy – bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ). Tyto akční programy podléhají přezkoumání a případným úpravám nejdéle ve čtyřletých intervalech. 1. srpna 2012 je účinné nové nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem. Toto nařízení částečně mění vymezení zranitelných oblastí v ČR a uplatňuje 3. akční program nitrátové směrnice (od 1. 8. 2012). Byly zde upraveny požadavky kontroly, min. požadavky na používání hnojiv, které jsou hlavně vyžadovány u žadatelů o dotace na agroenvironmentální opatření.

7. VÝSLEDKY

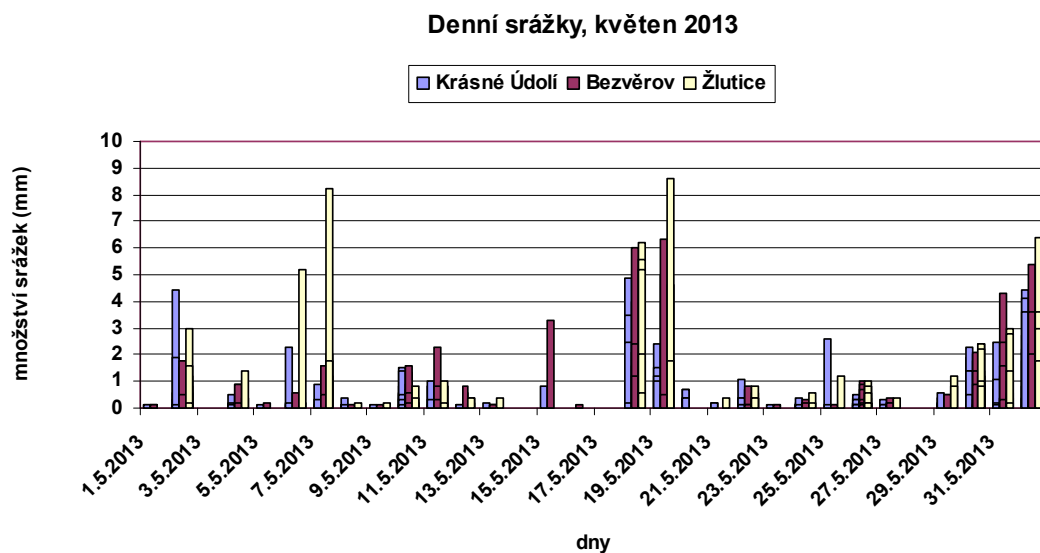
7. 1. Výsledky místního šetření

Při screeningu běžně nemonitorovaných vodotečí jsem zachytila 3 odlišné klimatické podmínky. První vzorky byly odebrány 16. 5. 2013, za suchého, bezdeštného období. Druhé vzorky byly odebrány 21. 8. 2013, kdy průtok ve sledovaných vodotečích byl již opadávající, po dešti 18. 9. 2013. Během 2 večerních hodin spadlo v povodí 6-12 mm srážek. Zvýšení průtoku po srážkách bylo jen mírné a voda byla v den odběru již bez viditelného zákalu. V období velmi mírných rovnoměrných srážek byl odebrán 18. 9. 2013 třetí, poslední vzorek v rámci monitoringu. Za 10 hod. spadlo v povodí kolem 7 mm srážek, voda v tocích měla tendenci ke slabému zákalu s mírně zvýšeným průtokem. V Toužimi bylo v provozu odlehčení kanalizačního řádu, což se projevilo viditelným znečištěním (obrázek č. 6).

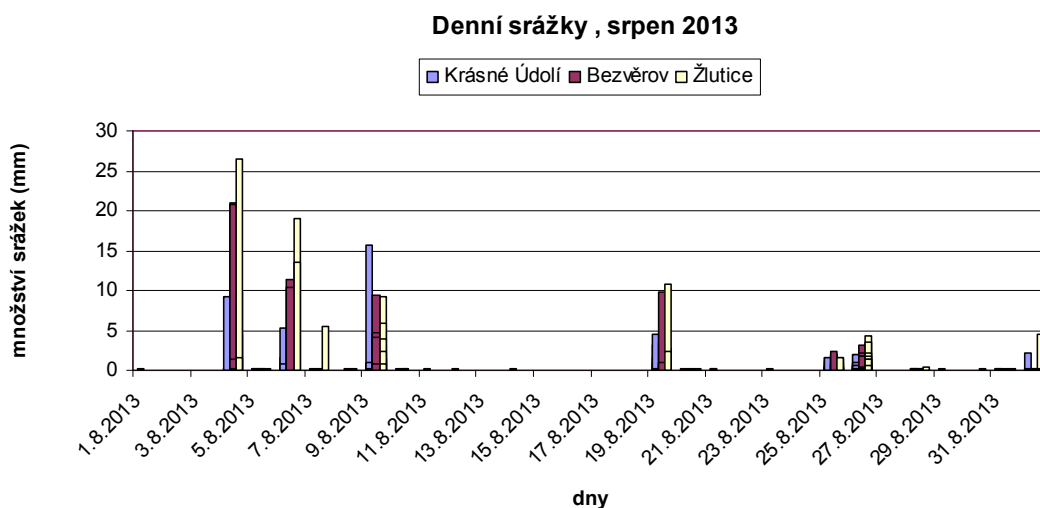


Obrázek 6. Znečištění řeky Střely odlehčením kanalizačního řádu nad ČOV v Toužimi. Zdroj: Autor, 18. 9. 2013.

Vývoj denních srážek v měsících květen, srpen a září v roce 2013 je patrný z hydrologických dat o stavech a průtocích na vodních tocích získaných z dispečinku státního podniku Povodí Vltavy, který zároveň využívá data ze srážkoměrných stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHU). Na jejich základě jsem vytvořila grafy vývoje srážek ve sledovaných měsících (obrázek č. 7, 8, 9).

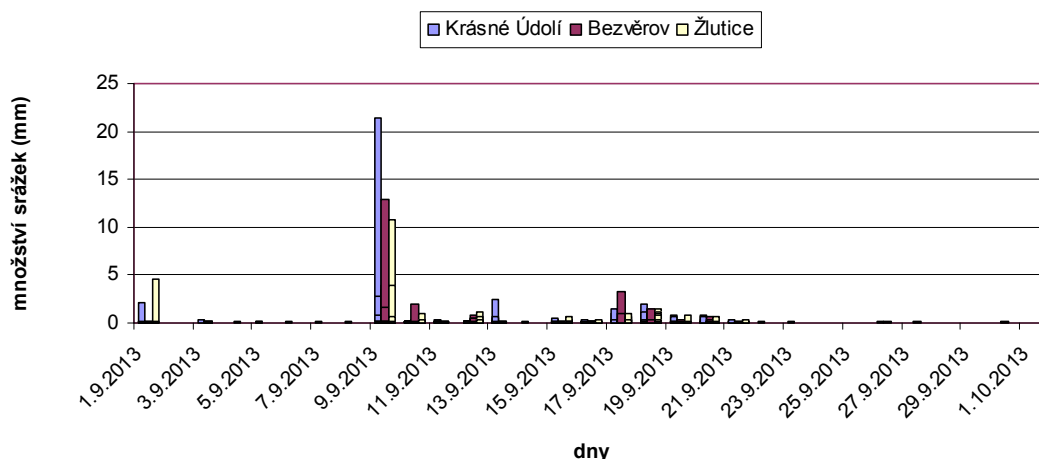


Obrázek 7. Vývoj denních srážek v měsíci květnu v roce 2013. Zdroj: ČHÚ, Povodí Vltavy, státní podnik, 2013



Obrázek 8. Vývoj denních srážek v měsíci srpnu v roce 2013. Zdroj: ČHÚ, Povodí Vltavy, státní podnik, 2013.

Denní srážky, září 2013



Obrázek 9. Vývoj denních srážek v měsíci září v roce 2013. Zdroj: ČHÚ, Povodí Vltavy, státní podnik, 2013.

Výsledky monitoringu (tabulka č. 11) jsem srovnávala a hodnotila podle platné legislativy v oblasti ochrany jakosti a stavu povrchových a podzemních vod a jejich přípustného znečištění odpadními vodami. Pro účely vyhodnocení výsledků získaných při monitoringu profilů v povodí VN Žlutice jsem srovnávala pouze s hodnotami NEK – průměrná hodnota (NV 61). Pro mnou vybrané a sledované ukazatele platí tyto hodnoty: NL_{105} : 20 mg/l, N- NO_3 : 5,4 mg/l, $P_{celk.}$: 0,15 mg/l a pro vodárenská povodí 0,05 mg/l.

Tabulka 11. Výsledky monitoringu (červeně jsou označeny hodnoty, které přesáhly limity dle NV 61), 2013.

	P- PO_4 (mg/l)			P-celk (mg/l)			N- NO_3 (mg/l)			NL105°C (mg/l)		
	16.5.	21.5.	18.9.	16.5.	21.5.	18.9.	16.5.	21.5.	18.9.	16.5.	21.5.	18.9.
Sřfela - Toužim pod ČOV	0,420	0,200	0,110	0,590	0,290	0,240	4,70	4,20	1,20	16	12	20
Sřfela - Toužim pod		0,029	0,024		0,200	0,150		2,00	1,20		24	13
Sřfela - Útvina	0,031	0,008	0,002	0,130	0,180	0,130	1,30	0,81	1,30	20	26	21
BP Sřfely od AN Toužim	0,002	0,007	0,011	0,032	0,098	0,110	1,30	0,83	1,70	4	15	21
BP Sřfely od Sedla	0,002	0,012	0,002	0,022	0,099	0,065	2,00	1,50	2,10	7,3	11	8,6
Odolenovický potok - Útvina (ústí)	0,057	0,012	0,052	0,450	0,420	0,260	2,00	1,40	1,90	23	6,2	6,6
Útvinský potok - Útvina pod	0,024	0,091	0,042	0,160	0,210	0,150	2,20	2,00	1,80	12	12	4,4
PBP Sřfely od Krásného hradu	0,002	0,005	0,003	0,004	0,029	0,025	5,80	4,90	5,60	3,1	1,4	6,6
Přilezský potok - Chylice	0,006	0,038	0,020	0,021	0,100	0,053	0,24	0,55	0,26	6,6	5,3	4,4
Čihanský potok - Svinov	0,004	0,017	0,014	0,013	0,072	0,061	0,89	0,60	0,47	8,8	9	11
LBP Sřfely od Mirotic - ústí	0,007	0,008	0,003	0,039	0,032	0,083	0,75	0,71	0,10	17	2,7	57,0
PBP Sřfely Kojšovice - ústí	0,010	0,020	0,018	0,013	0,048	0,056	0,86	0,88	0,67	4	2	24
PBP Sřfely od Lachovic - ústí	0,007	0,009	0,008	0,008	0,029	0,039	1,80	0,92	0,57	11	4,1	10
Bochovský potok - ústí	0,008	0,015	0,016	0,059	0,160	0,098	0,56	0,36	0,41	14	16	7,7
Luhovský potok - Lachovice	0,002	0,002	0,004	0,014	0,046	0,030	1,70	2,20	1,60	7,4	8	5,5
Jesínecký potok - Hlineč	0,003	0,013	0,027	0,018	0,047	0,051	0,25	0,44	0,31	6	3,3	5,2

7. 2. Povrchové vody – plošné zdroje

Problematika plošného znečištění je úzce spjata s plošnou vodní erozí. Se způsobem zemědělského hospodaření a následným vymýváním dusičnanů z půd souvisí převážná část znečištění povrchových i podzemních vod sloučeninami dusíku. Jsou to zejména vysoké koncentrace dusičnanového dusíku N-NO₃, a to především v jarním a podzimním období. Proto jsem v tabulce č. 12 srovnala využití území (land-use) ve sledovaných dílčích povodích s průměrnou koncentrací P celkového a N-NO₃ ve třech odběrových termínech.

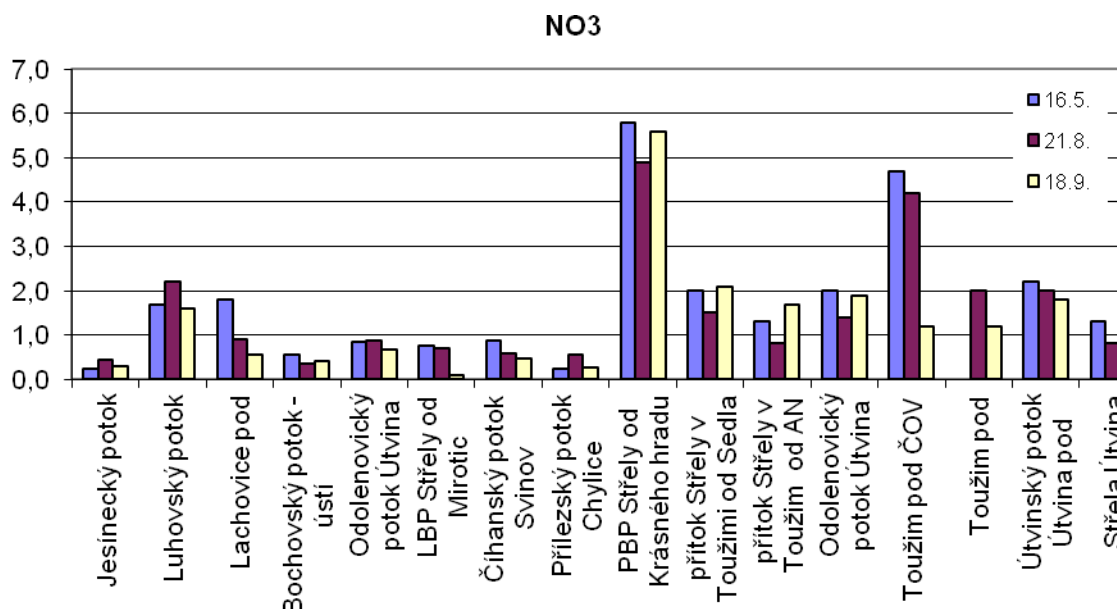
Tabulka 12. Využití území v dílčích povodích, průměrná koncentrace celkového P a N-NO₃ ve sledovaných měsících a propočet látkové bilance v daném období (Q = úhrn vody, která protekla sledovanými profily za měsíce květen, srpen a září 2013). Zdroj: Duras et al., 2014.

		Landuse (km ²)				Landuse (%)				Q 10 ³ m ³	P celk			N-NO ₃		
		Orná půda	Pastviny	Neobrávaná půda	Lesy	Orná půda	Pastviny	Neobrávaná půda	Lesy		mg/l	kg	kg/km ²	mg/l	kg	kg/km ²
1	Sřtela - Toužim pod ČOV	9,4	10,4	1,3	9,3	27,2	30,1	3,8	27,0	680	0,373	254	7,4	3,4	2290	66,4
2	Sřtela - Toužim pod	9,8	10,6	1,4	9,6	27,6	29,9	3,9	27,0	700	0,175	123	3,5	1,6	1120	31,6
3	Sřtela - Útvina	24,9	15,8	4,7	11,7	41,9	26,5	7,9	19,6	1173	0,147	172	2,9	1,1	1334	22,4
4	BP Sřtely od AN Toužim	0,3		0,4	0,9	15,8	0,0	21,1	47,4	37	0,080	3	1,6	1,3	48	25,2
5	BP Sřtely od Sedla	1,8		0,5	2,3	38,8	0,0	10,8	49,6	92	0,062	5,7	1,2	1,9	171	36,8
6	Odolenovický potok - Útvina (ústí)	4,6	3,4	0,6	1	46,2	34,1	6,0	10,0	196	0,377	74	7,4	1,8	347	34,8
7	Útvinský potok - Útvina pod	12,6	5,2	1,9	2,1	57,3	23,6	8,6	9,5	434	0,173	75	3,4	2,0	868	39,4
8	PBP Sřtely od Krásného hradu	0,6		0,1	0,1	77,9	0,0	13,0	13,0	15	0,019	0,3	0,4	5,4	83	107,1
9	Přilezský potok - Chylice	0,7	3,9	0,4	7,9	5,4	30,2	3,1	61,1	255	0,058	15	1,1	0,4	89	6,9
10	Čihanský potok - Svinov	1,6	4,7	1,2	4	14,0	41,1	10,5	35,0	226	0,049	11	1,0	0,7	147	12,9
11	LBP Sřtely od Mirotic - ústí	0,1	0,4	0,5		10,0	40,0	50,0	0,0	20	0,051	1	1,0	0,5	10	10,3
12	PBP Sřtely Kojšovice - ústí	0,3	0,8		0,5	18,8	50,0	0,0	31,3	32	0,039	1	0,8	0,8	25	15,8
13	PBP Sřtely od Lachovic - ústí	0,1	0,2	0,2	0,2	13,3	26,7	26,7	26,7	15	0,025	0,4	0,5	1,1	16	21,6
14	Bochovský potok - ústí	2,6	13	4,1	10,6	8,5	42,4	13,4	34,6	605	0,106	64	2,1	0,4	268	8,7
15	Luhovský potok - Lachovice	6,6	2	2,6	11,8	28,6	8,7	11,3	51,1	456	0,030	14	0,6	1,8	835	36,2
16	Jesínecký potok - Hlíněč	0,3	4,7	2,1	3,5	2,7	42,2	18,9	31,4	220	0,039	8,5	0,8	0,3	73	6,6

Látkovou bilanci v jednotlivých dílčích povodí jsem propočítala jako úhrn vody, která protekla sledovanými profily za měsíc květen, srpen a září, vynásobený průměrnou koncentrací dané látky za uvedené tři měsíce. Tato hodnota umožnila srovnávat chování různých povodí VN Žlutice za konkrétních podmínek.

I přesto, že v rámci méj diplomové práce byly vzorky odebrány jak v době dozrívajícího jara, tak v pokročilém stádiu vegetačního období, koncentrace N-NO₃ byly zjištěny nízké, až velmi nízké. Z hodnot zaznamenaných v tabulce č. 11 je patrné, že povodí VN Žlutice je zemědělsky nepříliš intenzivně využíváné a podíl orné půdy je poměrně nízký. Nejvyšší podíl orné půdy je pouze u profilů č. 8 (77,9%), č. 7 (57,3%), č. 6 (46,2%) a u profilu č. 3 (41,9%). Tyto hodnoty korespondují i s nejméně ohroženými oblastmi z mapy erozní ohroženosti (obrázek

č. 5). Není ovšem možné říci, jaké množství dusíku vstupuje do vod za běžných odtokových situací a jaké množství během erozních událostí. Přímý vztah mezi využitím půdního fondu, v povodí VN Žlutice – lesa, orné půdy a pastvin a jeho vlivem na erozní procesy, by bylo vhodné využít při realizaci protierozních a protiodtokových opatření v povodí.

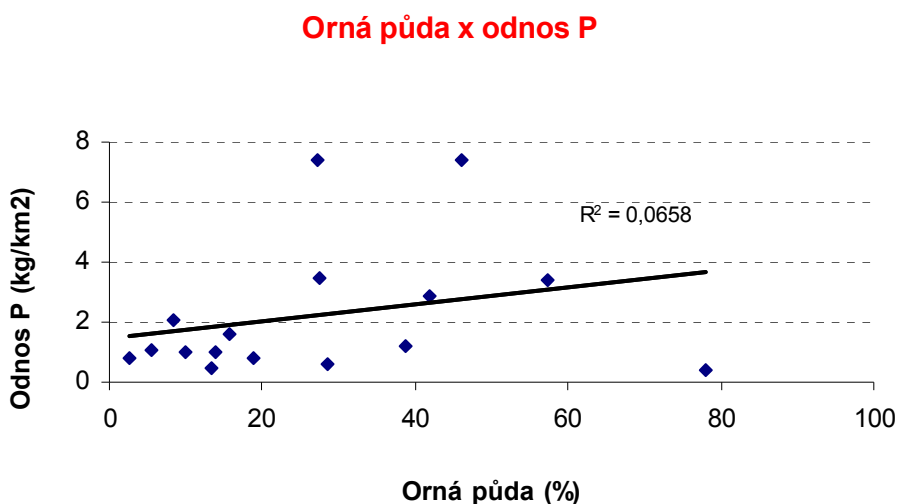


Obrázek 10. Grafické znázornění naměřených hodnot N-NO₃ v nově zvolených profilech v povodí VN Žlutice.

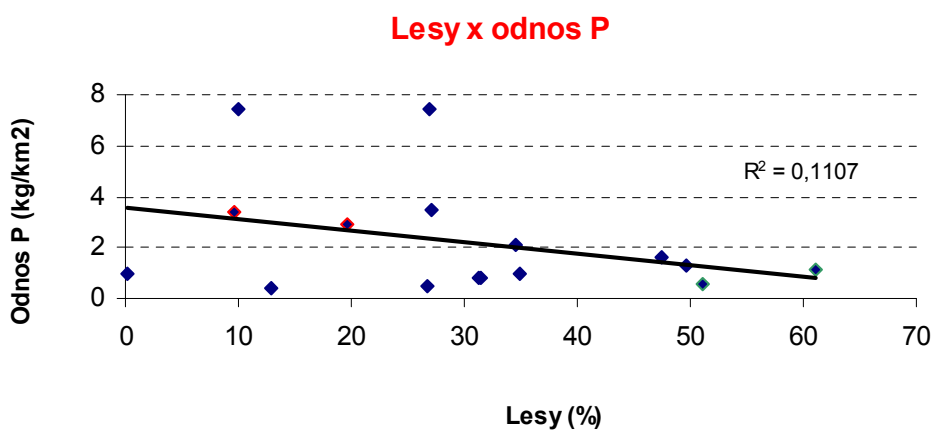
Z výsledků monitoringu byly zjištěny vyšší hodnoty N-NO₃ pouze u profilů č. 8 a č. 1 (obrázek č. 10). Koncentrace v profilu č. 8 nabývaly hodnot 5,8 a 5,6 mg/l a to v prvním a třetím odběrném dni, kdy první hodnota byla naměřena za suchého, bezdeštného období a druhá hodnota v období velmi mírných, rovnoměrných srážek. Na hodnotě z prvního dne se ještě projevuje doznívání vlivů jarních zvýšených koncentrací. Nižší hodnota 4,9 mg/l byla naměřena za zvýšeného průtoku po vydatném dešti. Koncentrace u profilu č. 1 vykazovaly též vyšší hodnoty 4,7 a 4,2 mg/l N-NO₃. Zde jsou z hlediska land-use – využití území z 30,1% zastoupeny pastviny a 27% lesy a stejnými procenty i orná půda. Příčina zvýšených koncentrací N-NO₃ je zde vnos znečištění s vyčištěnými odpadními vodami z ČOV Toužim. Bodový zdroj se tak v případech, kdy je průtok odpadní vody vysoký a vodnost recipientu nízká, může stát lokálně významným zdrojem dusíku. V odběrných profilech č. 3, 6, 7, 9 je sice skoro poloviční procentní zastoupení orné půdy, přesto výsledné hodnoty N-NO₃ jsou v průměru 1,1–2 mg/l. Výše uvedené profily jsou

zároveň ve zdrojovém erozním území a v blízkosti obce Útvina, kde se nachází jedna z ČOV v povodí VN Žlutice.

V následujících grafech (obrázek č. 11, 12, 13, 14) jsem se pokusila na základě výsledků monitoringu (tabulka č. 12) zachytit případný vztah specifického odnosu P a procentickým podílem orné půdy, lesů, pastvin a hustotou obyvatel v povodí VN Žlutice.

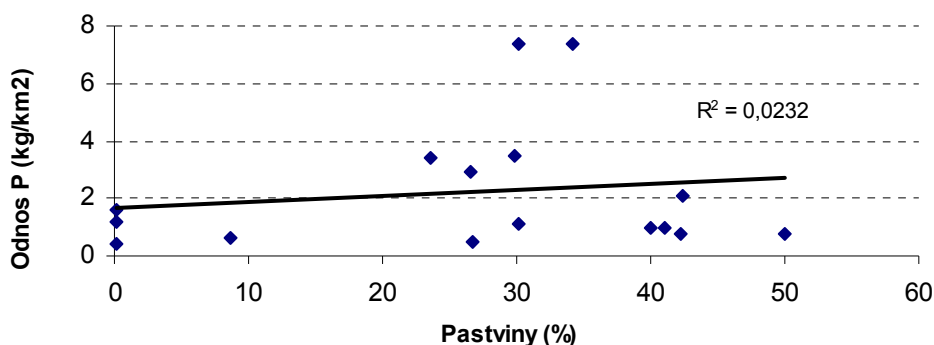


Obrázek 11. Vztah specifického odnosu a procentického podílu orné půdy v daném povodí.



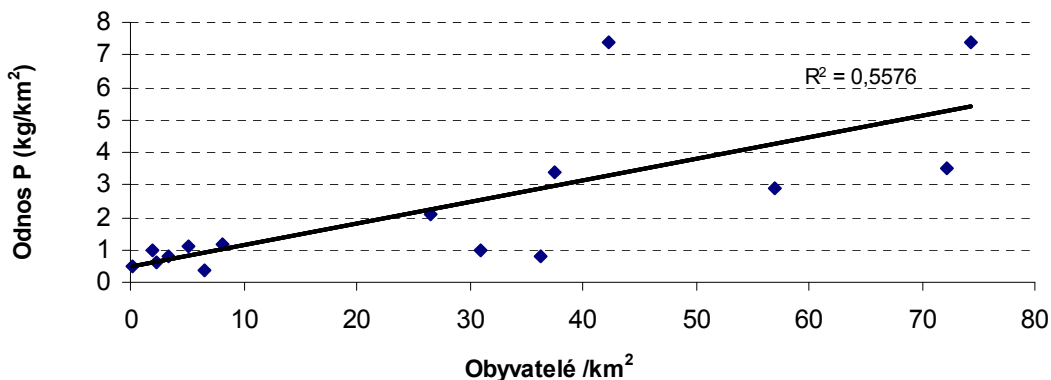
Obrázek 12. Vztah specifického odnosu P a procentického podílu lesů v daném povodí.

Pastviny x odnos P



Obrázek 13. Vztah specifického odnosu P a procentického podílu pastvin v daném povodí.

Obyvatelé x odnos P



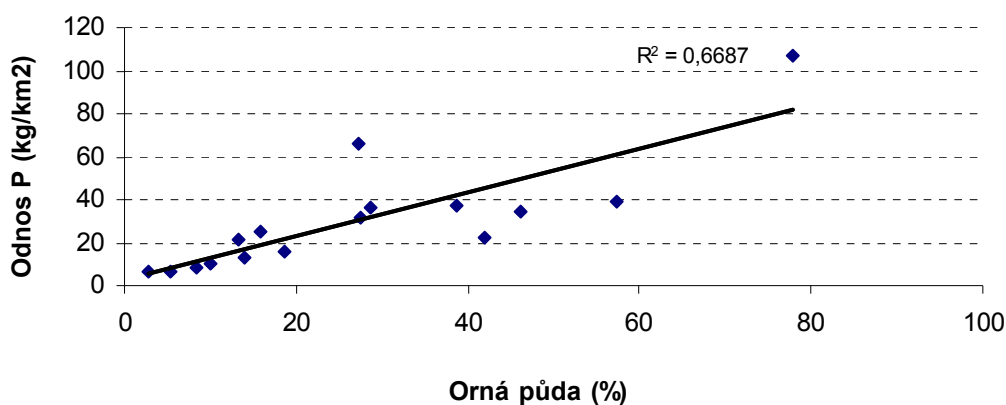
Obrázek 14. Vztah specifického odnosu P a hustoty obyvatel v daném povodí.

Nejvyšší hodnoty specifického odnosu P byly zaznamenány u profilů č. 1 a 6 (7,4 kg/km²). Nejnižší hodnoty u profilů č. 8, 13 a 15. Vyšší hodnoty specifického odnosu P zaznamenané u profilů č. 1, 6, 2 a 3 jsou ovlivněny vypouštěním odpadních vod z ČOV. Z těchto výsledků vyplývá pozitivní vztah mezi hustotou obyvatelstva a specifickým odnosem z povodí, který je běžnou záležitostí. Určitý vztah byl nalezen mezi nižším specifickým odnosem P a vyšším procentickým podílem lesů, nebo pastvin. U profilu č. 9, kde je procentický podíl lesa 61,1 % byl specifický odnos P

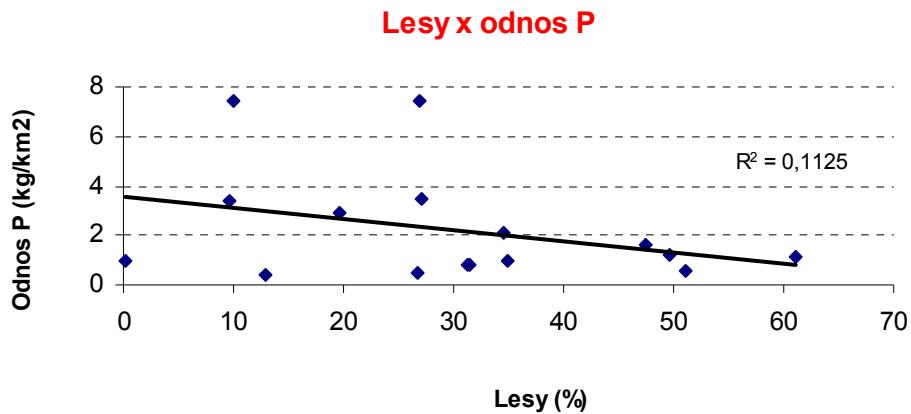
1,1 kg/km² a u profilu č. 15 s procentickým podílem lesa 51,1% byl specifický odnos P 0,6 kg/km² (zeleně ohraničené body v obrázku č. 12). Oproti tomu u profilů s nižším procentickým podílem lesů byl specifický odnos P vyšší. Především u profilů č. 3 s podílem lesa 19,6%, kde specifický odnos P byl 2,9 kg/km² a č. 7 s podílem lesa 9,5% a specifickým odnosem P 3,4 kg/m² (červeně ohraničené body v obrázku č. 12). Vztah vyššího procentického podílu pastvin a nižšího specifického odnosu P dokazují profily č. 12 (50% podílu pastvin a 0,8 kg/km² specifického odnosu P) a č. 16 (42,2% podílu pastvin a 0,8 kg/km² specifického odnosu P). Vyšší specifický odnos P byl zjištěn na profilech č. 3 (26,5% podílu pastvin a 2,9 kg/m² specifického odnosu P) a č. 7 (23,6% podílu pastvin a 3,4 kg/m² specifického odnosu P). Křivku regrese ovlivňují bodové zdroje. Dále nebyla zjištěna žádná závislost specifického odnosu P na podílu orné půdy v povodí. Je nutné podotknout, že pokud bych při monitoringu zachytila významnější povodňovou událost a byl by započten i P na erozních částicích, výsledky by se zřejmě lišily.

Následující grafy (obrázky č. 15, 16, 17, 18) zachycují vztah specifického odnosu N-NO₃ a procentického podílu orné půdy, pastvin, lesů a hustoty obyvatelstva v povodí VN Žlutice na základě výsledků monitoringu.

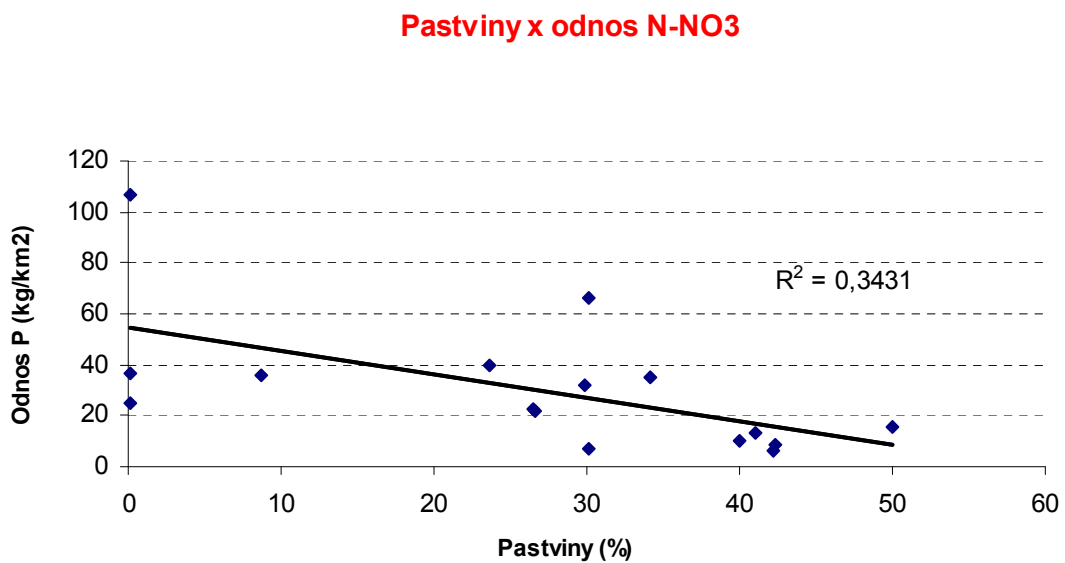
Orná půda x odnos N-NO₃



Obrázek 15. Vztah specifického odnosu N-NO₃ a procentického podílu orné půdy v daném povodí.

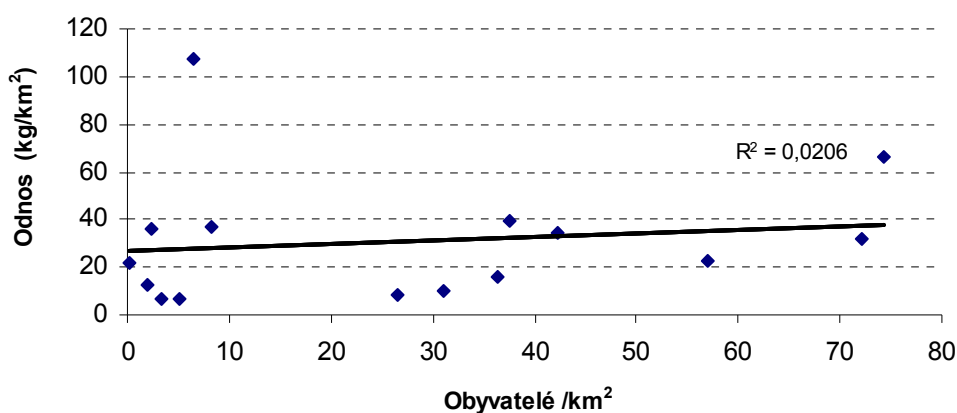


Obrázek 16. Vztah specifického odnosu N-NO₃ a podílu lesa v daném povodí.



Obrázek 17. Vztah specifického odnosu N-NO₃ a podílu pastvin v daném povodí.

Obyvatelé x odnos N-NO₃



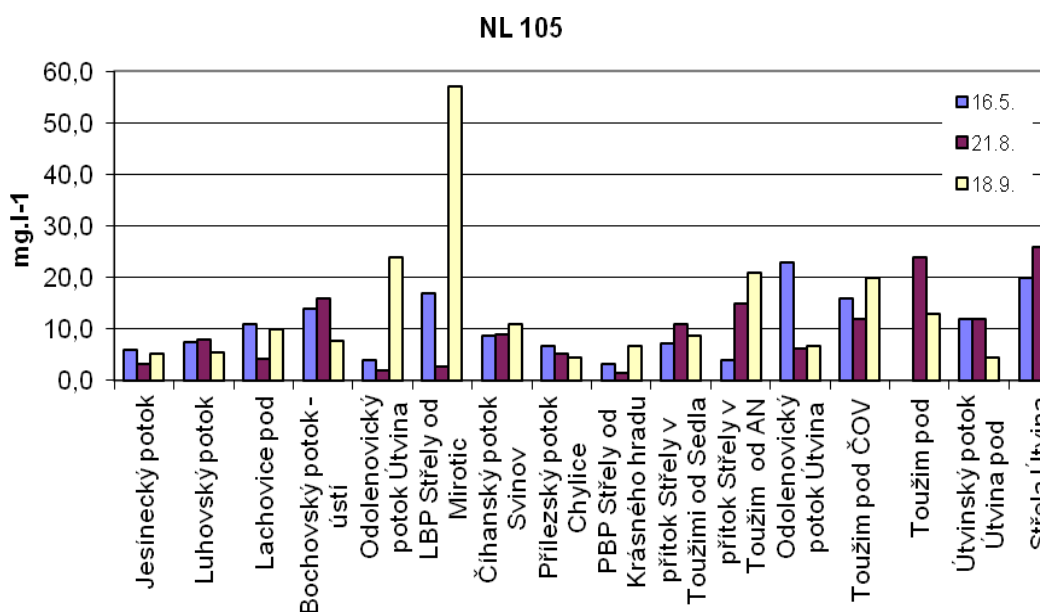
Obrázek 18. Vztah specifického odnosu N-NO₃ a hustoty obyvatelstva v daném povodí.

Obvyklým jevem, kterým je vztah orné půdy a specifického odnosu N-NO₃, byl zjištěn a potvrzen výsledky monitoringu v rámci méj diplomové práce. Nejvyšší hodnoty specifického odnosu N-NO₃ (107,1 kg/km²) byly zaznamenány u profilu č. 8, kde je vysoký podíl orné půdy (77, 8%). Naopak nízké hodnoty specifického odnosu N-NO₃ (6,6 – 8,7 kg/km²) byly zaznamenány u profilů č. 9, 14 a 16, kde je znatelný vyšší podíl lesních ploch (31,4 – 61,1%) a nízký podíl ploch orné půdy (2,7 – 8,5%). U profilu č. 1 - Toužim pod ČOV, je zřetelný vliv vnosu N s odpadními vodami z ČOV za nízkých letních průtoků. Rozdíl v hodnotách specifického odnosu N-NO₃ mezi profily č. 1 (66,4 kg/km²) a č. 2 (31,6 kg/km²) dokazují snížení hodnot po průchodu povrchových vod kaskádou dvou rybníků, které tyto hodnoty snižují účinnou denitrifikací.

Z obrázku č. 19 jsou viditelné nejvyšší hodnoty NL₁₀₅ (57 mg/l) byly naměřeny u profilu č. 11 v období mírných, rovnoměrných srážek (třetí odběrný den) a voda v tocích měla tendenci k slabému zákalu s mírně zvýšeným průtokem. U tohoto profilu není patrná žádná souvislost mezi podílem orné půdy (10%) a s tím spojenou erozí. Lze se domnívat, že příčinou vysokých hodnot NL₁₀₅ je 50% zastoupení neobdělávané půdy, v rámci které odvodňovací příkopy a strouhy odvádějí při dešti nerozpuštěné látky do tohoto bezejmenného přítoku Střely. Obdobná je situace i u profilu č. 12, kde byly naměřeny vyšších hodnoty (24 mg/l) v třetím odběrném dni, jinak byly průměrné hodnoty NL₁₀₅ 3 mg/l. U profilu č. 6 byly na rozdíl od výše

zmíněných profilů naměřeny vyšší hodnoty (23 mg/l) v období sucha (první odběrný den). U profilů č. 2 (Toužim pod) a č. 3 (Střela – Útvina) byly naměřeny zvýšené hodnoty spojené se srážkovým obdobím. To opět ukazuje na skutečnost nedostatečně funkčního kanalizačního systému a odlehčovacích komor před ČOV v Toužimi a v Útvině. Je tedy vidět, že aktuální koncentrace nerozpuštěných látek ve vodoteči může být určována kromě rozlohy orné půdy ještě více dalšími faktory.

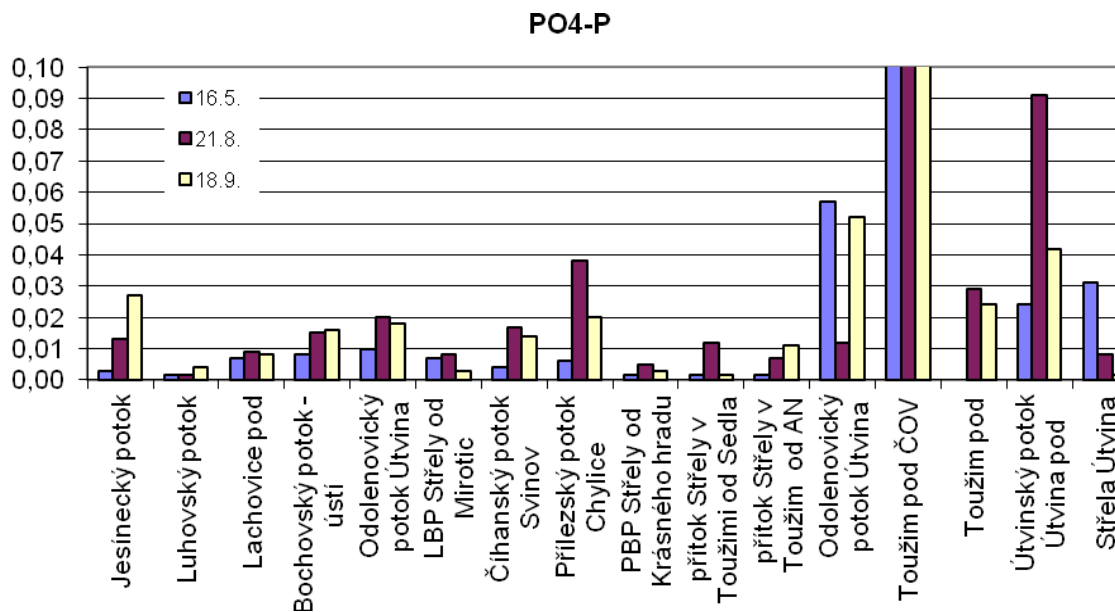
Obrázek 19. Grafické znázornění naměřených hodnot N_{L105} v nově zvolených profilech v povodí VN Žlutice.



7. 3. Povrchové vody – bodové zdroje

7. 3. 1. Koncentrace P-PO₄

Koncentrace P-PO₄ byly v povodí VN Žlutice zjištěny obecně nízké (tabulka č. 11 a obrázek č. 20), s vysokými hodnotami pouze pod bodovými zdroji znečištění: Střela pod ČOV Toužim (profil č. 1), Odolenovický a Útvinský potok (č. 6 a 7) pod ČOV Krásné údolí a ČOV Útvina. Významnou pozitivní roli v období monitoringu sehrály rybníky Podzámecký a Nový (příloha č. 18, 20), v nichž docházelo ke snižování koncentrací P-PO₄. Tímto byly potvrzeny výsledky již dříve prováděných sledování výše jmenovaných rybníků (Duras a Potužák, 2012). Obdobná situace je u Panského rybníka (příloha č. 19), který přijímá odpadní vody z obce Bochov a poté jsou svedeny do mechanicko – biologické ČOV. Koncentrace P-PO₄ jsou viditelné z obrázku č. 20.



Obrázek 20. Grafické znázornění naměřených hodnot P-PO₄ v nově zvolených profilech v povodí VN Žlutice

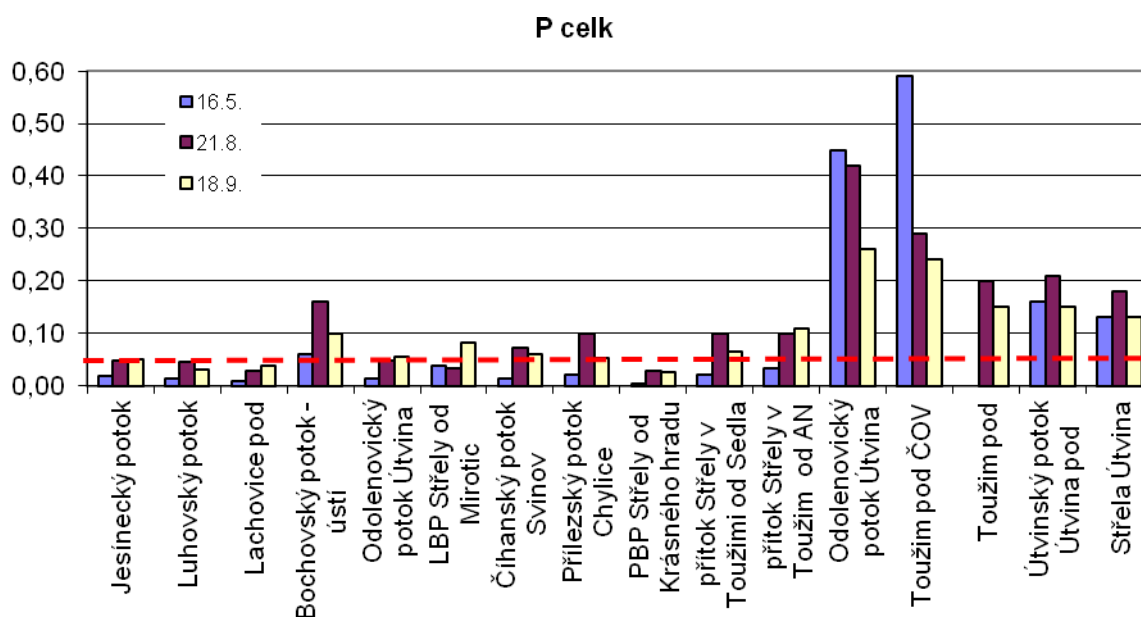
7. 3. 2. Koncentrace P_{celk}

Koncentrace celkového fosforu zahrnuje všechny formy fosforu ve vodě v době odběru vzorku. Jsou to formy rozpuštěné anorganické (partikulovaný fosfor-erozní částice, buňky řas a sinic), tak i organický, v různé míře uvolnitelný, fosfor. Imisní limity pro koncentrace P_{celk} jsou (podle přílohy č. 3 k NV 61) dle NEK-RP průměrných hodnot 0,15 mg/l a dle požadavků pro užívání vody pro vodárenské účely hodnot 0,05 mg/l.

Z výsledků monitoringu jakosti vody v nově zavedených profilech (tabulka č. 11) je vidět, že koncentrace P_{celk} dosahovaly poměrně nízkých hodnot. Nejnižších hodnot dosahoval profil č. 8 (0,019 mg/l), čímž se potvrdila domněnka, že toto povodí není zdrojem P, ale zdrojem N. Převážně v letních měsících, kdy můžeme předpokládat vliv rekreačního využití tohoto území, mohou koncentrace P dosahovat vyšších hodnot. Profily č. 9 a 13 vykazovaly též nízké hodnoty koncentrace a nebylo dokázáno, že by obce Svinov, Chylice, Mirotice, Kojšovic a Lachovice byly zdroji P. Tyto malé obce s malým počtem obyvatel, bez kanalizace a převážně v lesním, či leso-pastevním povodí se nepodílí významně na vstupu P. Relativně vyšších hodnot koncentrace P dosahovaly tyto profily při druhém a třetím odběru.

Obdobných výsledků bylo dosaženo monitorováním odběrného profilu č. 5. Nízké koncentrace P_{celk} a PO₄-P dokazují jednoznačně pozitivní vliv průtočných rybníků

(Hluboký, Dolnosedelský, Sít'kový a Velký Melzerův rybník) na levobřežním bezejmenném přítoku od obce Sedla, či na jeho přítocích. Odpadní vody z této obce tudíž nemají vliv na naměřené hodnoty P v profilu č. 5. Svůj podíl však mají na naměřených hodnotách u odběrového profilu č. 7 - ústí Útvinského potoka do Střely. Zde je patrný odnos P z nejvýznamnějších bodových zdrojů – z ČOV. Koncentrace P_{celk} jsou patrné z obrázku č. 21.



Obrázek 21. Grafické znázornění naměřených hodnot P_{celk} v nově zvolených profilech v povodí VN Žlutice.

7. 3. 3. Odpadní vody

Obecně je vypouštění komunálních odpadních vod (bodové zdroje) hlavním zdrojem fosforu v povodí. Veškeré limity z tabulky č. 9 jsou formálně dodržovány. Nejsou zde však podchyceny hodnoty naměřené za neobvyklých situací (přívalové deště, povodně), které pak mohou znamenat nepodchycené přísuny živin do povrchových vod. Podle nařízení vlády č.61/2003 Sb., ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády 23/2011 Sb. by odběry neměly být prováděny za neobvyklých situacích, při přívalových deštích a povodních. To je z pohledu kontroly běžného provozu ČOV jistě v pořádku, ovšem nedozvíme se nic o fungování ani o emisích z ČOV za deště a vůbec nic o funkci jakéhokoliv odlehčení. Přitom právě období srážek z pohledu emisí fosforu zásadně důležité (Potužák et. al. , 2013). Za této situace část odpadních vod prochází čistícím procesem jen částečně, nebo vůbec a to

v závislosti na nastaveném systému fungování odlehčovacích komor. Takovou situaci jsem zachytila dne 18. 9. 2013 na Střele nad odběrným profilem Toužim nad ČOV (obrázek č. 6). Tyto vody pak představují významný zdroj P pro recipient či nádrž.

Výsledky monitoringu prokázaly, že významnými zdroji fosforu pro eutrofizaci VN Žlutice jsou čtyři největší města a obce v povodí VN Žlutice (Toužim, Útvina, Krásné Údolí a Bochov), ze kterých jsou odpadní vody čištěny na výše uvedených ČOV a následně vypouštěny do řeky Střely, či do jejích přítoků. Výsledky prokázaly, že bezproblémovou je nejmenší ČOV v povodí VN Žlutice v Kosmové.

Prvním významným zdrojem P po proudu řeky Střely je ČOV Toužim. Zde v roce 2012 byla řešena nepříznivá situace. Značnou část koryta zaujímaly kalové lavice se splaškovým zápachem, které zde byly pozorovány již od konce dubna 2012 a v průběhu vegetační sezóny se staly místem hnilobných anaerobních procesů. Zároveň byly zjištěny obrovské koncentrace fosforu. Výsledky rozborů dokázaly únik kalu z ČOV Toužim a pravděpodobnou příčinou bylo nedokonalé čištění dosazovacích komor a nedostatečné odčerpávání kalu. Kal naplnil dosazovací komoru a přecházel do odtoku.

Dalším nepřijatelné znečištění vodárenského toku bylo způsobeno nesprávnou funkcí oddělovací komory jednotlivých na kanalizaci před ČOV Toužim. Komora odlehčovala i za minimálních srážek, kdy ještě nebyla v činnosti ani dešťová zdrž. Provozovatel ČOV- KVAK – Vodárny a kanalizace Karlovy Vary a.s. byl vyzván ke správnému provozování ČOV, správnému nastavení odlehčovacích komor v kanalizačním řádu a k pravidelné kontrole objektů připojených na kanalizaci, a to zejména v souvislosti s pravidelným vstupem kuchyňských vod do odlehčení.

Nesprávná funkce ČOV a dešťového odlehčení ovlivňovala látkovou bilanci Podzámeckého a Nového rybníka. Podzámecký rybník vykazoval známky silně hypertrofního stavu se silným přetížením fosforem a organickými látkami, což jednoznačně ukazovalo na nepřiměřený vstup znečištění z Toužimi. Jednalo se pravděpodobně o nepodchycený epizodický vstup odpadních vod ze srážkových událostí. V rybníce též docházelo ke hromadné kultivaci hygienicky rizikových druhů silnic, které masivně vstupovaly do Nového rybníka a odtud pokračovaly do VN Žlutice, což prokázal monitoring v roce 2012.

Při dalších kontrolách byla zjištěna obdobná situace, a proto bylo Magistrátem města Karlovy Vary zahájeno správní řízení z moci úřední, které ve svém rozhodnutí

uložilo provozovateli ČOV Toužim opatření k odstranění zjištěných závad tak, aby ukazatele přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných z ČOV byly na úrovni BAT (nejlepší dostupné technologie). Provozovatel měl také uloženo odsátí kalových lavic z koryta Střely pod ČOV. Tento úkol byl ovšem splněn pouze z malé části, protože terén byl v okolí toku nepřístupný těžší mechanizací (autocisterna) a provozovatel nezapojil vhodné technologie. Zimní zvýšené průtoky pak kal z lavic (odhadem značně přes 100 m³ zvodnělého kalu) transportovaly do Podzámeckého rybníka, odkud se fosfor může potenciálně uvolňovat a přecházet do VN Žlutice. V lednu r. 2013 už bylo koryto Střely pohledově relativně čisté a bez kalových lavic. Monitoring profilu probíhal i nadále v průběhu roku 2013, kdy už se kalové lavice netvořily, protože dlouhodobě odkládaná oprava dosazovacích nádrží byla úspěšně realizována už v zimě 2012/2013.

Po proudu toku druhým bodovým zdrojem jsou odpadní vody z ČOV Útvina. Výústní objekt odpadních vod odtékajících z ČOV je umístěn do strouhy, která cca po 500 m ústí do Útvinského potoka. Strouha podle makroskopických pozorování i podle výsledků analýzy sehrává svoji pozitivní roli v přírodním dočištění těchto odpadních vod a k účinné retenci P (nízké koncentrace P u profilu č. 7, tabulka č. 12). Dochází zde ještě před zaústěním do Útvinského potoka k naředění těchto vypouštěných vod vodami dešťovými a možnými vyskytujícími se prameny a usazování nerozpuštěných látek. Na druhé straně zde zajisté dochází k zanášení strouhy při možném úniku kalu z dosazovací nádrže a pak záleží na nepropustnosti podloží a schopnosti zadržet toto znečištění. Ke snížení retence P zde určitě nedochází při zvýšených průtocích. Domnívám se ale, že celkový efekt a potenciál při retenci P v takto přírodním systému je rozhodně nezanedbatelný a je příkladem praktického využití strouhy pro biologické dočištění vypouštěných vod z ČOV.

Dalším významným bodovým zdrojem je ČOV Bochov. V srpnu r. 2013 byla zaměstnanci státního podniku Povodí Vltavy provedena rekognoskace této ČOV. ČOV Bochov je s přihlédnutím k jejímu „stáří“ provozována na dobré úrovni. V dobrém stavu je zejména technologická linka, naopak pozornost bude muset provozovatel věnovat ochranné části ČOV a jejímu kalovému hospodářství minimálně z hlediska údržby a oprav. ČOV zřejmě není přetížena, velikost zdroje zatížení je 2050 EO a podle hlášení provozovatele dosahuje účinnosti na hranici možností aplikovaného technologického procesu. Její stav v době rekognoskace to nevyklučoval. Nesmím však opomenout již výše zmíněnou roli Panského rybníka, do

kterého odpadní vody z ČOV přitékají a z kterého pak hlavně v letních měsících odtéká voda s nejvyšším obsahem P a amoniakálního dusíku (N-NH₄) dále směrem k VN Žlutice, která je v těchto měsících nejcitlivější na přísun živin. Závěry z projektu biomanipulace Panského rybníka v povodí VN Žlutice autorů (Duras a Hess, 1996) zde již byly využity a výsledky mého monitoringu jejich závěry potvrdily.

Pod Panským rybníkem již není významnější zdroj znečištění, všechny menší přítoky by neměly již zvýšit přísun P do VN Žlutice, naopak je možné předpokládat zředění těchto koncentrací. Odběrový profil č. 16 na základě výsledků ukázal, že Jesínecký potok, který je významným přítokem Střely před ústím do VN Žlutice zásadním způsobem neovlivní přísun živin do této nádrže. Průměrné hodnoty naměřených koncentrací (0,039 mg/l u P_{celk}) nasvědčují tomu, že velkou úlohu v zachycení případného znečištění vod P sehrají rybníky v horním úseku toku. Obdobně nízké průměrné koncentrace P-PO₄ (0,002 mg/l) a P_{celk} (0,03 mg/l), naměřené na odběrném profilu č. 15, odpovídají limitům dle NV 61 a nenaznačují tím žádný nepodložený bodový zdroj znečištění vod P. Vliv nemají ani odpadní vody z obce Radyně, která není odkanalizovaná a dešťové vody jsou zde odváděny systémem příkopů, struh a propustků povrchově mimo intravelán obce a splaškové vody jsou likvidovány v septicích s přepadem do terénu.

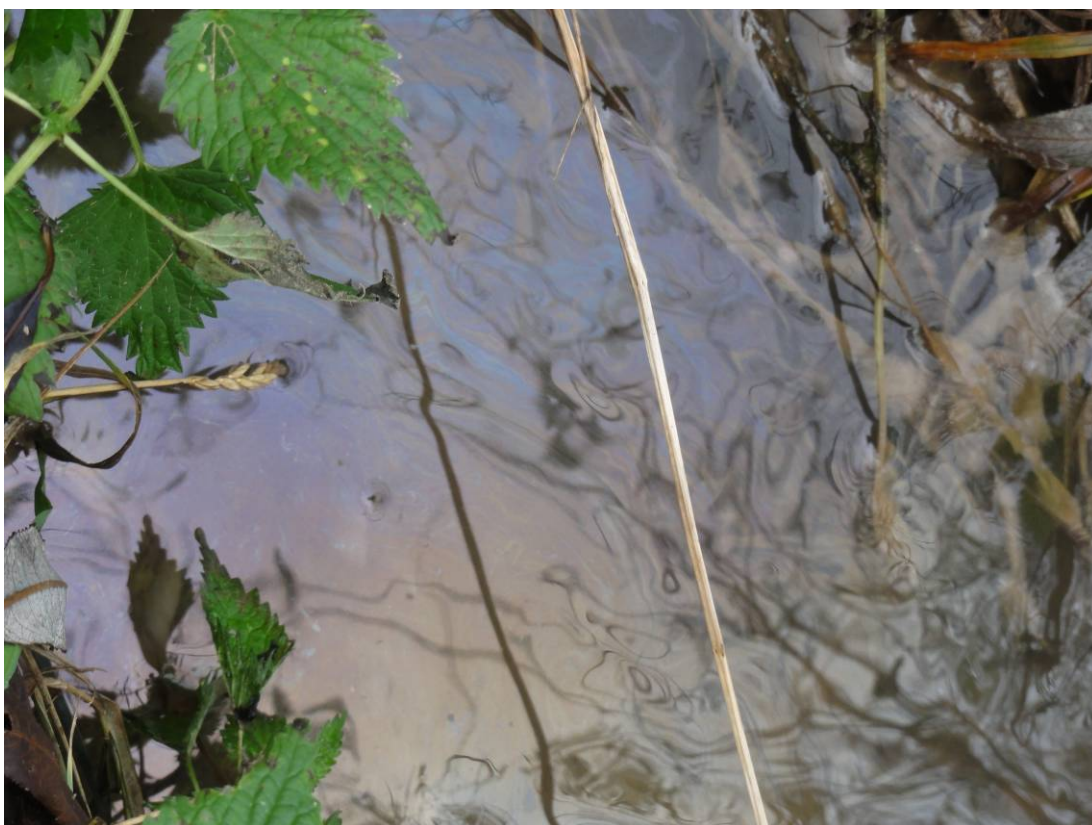
Nejproblematictější ČOV je v Krásném Údolí.

7. 3. 4. ČOV Krásné Údolí

Při prohlídce toku a pořizování fotodokumentace jsem v říjnu r. 2013 zjistila a zdokumentovala (obrázek č. 22) kal ve vodním toku pod ČOV. Na základě tohoto zjištění byl dne 30. 10. 2013 odebrán vzorek odpadní vody vpravo od ČOV (vzorek č. 1) a zároveň vzorek povrchové vody v místě u sila pod mlékárnou Hollandia (vzorek č. 2), kde byly zaznamenány znatelné stopy ropných látek na hladině. Oba vzorky byly zpracovány v laboratořích státního podniku Povodí Vltavy a byly zjištěny následující hodnoty, které jsem zaznamenala do tabulky č. 13.

Tabulka 13. Hodnoty znečištění a koncentrace znečištění u ČOV Krásné Údolí v říjnu 2013. Vzorek č. 1 – odpadní vody vpravo od ČOV Krásné Údolí, vzorek č. 2 – povrchové vody u sila pod f. Hollandia. Zdroj : Povodí Vltavy, státní podnik, 2013.

Ukazatel	Jednotky	Vzorek č. 1	Vzorek č.2	NV 61
BSK 5	mg/l	260	11	3,8
CHSK Cr	mg/l	560	53	26
NL 105	mg/l	130	13	
NL 505 C	mg/l	23	3,3	
N-NH4	mg/l	83	3,5	0,23
Fosfor -celk.	mg/l	13	1,2	1,2/ 0,05
Uhlovodíky C10 - C40	mg/l		5,1	0,1



Obrázek 22. Ropné látky v toku (bezejmenný přítok Odolenovického potoka od Krásného Údolí). Zdroj: Autor, říjen 2013.

Zvýšená hodnota BSK₅ (vzorek č. 2), je základním parametrem, který charakterizoval znečištění vody a výskyt znečišťujících (škodlivých) látek ve vodě. Vysoká hodnota CHSK_{Cr} vystihla celkové organické znečištění této vody. Zásadní však bylo zjištění vysokého obsahu uhlovodíků, což dokazovalo obsah ropných látek v povrchové vodě nad výustí ČOV. Správce vodního toku tudíž podal podnět k vodoprávnímu dozoru ve věci nepovoleného vypouštění odpadních vod z KVK

Krásné Údolí. Na jeho základě jsem při místním šetření zjistila zeminu s ropnými látkami na levém břehu vodního toku, které se stále ještě uvolňují do recipientu povodí VN Žlutice. Zemina se nachází na pozemcích mimo areál mlékárny a před privatizací se zde nacházely nádrže na mazut a ropné látky. Je tudíž nutné zabývat se tímto znečištěním vodního toku ropnými látkami a uložit majiteli pozemku opatření k nápravě dle § 42 vodního zákona (k odstranění následků nedovoleného vypouštění odpadních vod, nedovoleného nakládání se závadnými látkami nebo havárií). To zaznělo i v závěru řízení vodoprávního úřadu Magistrátu města Karlovy Vary.

Další závěry vyplývají z výsledků vzorku č. 1. Byly zjištěny vysoké koncentrace všech ukazatelů, což svědčilo o vypouštění nečištěných odpadních vod. Při místním šetření bylo zjištěno, že uvedená volná kanalizační výúst' není ve správě Vodáren a kanalizací Karlovy Vary a.s. a se jedná o dešťovou kanalizaci s volnou výústí z pozemku, sousedící s ČOV a problém bude následně řešen s majitelem pozemku.

Jednoznačným důkazem o přetížení této ČOV odpadními vodami z ČOV Hollandia, které tvoří 90% nátoku na ČOV byly i výsledky vzorků odebrané pracovníkem laboratoří Povodí Vltavy, s. p. dne 7. 11. 2013 v rámci plánovaného monitoringu. Zde byly překročeny (tabulka č. 11) hlavně ukazatele BSK₅ (78mg/l), CHSK_{Cr} (390 mg/l), NL 400 mg/l) a pro moji diplomovou práci důležitý Pcelk (11mg/l). I z těchto výsledků je patrné přetížení ČOV, která by byla v současné době dostačující pro potřeby čištění odpadních vod z obce. V případě napojení Hollandie, která rozšiřuje výrobu (1700 EO), ale otázku čištění většího množství odpadních vod neřeší (povolení na 1200 EO), je tato ČOV nekapacitní a je nutná rekonstrukce ČOV Hollandia, za kterou by měla následovat i rekonstrukce ČOV pro obec.

8. DISKUZE

8. 1. Vliv plošných zdrojů a land-use

Srovnáním jednotlivých odběrových profilů odlišilo hodnoty odnosu fosforu a dusíku z lesních povodí a zemědělských povodí. Na koncentrace N-NO₃ silně působila plocha orné půdy, trvalých travních porostů, méně již zalesněná plocha.

Výsledky a závěry jsou shodné s výsledky studie jakostního modelu povodí Jihlavy nad VD Dalešice, kterou v lednu 2014 zpracovala společnost Pöyry Environment a.s., jako hlavní zpracovatel (KÚ Vysočina, 2014). I zde dosahoval odnos N vysokých hodnot u mikropovodí převážně zemědělsky využívaného, méně u mikropovodí s vodními toky a nejméně z lesních mikropovodí. Naopak odnos P z lesních a zemědělských mikropovodí byl minimální, v mikropovodí s vodními toky či převahou rybníčních soustav dosahoval P vyšších hodnot. K obdobným závěrům dospěla i studie bilancí zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík, která byla vypracována ve spolupráci Biologického centrum Akademie věd ČR, v. v. i., Hydrobiologického ústavu a státního podniku Povodí Vltavy v roce 2010 (Hejzlar et al., 2010). Znečištění toků v povodí nádrže Orlík sloučeninami dusíku bylo až na výjimky dílčích, převážně zemědělských povodí bez rybníků nízké a opatření pro další snížení exportu N do nádrže nejsou potřeba.

I přímý vztah mezi využitím půdního fondu, v povodí VN Žlutice - lesa, orné půdy, pastvin a jeho vlivem na erozní procesy, by bylo vhodné využít při realizaci protierozních a protiodtokových opatření v povodí. V případě pastvin mohou vyšší hodnoty P značit oblasti s intenzivní pastvou skotu, nebo oblasti, kde jsou vysoké vstupy statkových hnojiv. Zároveň max. koncentrace dusičnanů, nacházejících se právě v těchto povodích, mají tendenci být vyšší, než z jiných land-use. Pro porovnání svých výsledků uvádím i výsledky z vyhodnocení monitoringu v povodí VN Mostiště, prováděného v roce 2006 (Hejzlar et al., 2006). Koncentrace P_{celk} v odtoku ze sledovaných mikropovodí se zemědělskou půdou byly relativně nízké s rozmezím průměrných hodnot 0,049-0,077 mg/l. V odtoku dominoval fosfor vázaný v částicích. Koncentrace P-PO₄ se většinou pohybovaly těsně nad limitem detekce (0,01 mg/l). Výjimkou byla odtoková událost po přivalových srážkách na začátku srpna, kdy se koncentrace P_{celk} (a v některých profilech i P-PO₄) až řádově zvýšily. V povodích se zemědělskou půdou dosahovaly koncentrace N_{celk} běžně

hodnot 10 až 20 mg/l a vykazovaly sezónní cyklus se zvýšenými koncentracemi v zimě a na jaře a sníženými koncentracemi koncem léta a na podzim. Dominantní složkou N_{celk} v odtoku z těchto povodí byl $N\text{-NO}_3$, který tvořil ve většině vzorků 80-95%.

Všeobecně tak navržená opatření vztahující se k plošným zemědělským zdrojům znečištění P spadají do oblasti obecných požadavků na protierozní ochranu zemědělské půdy a na dodržování zásad správné zemědělské praxe při používání hnojiv a při pastevním chovu hospodářských zvířat. Kvantita zdroje plošného zemědělského znečištění v tomto případě závisí na zvoleném způsobu hospodaření, použití hnojiv, pesticidů a na velikosti ploch využívaných pro živočišnou výrobu. Odpovědnost za svoji činnost by měli nést samotní zemědělci

8. 2. Vliv bodových zdrojů

Z výsledků propočtu látkové bilance v tabulce č. 12 jasně vyplývá zatížení Střely pod ČOV Toužim (profil č. 1). Další zatížení přichází Útvinským potokem (profil č. 6 a 7) pod ČOV Útvina. Výrazný vstup P ovlivněný Panským rybníkem pod ČOV Bochov přichází z posledního bodového zdroje v povodí VN Žlutice, z Bochova (profil č. 14). Tím se potvrdily závěry předešlých studií a monitoringů v minulých letech a jednoznačně prokázaly, že 4 největší města v povodí jsou zároveň největšími bodovými zdroji znečištění. Výše popsany vliv rybníků se na látkových bilancích pozitivně promítá.

Závislost vyšší hustoty obyvatelstva spojené s vypouštěním komunálních vod a bilančního hodnocení fosforu z těchto bodových zdrojů byla potvrzena bilancí zdrojů fosforu a dusíku v povodí VN Orlík. Nejvýznamnější části povodí, odkud se do nádrže Orlík dostávají vysoké koncentrace a velká množství P, jsou oblasti sídelních aglomerací situovaných podél řeky od Veselí n/Luž. k městu Tábor a oblast povodí Smutné, jež jsou silně zatíženy P z komunálních odpadních vod. V povodí Vltavy jsou největším zdrojem fosforu Českobudějovická pánev a údolí Stropnice, kde se kombinuje vliv komunálních odpadních vod a chovu ryb. V povodí Otavy je kritickým faktorem pro eutrofizaci otavského ramene nádrže vysoký obsah P z povodí Lomnice a Skalice, kde se na komunálním znečištění podílí především velké množství malých sídel o velikosti <500 obyvatel a rybářství. I autoři této studie došli k závěru, že úrovně koncentrace P bez eutrofizačních dopadů na nádrž Orlík nebude

možné dosáhnout bez výrazných změn v oblastech komunálních odpadních vod a rybářského obhospodařování rybníků

Velký potenciál pro snížení P mají i bodové zdroje v povodí VN Mostiště. Kdyby zde odpadní vody od všech obyvatel připojených na kanalizaci (73%) byly čištěny v biologických čistírnách a tyto čistírny používaly současnou běžnou technologii spolusrážení fosforu se solemi železa, dosahovalo by se účinnosti odstranění fosforu cca 90% a export P do toků by klesl na 0,6 t/rok, což představuje snížení proti roku 2006 o 3,2 t/rok.

V rámci opatření v oblasti komunálních vod bude v budoucnu nutné u jednotlivých komunálních zdrojů maximalizovat záchyt P před tím, než se odpadní voda dostane do recipientu. Jedním z řešení je optimalizace možností technologie ČOV. Chemické srážení lze aplikovat prakticky všude, je to pouze otázkou provozních a investičních nákladů, vhodné metody a volby srážedla. Efektivní odstraňování fosforu v procesu čištění komunálních odpadních vod se však liší v přístupu obce, investora, provozovatele a správce toku, který na rozdíl od prvně jmenovaných na toto odstranění pohlíží ve vztahu k výsledné koncentraci P v tocích.

Dalším vhodným řešením na příhodných lokalitách je možnost využívat rybníky a mokřady jako následný čistící stupeň a vyhnout se tak přímému vypouštění do toků. Během mého monitoringu se jako jednoduchý systém biologického dočištění odpadních komunálních vod chovala strouha pod ČOV Útvina. Tento systém by bylo možné využít i u jiných již provozovaných, či nově navrhovaných ČOV.

8. 3. Vliv rybníků

Pod Toužimí (profily č. 1 a 2) je kaskáda dvou rybníků – Podzámecký a Nový, které denitrifikací eliminovaly hodnoty N-NO₃ na prům. 1,1 mg.l⁻¹. Tím byl potvrzen názor (Duras a Potužák, 2012), že ve velké části rybníků je skryta schopnost účinně zadržovat živiny, která může být v řadě případů významnější, než schopnost rybníků poskytovat prostředí výhradně pro produkci ryb. Tato schopnost může být v řadě případů významnější, než schopnost rybníků poskytovat prostředí výhradně pro produkci ryb. Potvrzuje se tím i názor, že dusík, který je v rybnících důsledně eliminován, není nutné nákladně odstraňovat na ČOV, protože by se ve většině případů jednalo o plýtvání finančními prostředky. Rozsáhlé investice do rekonstrukce ČOV zaměřené na eliminaci N (nitrifikační a denitrifikační nádrže)

mohou mít zcela opačný efekt, který se projeví ve zhoršení jakosti vody ve vodní nádrži ležící níže. Odstraňováním N z odpadních vod nevede k potlačení eutrofizace a boji proti eutrofizaci.

Oba autoři zároveň konstatovali, že na základě dosavadních výsledků vykazoval tento rybník každoročně negativní bilanci P (zhruba 125% přísunu P odeče), přestože by měl zhruba 15-20% procházejícího P zachytit. Vše nasvědčuje tomu, že byly podceněny vstupy P do rybníka, především vstupy nečištěných odpadních vod z různých odlehčení na stokové síti před samotnou ČOV. Nový rybník zadržel o 0,17t P za rok více, což je z pohledu vstupu P do níže ležící VN Žlutice významné číslo (Duras a Potužák, 2012).

Význam rybníků dokazují i výsledky zaznamenané v tabulce č. 9, kde mezi profily č. 1, 2 a 3 P-PO₄ rychle mizí. Obdobná situace je u Panského rybníka. V rámci projektu biomanipulace Panského rybníka v povodí VN Žlutice, který byl zaměřen na zlepšení jakosti vody opouštějící obec Bochoř, autoři (Duras a Hess, 1996) uvedli v závěru, že jakost vody odtékající z rybníka záleží výhradně na procesech v něm probíhajících. Rybník je schopen eliminovat znečištění z ČOV Bochoř za vhodného stavu ekosystému (dostatek kyslíku). V období letních kyslíkových deficitů naopak nelze očekávat zlepšení jakosti odtékající vody (pravděpodobně kromě obsahu N- NH₄) ani v případě zamezení vtoku odpadních vod. Panský rybník sice eliminoval z vody P-PO₄, avšak za cenu exportu vysoké biomasy fytoplanktonu, která představuje poměrně dobře biodostupný P. Lze se tedy domnívat, že samočištění v toku pod rybníkem se nedokáže úplně vyrovnat se zvýšenými koncentracemi P, zatímco BSK₅ a N-NH₄, zvládá velmi dobře. V jarním období je samočištění značně omezeno (vyšší průtoky), a tak doteče do VN Žlutice vysoký podíl znečištění, především fosforu.

I ostatní odběrné profily Střela nad Toužimí a přítok Střely od Sedla (odběrný profil č. 5), kterými byly monitorovány vodoteče odtékající z rybníků, vykazovaly velmi nízký obsah P-PO₄.

I ze závěrů bilančního hodnocení živinového režimu v rybnících, které na konferenci Vodárenská biologie v roce 2008 v Praze přednesli ve svém příspěvku Hejzlar et al., vyplynuly stejné výsledky. Rybníky v povodí VN Mostiště mají potenciálně vysokou schopnost zadržovat živiny, a to především v letním období, kdy se P i N z vody intenzivně odčerpávají prostřednictvím odběru fytoplanktonem. Rybářské obhospodařování v hodnocených rybnících sice výrazně zhoršují jakost vody

z hlediska koncentrace P a organického znečištění, jeho absolutní dopad na export živin do toků však nebyl příliš významný. Závisí však na způsobu rybářského obhospodařování a aplikaci krmných dávek pro ryby, kde byl zjištěn rozpor v legislativě mezi stanovením přípustného znečištění povrchových vod (NV 61) a povoláním limitů krmných dávek v rybnících.

Každý případ je však nutné správně zhodnotit. Proto by bylo vhodné vytvořit databázi, v které by byly soustředěny a trvale aktualizovány informace nejen o způsobech obhospodařování rybníků v daném povodí, ale i data na bázi GIS o zdrojích znečištění. Tato databáze by byla k dispozici správním orgánům v řízení a kontrole jakosti vod při vodoprávních řízeních jako podklad pro rozhodnutí.

9. ZÁVĚR

Ve své diplomové práci na téma „Zdroje živin v povodí VN Žlutice“ jsem se pokusila shrnout dosavadní poznatky k danému tématu z dostupné literatury s přihlédnutím k řešenému problému zdroje živin a projevům eutrofizace v povodí VN Žlutice.

V teoretické části jsem na základě uvedené literatury charakterizovala povodí z jednotlivých hledisek – geomorfologického a geologického, klimatického, pedologického, hydrologického a urbanistického. Těchto základních charakteristik jsem později využila při vyhodnocování dat pořízených při monitoringu.

Na základě znalostí z monitorovaného území, kde pracovně působím již několik let, jako říční dozor u státního podniku Povodí Vltavy, jsem vytipovala 16 nových, běžně nevídaných profilů. Odběrné profily vzorkovaných v rámci povodí VN Žlutice zahrnovaly toky ovlivňované pouze přirozeným odnosem živin z neobhospodařovaných oblastí, toky ovlivněné zemědělským využíváním půdy a krajiny, toky protékající lesními ekosystémy až po silně ovlivněné toky komunálními odpadními vodami. Na posledně jmenovaných tocích se zároveň nachází i největší zdroje fosforu, čtyři největší sídla: město Toužim, Bochoř, Krásné Údolí a obec Útvina. Drobná sídla, která neleží na vodním toku a nemají kanalizaci, se nejevila jako zdroj zatížení povrchových vod fosforem. V případě fosforu nemusí být tato živina jen spouštěčem způsobující eutrofizaci, odpadem, který se musí drazé likvidovat, ale i surovinou, kterou je možno dále využít v zemědělství.

Za přínos své diplomové práce považuji jednoznačné prokázání výše uvedeného tvrzení, že dominantními bodovými zdroji fosforu jsou sídla a v případě Krásného údolí je zásadním problémem čištění odpadních vod přitékajících do ČOV z mlékárny Hollandia. V současné době se již zpracovává studie rekonstrukce této ČOV. Soustavné shromažďování dat o vypouštění znečištění (zejména pro fosfor a dusík) z bodových zdrojů znečištění pomůže odhalit nesprávné, či neodborné provozování ČOV, nevyhovující, zastaralé, a nebo nefunkční technologie. Pouze tyto informace a podněty správním orgánům s působností v řízení a kontrole jakosti vod mohou vést ke zlepšení situace.

Velká většina povrchových vodních zdrojů je v převážné míře lokalizovaná v zemědělsko – lesní krajině a tím je dáno i to, že největší riziko vstupu N a možné

ohrožení povrchových i podzemních vodních zdrojů v tomto povodí, představují plošné zdroje ze zemědělské výroby. Kvantita zdroje plošného zemědělského znečištění závisí většinou na zvoleném způsobu hospodaření, použití hnojiv a pesticidů a na plochách využívaných pro živočišnou výrobu. Závěrem je tedy nutné podotknout, že zemědělci by svojí činností měli nést odpovědnost za erozi.

Z provedeného monitoringu je zřejmý vstup fosforu a dusíku vlivem rybářského obhospodařování na rybnících v povodí VN Žlutice. Na jedné straně je vstup živin důsledkem aplikace krmných dávek v rybnících a dotace fosforu ze sedimentů, kam se fosfor ukládá po desetiletí. V tomto případě by rybáři měli aplikovat taková opatření, aby zabránili odplavení sedimentu z rybníků a rybníky mohli výrazně snížit další transport fosforu. Na opačné straně je nutné vyzdvihnout vysokou účinnost rybníků v retenci eutrofizačně nejrizikovějších živin. Vysoká účinnost byla prokázána u rybníků Šinka, Podzámecký a Nový. Další otázkou je množství sedimentů a živin, které vstupují do vodních toků v povodí VN Žlutice odtékajících při výlovech rybníků. Vlivem těchto sedimentů se zhoršuje retenční schopnost pro fosfor Podzámeckého rybníka pod Toužimí.

Na základě mého rozšířeného monitoringu se podařilo potvrdit výsledky z předchozích monitoringů zpracovávaných kolegy z Povodí Vltavy a zároveň se podařilo do mnou mapované oblasti vnést detailnější přístup k zdrojům znečištění a upozornit na ty, které je zapotřebí dále monitorovat. Práce na monitoringu znečištění vodních toků v povodí VN Žlutice pro mě byla nesmírně zajímavá a předpokládám, že výsledky mé práce budou využity i mými kolegy k postupnému odstraňování těchto zdrojů a tím zajištění kvalitativnímu zlepšení přítoků VN Žlutice.

Použitá literatura:

AHL T., 1998: Background yield of phosphorus from drainage area and atmosphere: An empirical approach. *Hydrobiologia*, 170: 35 – 44.

BRÖNMARK C. et HANSSON L. A., 2005: *The biology of lakes and ponds*. Second edition. Oxford University Press.

BUKÁČEK R. et MATĚJKA P., 1997: Hodnocení krajinného rázu v CHKO – návrh metody. *Ochrana přírody*, 2/3: 82 - 84.

COOKE, G. D., WELCH, E. B., PETERSON S. A. et NEWROTH P. R., 2000: *Restoration and management of lakes and reservoirs*. Second edition, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 548 s.

DODDS W. K., 2002: *Freshwater ecology. Concepts and environmental applications*. Academic Press, London: 203 – 212.

DEMEK J. et MACKOVIČ P., 2006: *Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny*. Vyd. 2. , Brno: AOPK ČR, 2006, 580 s.

DURAS J., 1994: Sedimentace a přísun látek do nádrže Žlutice. Sborník konference Aktuální otázky vodárenské biologie, ČVTVS, Praha: 63 – 70.

DURAS J. et HESS J., 1996: Projekt biomanipulace Panského rybníka v povodí vodárenské nádrže Žlutice. Sborník konference Aktuální otázky vodárenské biologie, ČVTVS, Praha: 63 -70.

DURAS J. 2004: Změna přísunu živin do vodárenských nádrží – naděje do budoucna? - Sborník konference Aktuální otázky vodárenské biologie, Vodní zdroje EKOMONITOR, Pardubice: 75 - 80.

DURAS J. et KLÍČKOVÁ M., 2006: VN Žlutice – vztah nádrže a povodí. - Sborník konference Vodárenská biologie 2006, Vodní zdroje EKOMONITOR, Pardubice: 48 – 55.

DURAS J. et POTUŽÁK J., 2012: Rybníky – obávaná součást povodí vodárenských nádrží ohrožených eutrofizací. Říhová Ambrožová, J.; Veselá, J. (eds.). *Vodárenská biologie 2012*, Praha: 45 - 51.

DURAS J., MARCEL M. et JELÍNKOVÁ K., 2014: Zdroje fosforu v povodí vodárenské nádrže Žlutice. *Vodní zdroje EKOMONITOR, Vodárenská biologie 2014*, Praha:168-175.

HARPER D., 1992: *Eutrophication of Fresh Waters*. ed. Chapman, New York, 327 s.

HAYGARTH P. M. et JARVIS S. C., 1999: Transfer of phosphorus from agricultural soils. *Advence Agronomy* 66: 195 - 249.

HEJZLAR J., DURAS J., KOMÁRKOVÁ J., TUREK J. et ŽALOUĐÍK J., 2007: Vodárenská nádrž Mostiště: vyhodnocení monitoringu nádrže a povodí 2006. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 71 s.

HEJZLAR J., ŽALOUĐÍK J., DURAS J., STAŇKOVÁ B. et MIVALT R., 2008: Vliv rybářského obhospodařování rybníků na jakost vody ve vodárenské nádrži Mostiště. Sborník konference Vodárenská biologie 2008, Praha: 93 – 101.

HEJZLAR J., BOROVEC J., MOŠNEROVÁ P., POLÍVKA J., TUREK J., VOLKOVÁ A. et ŽALOUĐÍK J., 2010: Bilanční studie zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík. Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 2010.

HESS J. et DURAS J. 1999: Úroveň biomanipulace na nádržích ve správě Povodí Vltavy a. s. . Sborník konference Pitná voda 1999, W+ET Team, České Budějovice: 137-142.

HLAVÍNEK P. et ŘÍHA J., 2004: Jakost vody v Povodí. VUT Brno, CERM, Brno, 209 s.

CHAPMAN A. S., FOSTER I. D. L., LEES J. A., HODGKINSON R. A. et JACKSON R. H., 2001: Particulate phosphorus transport by sub-surface drainage from agricultural land in the UK. Environmental significance at the catchment and national scale, *The Science of the Total Environment*, 266: 95 - 102.

CHLUPÁČ I., BRZOBOHATÝ R., KOVANDA J. et STRÁNÍK Z., 2011: Geologická minulost České republiky. ACADEMIKA, Praha: 13 – 54.

KALFF J., 2002: *Limnology*. Prentice Hall, Inc., USA: 113 – 116, 376 – 408.

KÚ Karlovy Vary, 1997: Manipulační řád pro vodní dílo Žlutice. Karlovy Vary.

MARŠÁLEK B., 2009: Znečištění povrchových vod živinami: příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace. Sborník konference, Praha: 7 -18.

McCOMAS S., 2003: *Lake and pond management. Guidebook*. Lewis Publishers, Boca Raton, USA: 75 -80.

McDOWELL R. et SHARPLEY A., 2003: Phosphorus solubility and release kinetics as a function of soil test p contraction. *Geoderma*, 112: 143-154.

MOSS B., STANSFIELD J., IRVINE K., PERROW M. et PHILLIPS G., 1996: Progressive restoration of a shallow lake: a 12-year experiment on isolation, sediment removal and biomanipulation. *J. Appl. Ecol.*, 33: 77-86.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod v platném znění.

NOVOTNÝ V. et OLEM, H., 1994: Water Quality: Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution. New York, 1054 s.

PITTER P., 1999: Hydrochemie. VŠCHT, Praha, 592 s.

QUITT E., 1971: Klimatické oblasti Československa. Stud. Geogr. Fasc.16 – Geografický ústav ČSAV Brno, 73 s.

REYNOLDS C.S., 1992 : Eutrophication and the management of planktonic algae: chat Vollenweider couldn'ttel us. – In: Sutcliffe D.W., Jones J.G (eds): Eutrophication: Research and application to water supply. Freshwater Biological Association, 3: 4 – 29.

SCHEFFER M., 1990: Multiplicity of stable states in freshwater systéme. Hydrobiologia, 200/201: 475 - 486.

SCHEFFER M., HOSPER S. H., MEIJER M. L., MOSS B. et JEPPESEN E., 1993: Alternative Equilibria in Shallow Lakes. Trends in Ecology and Evolution, 8 (8): 275 - 279.

SCHEFFER M. et EGBERT H. Van Nes, 2007: Shallow lakes theory revisited: various alternative regres driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia, 584: 455-466.

SCHIPPERS P., WEERD H., KLEIN J., JONG B. et SCHEFFER M., 2006: Impacts of agricultural phosphorus use in catchments on shallow lake water quality: About buffers, time delays and equilibria. Science of the Total Environment, 369: 280 – 294.

SIBBESEN E., SKJOTHB F. et RUBAEK G. H., 2000: Tillage caused dispersion of phosphorus an soil in four 16 - year old @eld experiments. Soil & Tillage Research, 54: 91 - 100.

VOLLENWEIDER R. A., 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53 - 83.

VOLLENWEIDER R. A. et KEREKES J., 1982: Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris, 154 s.

VYSKOČ P., BENEŠ J., PRCHALOVÁ H., ROSENDORF P., KRISTOVÁ A., MIČANÍK T., SVOBODOVÁ J., SEMERÁDOVÁ S., RICHTER P. et MATOUŠKOVÁ L., 2013: Stanovení podílu emisí znečišťujících látek z různých bodových zdrojů do povrchových vod. Kosour D. (ed.), Sborník konference Vodní nádrže 2013, Brno: 39 – 43.

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

Zákon č.25/2008 Sb., o integrovaném registru znečišťování životního prostředí a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí v platném znění.

Internetové zdroje

Česká informační agentura životního prostředí, CENIA - CORINE, 2013 : Využití půd. online: <http://www1.cenia.cz/www/projekty-cenia/corine>, cit. 28. 9. 2013.

Česká informační agentura životního prostředí, CENIA, 2014: Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností. online: <https://www.ispop.cz/magnoliaPublic/cenia-project/uvod.html>, cit. 28. 2. 2014.

FASTNER, J. et CHORUS I., 2006: Overview of human health aspects of cyanotoxins (including actual legislative, recreational and drinking water exposure). Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny, Brno, online: <http://www.sinice.cz/index-en.php?pg=events--cwb-workshop-2006>, cit. 20. 8.2013.

KÚ Vysočina, 2014: Jakostní model povodí Jihlavy na VD Dalešice, Pöyry Environment a.s., online: http://www.kr-vysocina.cz/vismo5/dokumenty2.asp?id_org=450008&id=4056147, cit. 16. 3. 2014.

MARŠÁLEK B. et SMUTNÁ M., 2006: Cyanobacterial water blooms: effects, consequences and management. Workshop on the Conference on Reservoir Limnology and Water Quality. Institute of Botany, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, Brno, online: <http://recetox.muni.cz/index.php?pg=aktuality&archiv=true&year=2006>, cit. 20. 8. 2013.

Ministerstvo vnitra ČR, 2013: Počet obyvatel v obcích. MV ČR, online: <http://www.mvcr.cz/clanek/statistiky-pocty-obyvatel-v-obcich.aspx>, cit. 15. 11. 2013.

Povodí Vltavy s.p., 2013: Celkový přehled srážek. online: <http://www.pvl.cz/portal/srazky/PC/>, cit. 1. 6., 1. 9., 1. 10. 2013.

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka v. v. i., 2013: Digitální báze vodohospodářských dat. online: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27&PHPSESSID=08b97b0464ed57f4253b8e3333b17019>, cit. 15. 9. 2013.

WETZEL R. G., 2001: Limnology. Third Edition, San Diego, Academic Press, Regional Aquatics Monitoring program, online: <http://www.ramp-alberta.org/river/riverreferences.aspx>, cit. 15.9.2013.

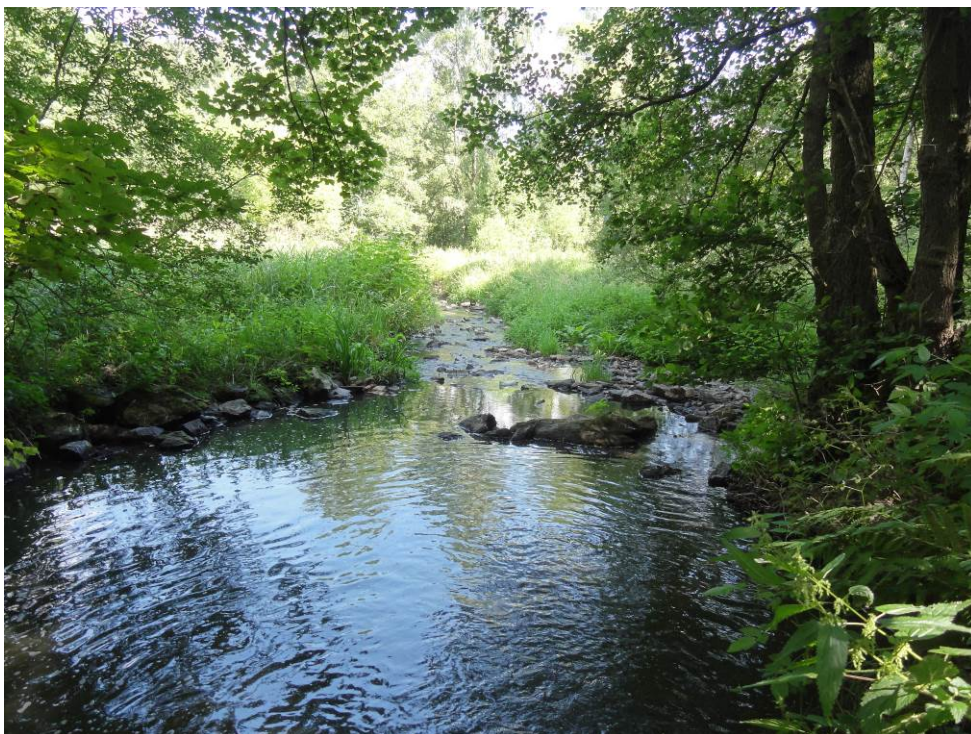
Přílohy :



Příloha č. 1. VN Žlutice. Zdroj: Duras J., 2003.



Příloha č. 2. Odběrový profil č. 1, Toužim pod ČOV. Zdroj: Autor, 25. 7. 2013



Příloha č. 3. Odběrový profil č. 2, Toužim pod ČOV. Zdroj: Autor, 25. 7. 2013



Příloha č. 4. Odběrový profil č. 3, Střela, Útvina. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 5. Odběrový profil č. 4, LBP Střely od AN Toužim. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 6. Odběrový profil č. 5, LBP Střely od Sedla. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



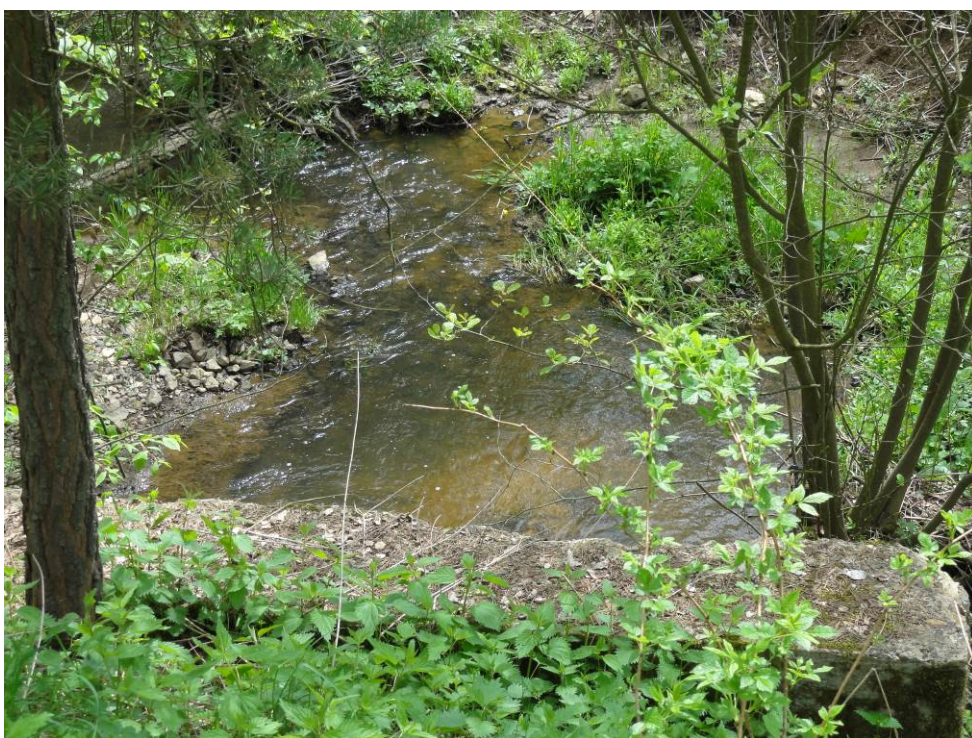
Příloha č. 7. Odběrový profil č. 6, Odolenovický potok, Útvina ústí. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013



Příloha č. 8. Odběrový profil č. 7, Útvinský potok, Útvina pod ČOV. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 9. Odběrový profil č. 8, PBP Střely od Krásného Hradu. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 10. Odběrový profil č. 9, Přílezký potok, Chylice. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 11. Odběrový profil č. 10, Čihanský potok, Svinov. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 12. Odběrový profil č. 11, LBP Střely, od Mirotic. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 13. Odběrový profil č. 12, PBP Sřely, od Kojšovic. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 14. Odběrový profil č. 13, PBP Sřely, od Lachovic. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 15. Odběrový profil č. 14, Bochovský potok, ústí. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 16. Odběrový profil č. 15, Luhovský potok, Lachovice. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 17. Odběrový profil č. 16, Jesínecký potok, Hlineč. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 18. Podzámecký rybník, Toužim pod ČOV. Zdroj: Autor, 16. 5. 2013.



Příloha č. 19. Panský rybník, Bochov pod ČOV. Zdroj: Autor, 21. 8. 2013.



Příloha č. 20. Nový rybník, Toužim pod ČOV. Zdroj: Autor, 18. 9. 2013.



Příloha č. 21. Sinice na VN Žlutice. Zdroj: Duras J., 2006.