

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra vodních zdrojů



**Vliv čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou
na jakost povrchových vod**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Kateřina Dvořáková

Vedoucí práce: Ing. František Doležal, CSc.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou na jakost povrchových vod" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4. 4. 2013

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat všem, kteří mi poskytli odbornou pomoc, potřebné informace a odborné materiály k vypracování této diplomové práce. Můj dík patří zejména panu Ing. Františkovi Doležalovi, CSc. za odborné vedení, vstřícný a trpělivý přístup. Velké dík patří panu Ing. Zdeňkovi Rajmovi, který mne jako investiční technik a zástupce ředitele Vodohospodářského sdružení Turnov odborně vedl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji všem firmám a institucím, zejména Povodí Labe, Českému hydrometeorologickému ústavu, Severočeským vodovodům a kanalizacím a Českému rybářskému svazu, Místní organizaci Košťálov, které se mnou velmi pozitivně spolupracovaly, poskytly mi potřebné informace a byly mi vždy k dispozici. Naposledy děkuji Muzeu města Lomnice nad Popelkou, které mi stálo také oporou.

Vliv čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou na jakost povrchových vod

Impact of wastewater treatment plant in Lomnice nad Popelkou on surface water quality

Souhrn

Hypotézou diplomové práce je předpoklad, že rekonstrukce čistírny odpadních vod (ČOV) v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu Čistá Jizera zlepšila jakost povrchové vody v říčce Popelce a účinnost čistírny. Cílem práce je posoudit, zda a jak k tomuto zlepšení došlo a doložit to reálnými důkazy. Byla shromážděna a vyhodnocena data o biochemických a chemických rozborech vod ve vztahu k ČOV v Lomnici nad Popelkou, o projektu Čistá Jizera, o jakosti povrchových vod v Popelce a o srážkách a průtocích. Data se vztahují k období před rekonstrukcí ČOV i po ní. Byla provedena rekognoskace zájmového území a rekapitulace vývoje jakosti vody v Popelce a nadřazeném toku - Olešce. Proběhla exkurze v ČOV v Lomnici nad Popelkou a byla rekapitulována historie její výstavby a rekonstrukce. Shromážděné informace byly souhrnně zpracovány a doplněny vlastním měřením a pozorováním jednoduchých ukazatelů jakosti vody (zejména obsahu rozpuštěného kyslíku, elektrické vodivosti a teploty) během všech čtyř ročních období roku 2012/2013

Bylo potvrzeno, že rekonstrukce ČOV přispěla ke zlepšení účinnosti čištění odpadní vody a jakosti povrchové vody v Popelce. Účinnost čištění se zvýšila vzhledem k biochemické a biochemické spotřebě kyslíku, obsahu amoniakálního dusíku a obsahu nerozpuštěných látek. Snížily se koncentrace dusičnanového a pravděpodobně i anorganického a celkového dusíku ve vyčištěné odpadní vodě. Čisticí proces nesnižuje elektrickou vodivost odpadních vod, ale zvyšuje koncentraci rozpuštěného kyslíku.

Vliv rekonstrukce čistírny na jakost vody v Popelce v profilu Ústí u Staré Paky se projevil snížením koncentrací amoniakálního dusíku a celkového fosforu. U ostatních analyzovaných ukazatelů není vliv rekonstrukce jednoznačný, neboť na jakost vody v Popelce má vedle čistírny vliv řada dalších zdrojů znečištění.

Klíčová slova: znečištění, povrchová voda, vodní útvar, projekt Čistá Jizera, Rámcová směrnice, Evropská unie, indikátory jakosti

Vliv čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou na jakost povrchových vod

Impact of wastewater treatment plant in Lomnice nad Popelkou on surface water quality

Summary

The hypothesis of this diploma project assumes that the rehabilitation of the wastewater treatment plant (WWTP) in Lomnice nad Popelkou, done within the frame of the „Clean Jizera River” project, has improved the quality of surface water in the Popelka stream and the WWTP efficiency. The goal is to judge if and how the improvement indeed occurred and to support this conclusion by a reliable evidence.

Data on biochemical and chemical analyses related to WWTP in Lomnice nad Popelkou, on the “Clean Jizera River” project, on the quality of surface water in the Popelka stream, precipitation and discharges were collected and evaluated. The data relate to the periods both before and after the WWTP rehabilitation. A field survey of the command area was carried out. The past development of water quality in the Popelka river and its receiving higher-order stream – the Oleška - was recapitulated. An excursion in the WWTP in Lomnice nad Popelkou took place and the history of its construction and rehabilitation was recapitulated. The information collected was synthesised and supplemented by the author’s own measurements and observations of simple water quality indicators (in particular dissolved oxygen, electric conductivity and temperature) in all seasons of the year 2012/2013.

It was confirmed that the WWTP rehabilitation contributed to the improvement of wastewater treatment efficiency and surface water quality in the Popelka stream. The treatment efficiency has improved in terms of the biochemical and chemical oxygen demand, ammonium nitrogen and total suspended solids. The concentrations of nitrate nitrogen and probably also of inorganic and total nitrogen in the treated wastewater were reduced. The treatment process does not reduce the electrical conductivity of wastewater but increases the content of dissolved oxygen in it.

The effect of WWTP rehabilitation on the Popelka stream water quality in the sampling profile at Ústí u Staré Paky manifested itself by the reduction of ammonium nitrogen and total phosphorus content. The other indicators analysed were not influenced unambiguously, because the Popelka stream water quality is affected by a number of other sources of pollution, besides WTP.

Keywords: pollution, surface water, water body, “Clean Jizera River” project, Framework Directive, European Union, quality indicators

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Voda a Země.....	10
3.2	Ochrana povrchových a podzemních vod	10
3.3	Druhy odpadních vod	11
3.3.1	Splaškové odpadní vody	13
3.3.2	Průmyslové odpadní vody	13
3.3.3	Městské odpadní vody	13
3.3.4	Balastní vody	13
3.4	Znečišťující látky v odpadních vodách.....	13
3.5	Druhy stokových sítí.....	14
3.5.1	Jednotná stoková síť	15
3.5.2	Oddílná stoková síť.....	15
3.5.3	Kombinovaná stoková síť	16
3.6	Čistírný odpadních vod.....	16
3.6.1	Mechanicko-biologické čištění odpadních vod	16
3.6.2	Biologické čištění odpadních vod.....	16
3.6.3	Terciární stupeň čištění	17
3.7	Tekoucí vody	17
3.7.1	Znečištění vodních toků.....	18
3.7.1.1	Hodnocení náchylnosti zemědělských povodí ke ztrátám fosforu z půdy do vody	21
3.7.2	Posuzování čistoty povrchových vod	21
3.7.3	Fyzikální charakteristiky vody.....	23
3.7.3.1	Teplota vody	23
3.7.3.2	Světlo	23
3.7.4	Chemické charakteristiky vody	23
3.7.4.1	Hodnota pH.....	23
3.7.4.2	Elektrická vodivost	24
3.7.4.3	Kyslík.....	24
3.7.4.4	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)	25
3.7.4.5	Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)	25
3.8	Biomonitoring.....	25
3.8.1	Monitoring ryb v tekoucích vodách ČR	25
4	Materiály a metody	27
4.1	Analýza podkladů a průzkum stanovištních podmínek	27
4.1.1	Geografické, geomorfologické a geologické podmínky.....	27
4.1.2	Klimatické podmínky	28
4.1.3	Hydrologické podmínky	28
4.1.4	Zvláště chráněná území	28
4.2	Popis vodních toků Popelky a Olešky a jejich okolí	29
4.2.1	Mikrobiální znečištění toků v povodí Olešky a vývoj v souvislosti se změnami průtoků	32
4.2.2	Bioindikátory ve vodním toku Popelce	36
4.3	Projekt Čistá Jizera	36
4.3.1	Financování projektu Čistá Jizera.....	38
4.3.2	Charakteristika města Lomnice nad Popelkou a popis stokové sítě	39

4.3.3	Rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou	40
4.3.3.1	Čistírna odpadních vod v Lomnici nad Popelkou před rekonstrukcí	41
4.3.3.2	Čistírna odpadních vod v Lomnici nad Popelkou po rekonstrukci	42
4.4	Exkurze do čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou.....	46
4.4.1	Chemická laboratoř.....	47
4.4.1.1	Stanovení pH	47
4.4.1.2	Chemická spotřeba kyslíku $ChSK_{cr}$	47
4.4.1.3	Stanovení nerozpuštěných látek	47
4.4.1.4	Stanovení rozpuštěných látek/stanovení rozpuštěných anorganických solí	48
4.4.2	Mechanický stupeň čištění.....	48
4.4.3	Biologický stupeň čištění.....	48
4.5	Data získaná od institucí.....	48
4.6	Popis odběrných míst pro vlastní měření ve vodním toku Popelce.....	49
4.6.1	Odběr vzorků a měření	50
4.6.2	Použité přístroje	50
4.7	Vyhodnocení získaných a vlastních naměřených dat	51
5	Výsledky	52
5.1	Rekapitulace požadavků na jakost vypouštěných odpadních vod.....	52
5.2	Srážky a průtoky	54
5.3	Jakost odpadních vod vypouštěných čistírnou v Lomnici nad Popelkou	59
5.4	Hodnocení účinnosti čištění.....	64
5.5	Vyhodnocení vlivu rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici n. P. na jakost vody v Popelce a Olešce	68
5.6	Vlastní měření podélných profilů jakosti vody na horním toku Popelky v okolí ČOV	73
6	Diskuse.....	76
7	Závěr	79
8	Seznam literatury	81
9	Seznam použitých zkratk	86
10	Seznam tabulek a obrázků	87
10.1	Tabulky	87
10.2	Obrázky	87
11	Fotodokumentace.....	89
12	Seznam příloh	95

1 Úvod

Diplomová práce zkoumá vliv rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu „Čistá Jizera“ na jakost povrchové vody v říčce Popelce a na účinnost čistírny odpadních vod. Toto téma jsem si vybrala zejména proto, že problematika spojená obecně s vodou je při pohledu do budoucna velice závažná a měli bychom jí věnovat zvýšenou pozornost v zájmu nás všech, včetně budoucích generací. Voda je základním a neodmyslitelným prvkem života, je součástí nás všech, našich životů a živých organismů. Ještě větším problémem než množství vody je v našich podmínkách především její jakost. Jakost povrchové vody je důležitá pro stabilitu krajiny, pro koupání, ale i pro získávání pitné vody. Vlivem výstaveb čistíren odpadních vod (ČOV) na území České republiky se její jakost rapidně zlepšila. Vypovídají o tom různé analýzy monitoringů jakosti povrchové vody a životního prostředí, nicméně faktem zůstává, že i dnes ve 21. století je mnoho menších obcí, které ČOV ještě nemají. Těmito malými obcemi protékají říčky, potoky a stružky, které jsou dost náchylné ke znečištění.

Domnívám se, že je nutné, aby se lidé nad problémem jakosti povrchové vody zamýšleli a nakládali s vodou mimo jiné i tak, aby byla co nejméně ovlivněna rostlinná i živočišná společenstva, protože voda tekoucí v řekách, to není jen voda, to je krev našich předků i nás všech.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Vědeckou hypotézou této diplomové práce je předpoklad, že rekonstrukce ČOV v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu Čistá Jizera zlepšil jakost povrchové vody v říčce Popelce a účinnost čistírny odpadních vod. V práci se snažím upozornit na vlivy, faktory a procesy, které ovlivňují jakost vody v malém vodním toku, konkrétně ve zkoumané Popelce. V práci se také zabývám i popisem tohoto vodního toku, říčky Popelky.

Cílem diplomové práce je posoudit, zda a jak rekonstrukce ČOV v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu Čistá Jizera přispěla ke zlepšení jakosti povrchové vody v Popelce a účinnosti čistírny, a doložit toto tvrzení reálnými důkazy.

Těmito reálnými důkazy jsou v diplomové práci data od různých institucí, která zrcadlí vliv ČOV na jakost vyčištěné odpadní vody i povrchové vody v Popelce. K těmto důkazům přispívá i vyhodnocení vlastního měření ve vybraném úseku říčky Popelky a porovnání zjištěných fyzikálně-chemických hodnot s převzatými daty.

3 Literární rešerše

Literární rešerše shrnuje poznatky o současném stavu lidského poznání a praxe ve vztahu ke stokovým sítím, odpadním vodám, čistírnám odpadních vod, tekoucím vodám a jejich znečištění a příslušným legislativním opatřením. Zdroje jsem čerpala především ve vědecké literatuře, vědeckých člancích a knihách a v příslušných právních a technických předpisech.

3.1 Voda a Země

Voda a Země jsou nerozlučně spojeny. Voda se vyskytuje nad zemí ve vzdušném obalu Země, na povrchu i pod povrchem země. Ve vztahu k Zemi se tedy rozlišuje voda atmosférická (např. déšť, sníh, mlha) a hydrosférická (povrchová voda přirozená, tekoucí ve formě potůčků a řek, umělá ve formě kanálů, průplavů aj.; stojatá voda přirozená ve formě jezer a moří, umělá ve formě přehradních nádrží, rybníků; podpovrchová voda půdní, podzemní, termální aj.). Zvláštní kategorií je voda v biosféře (Myslil a kol., 1999).

3.2 Ochrana povrchových a podzemních vod

Ochrana povrchových a podzemních vod může být kvalitativní a kvantitativní. Příkladem kvantitativní ochrany je ustanovení Zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění, kde § 36, odst. 1 říká, že minimálním zůstatkovým průtokem je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku. Zákon uvádí, že minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami. Vodoprávní úřad přihlédne k podmínkám vodního toku, charakteru nakládání s vodami a vychází z opatření k dosažení cílů ochrany vod přijatých v plánu povodí podle § 26 téhož zákona. Dále stanoví místo a způsob měření minimálního zůstatkového průtoku a četnost předkládání výsledků těchto měření vodoprávnímu úřadu.

Odběry vody z povrchových toků musí být sledovány a regulovány, aby byl zajištěn minimální průtok, který ještě umožňuje život toku. Člověk reguloval povrchové toky a tím zkracoval jejich délku, zrychloval odtok a ochuzoval o vodu blízké i široké okolí povrchových toků. Tyto technické zásahy do krajiny jsou v určité míře nutné, ale musí být prováděny uváženě (Myslil a kol, 1999).

Příkladem kvalitativní ochrany je např. ustanovení téhož zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění, § 38, odst. 4, kde se říká, že ten, kdo vypouští odpadní vody do vod povrchových nebo podzemních, je povinen v souladu

s rozhodnutím vodoprávního úřadu měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat vodoprávnímu úřadu, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu. Vodoprávní úřad tímto rozhodnutím stanoví místo a způsob měření objemu a znečištění vypouštěných odpadních vod a četnost předkládání výsledků těchto měření. Oficiální odběry a rozborů ke zjištění míry znečištění vypouštěných odpadních vod mohou provádět jen odborně způsobilé osoby oprávněné k podnikání (dále jen oprávněná laboratoř).

3.3 Druhy odpadních vod

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění, § 38, odst. 1 definuje odpadní vody jako vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu.

Platná právní norma, nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech stanovuje důležité emisní standardy a limity. Emisní standardy jsou obecné nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, zatímco emisní limity jsou nejvýše přípustné hodnoty ukazatelů znečištění odpadních vod, které stanoví vodoprávní úřad v povolení k vypouštění odpadních vod do recipientu kombinovaným přístupem. Kombinovaným způsobem se rozumí nutnost splnit emisní i imisní standardy.

Tab. 1. Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

Emisní standardy: přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	p	m	p	m	p	m	p	m	průměr	m	průměr	m
< 500											-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	35	70	-	-	-	-	-	-
2001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-		-	-
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	20	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

p, m – ve smyslu NV 61/2003 Sb.

p – přípustná hodnota koncentrací pro rozборы směsných vzorků vypouštěných OV

m – maximálně přípustná hodnota koncentrací pro rozборы prostých vzorků vypouštěných OV

EO – ekvivalentní obyvatele

ČOV – čistírna odpadních vod

BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní

CHSK_{Cr} – chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou

NL – nerozpuštěné látky

N-NH₄⁺ – amoniakální dusík

N_{celk} – celkový dusík

P_{celk} – celkový fosfor

(Zdroj: Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, příloha č. 1)

Tab. 2. Imisní standardy: vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod

č.	Ukazatel	Symbol	Jednotka	Hodnoty
Kyslíkový režim				
1	rozpuštěný kyslík	O ₂	mg/l	> 6
2	biochemická spotřeba kyslíku	BSK ₅	mg/l	6
3	chemická spotřeba kyslíku	CHSK _{Cr}	mg/l	35
4	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	13
Živiny				
5	celkový fosfor	P _{celk.}	mg/l	0,15
6	celkový dusík	N _{celk.}	mg/l	8
7	volný amoniak	NH ₃	mg/l	0,05
8	amoniakální dusík	N-NH ₄	mg/l	0,5
9	dusitanový dusík	N-NO ₂	mg/l	0,05
10	dusičnanový dusík	N-NO ₃	mg/l	7
11	organický dusík	N _{org.}	mg/l	2,25
Základní chemické složení				
12	teplota vody	t	°C	25
13	reakce vody	pH	-	6-8
14	rozpuštěné látky sušené	RL ₁₀₅	mg/l	1 000
15	rozpuštěné látky žíhané	RL ₅₅₀	mg/l	600
16	nerozpuštěné látky	NL ₁₀₅	mg/l	25
17	chloridy	Cl	mg/l	250
18	fluoridy	F	mg/l	1
19	sírany	SO ₄	mg/l	300
20	vápník	Ca	mg/l	250
21	hořčík	Mg	mg/l	150
22	mangan celkový	Mn	mg/l	0,5
23	železo celkové	Fe	mg/l	2

(Zdroj: Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, příloha č. 1)

3.3.1 Splaškové odpadní vody

Mezi splaškové odpadní vody se řadí odpadní vody z domácností, sociálních zařízení, kuchyní, záchodů, hotelů, nemocnic, umýváren, technické občanské vybavenosti a odpadní vody potravinářského průmyslu zatížené velkým množstvím hnilobných látek. Obsahují především organické znečištění, jehož původ je z moče a fekálií. Významnou složkou jsou rezidua detergentů z čistících a kosmetických prostředků (Lellák a Kubíček, 1992; Pitter, 1999; Sojka, 2004).

3.3.2 Průmyslové odpadní vody

Tyto odpadní vody obsahují různé druhy splašků, od organických a hnilobných látek po odpady z papírenského, chemického, metalurgického a strojírenského průmyslu, a měly by být před vypuštěním do stokové sítě řádně předčištěny (Lellák a Kubíček, 1992). Průmyslové odpadní vody mají rozmanitý charakter podle specifické průmyslové výroby. Znečištění vody se dělí na organické i anorganické (Chudoba a kol., 1991; Pitter, 1999; Lellák a Kubíček, 1992). Základním ukazatelem organického znečištění vody je hodnota BSK₅ (biochemická spotřeba kyslíku pětidenní) a CHSK (chemická spotřeba kyslíku) (Pitter, 1999).

3.3.3 Městské odpadní vody

Směs splaškové a průmyslové odpadní vody se označuje jako městské odpadní vody. Patří sem i voda dešťová a balastní. Pokud se v obci nevyskytuje žádný průmysl, nejedná se o městské odpadní vody, ale o odpadní vody pouze splaškové (Sojka, 2004).

3.3.4 Balastní vody

Tyto vody jsou mimovolně zachyceny v kanalizační síti a přísně vzato do kanalizační sítě nepatří, jako např. infiltrovaná podzemní voda (Pitter, 1999).

3.4 Znečišťující látky v odpadních vodách

Městské odpadní vody obsahují tyto kategorie znečišťujících látek:

- rozpuštěné a nerozpuštěné,
- organické a anorganické,
- biologicky rozložitelné a nerozložitelné,
- usaditelné (schopné vytvářet hnilobné nánosy) a neusaditelné (způsobující chemické, fyzikální a biologické znehodnocení vody) (Bindzar a kol., 2009; Just a kol., 1999).

Mezi významné znečišťující látky patří například sloučeniny dusíku, které jsou obsaženy v surové splaškové vodě v podobě močoviny a amoniakálního dusíku. Při čistírenských procesech se sloučeniny dusíku postupně mění na dusík dusitanový a dusičnanový. Souhrnným ukazatelem je potom dusík celkový (N_{celk}). Voda s nadměrným obsahem dusíku je nevhodná zejména pro kojence (Just a kol., 1999). Amoniak se dostává do toků ve splaškových vodách, při únicích kejdy a močůvky a v odpadních vodách z plynáren a koksáren. Amoniak ve formě NH_3 způsobuje úhyn ryb již v koncentracích $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ (Hartman a kol., 1998).

Mezi další významné znečišťující látky patří sloučeniny fosforu. Hlavním ukazatelem je celkový fosfor (P_{celk}). Jsou v povrchových vodách rozhodujícím činitelem eutrofizace. Fosfor v odpadních vodách často pochází z pracích a čistících prostředků. Další nebezpečnou látkou je například sulfan (dříve nazývaný sirovodík), který vzniká při rozkladu organických látek v anaerobním prostředí a v odpadních vodách se vyskytuje jako odpad z metalurgických a chemických závodů. Toxicita sulfanu klesá se zvyšující se hodnotou pH. Ryby otrávené sulfonem hynou v důsledku zastavení dýchání (Just a kol., 1999; Hartman a kol., 1998).

Organické látky podléhají biologickému mikrobiálnímu rozkladu, jehož důsledkem je vyčerpání volného kyslíku, což vede k úhynu ryb a dalších vodních živočichů. Základním ukazatelem znečištění biologicky rozložitelnými organickými látkami je biologická spotřeba kyslíku BSK_5 (Just a kol., 1999). Hnilobné vody, které podléhají mikrobiálnímu rozkladu, vznikají také z odpadů ze zemědělských a potravinářských podniků, pivovarů, apod. Tyto vody mají vysoké hodnoty CHSK a BSK_5 (Hartman a kol., 1998).

Mezi hlavní ukazatele znečištění odpadních vod patří nerozpuštěné látky (NL), rozpuštěné látky (RL), biologická spotřeba kyslíku pětidenní (BSK_5), chemická spotřeba kyslíku (ChSK), celkový dusík (N_{celk}), celkový fosfor (P_{celk}) a amoniakální dusík ($N-NH_4^+$) (Just a kol., 1999).

3.5 Druhy stokových sítí

Stokování se zabývá odvodněním nebo odváděním odpadních vod stokovými sítěmi. Můžeme ho definovat jako (v ideálním případě) zdravotně nezávadné a spolehlivé odvádění odpadní vody z určitého území buď přímo do recipientu nebo do čistíren odpadních vod za účelem chránit zdroje pitné vody, vody povrchové i podzemní a zdraví občanů (Hlavínek, 2000; Němeček a Šedivý, 1955).

Rozlišujeme tyto základní druhy stokových sítí:

- a) jednotná stoková síť

- b) oddílná stoková síť
- c) kombinovaná stoková síť (Hlavínek, 2000).

3.5.1 Jednotná stoková síť

Jednotná stoková síť je určena pro odvádění všech druhů odpadních vod (splaškových, dešťových, průmyslových). Jednotná kanalizace je úspornější než dokonalá oddílná kanalizace, protože je tvořena pouze jedním systémem stok o větších průměrech. Odpadní vody protékají jedním potrubím o velkém profilu (s odlehčením při dešti do recipientu) směrem na čistírnu odpadních vod. V kanalizační síti nebo přímo v objektech ČOV jsou budovány tzv. odlehčovací dešťové přelivy (Hlavínek, 2000; Čížek a kol., 1970; Just a kol., 1999).

3.5.2 Oddílná stoková síť

Oddílná kanalizace zbavuje ČOV problémů s dešťovými vodami. Odpadní vody splaškové a dešťové jsou odváděny samostatnou kanalizací a nedochází k jejich vzájemnému míšení. Splaškové odpadní vody odtékají na ČOV a dešťové vody (vody z okapů a silnic) jsou ve většině případů vypouštěny přímo do recipientu, někdy přes dešťové zdrže. Občas je dešťová voda sváděna do tzn. retenčních nádrží, kde se usazují nerozpuštěné látky, a vyčištěná voda se pak vypouští do recipientu (Just a kol., 1999; Hlavínek, 2000; Čížek a kol., 1970).

U dešťových odpadních vod se někdy používají dešťové usazovací nádrže (dále jen DUN). Jsou to sedimentační nádrže s odlučovači ropných látek pro dešťové kanalizace dálnic, rychlostních a jiných komunikací (<http://kanalizace.blog.cz/1101/cisteni-destove-usazovaci-nadrze>). V ochranných pásmech vodních zdrojů slouží k ochraně před kontaminací ropnými látkami. Nádrže tvoří otevřené nebo zakryté podzemní objemy, obvykle s betonovými stěnami a dnem. Přístup k zakrytým DUN je zabezpečen šachtovými vstupy, které jsou v úrovni komunikace zakončeny poklopy.

Nevýhodou oddílné stokové sítě jsou vyšší investiční náklady na dvojí kanalizaci. Další nevýhodou je, že splašková kanalizace není proplachována, a tím se může víc zanášet. Za velké nevýhody se považuje znečištění recipientu dešťovou vodou (splachy pohonných hmot, fekáliemi, apod.). Platí závislost koncentrace znečištění dešťové vody na intenzitě deště, na intervalech mezi dešti a na délce trvání deště.

Většinou se oddílná kanalizace buduje v menších obcích nebo tam, kde recipient je málo vodný a kde by při dešťových přepadech voda nebyla dostatečně naředěna (Just a kol., 1999; Hlavínek, 2000; Čížek a kol., 1970).

3.5.3 Kombinovaná stoková síť

Kombinovaná síť odvádí jedním potrubím vodu znečištěnou (dešťovou i splaškovou) do ČOV a druhým potrubím vodu neznečištěnou (dešťovou) přímo do recipientu. Kombinovaná stoková síť je budována převážně k odvodnění menších obcí. Dešťové odtoky ze střech z velkých ploch jdou obvykle přímo do recipientů (voda neznečištěná) a zbytek z kontaminovaných ploch jde přímo do splaškové kanalizace (Hlavínek, 2000; Čížek a kol., 1970).

3.6 Čistírny odpadních vod

Na území vyspělého státu, jakým je Česká republika, je produkováno obrovské množství odpadní vody (v ČR zhruba $220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Druh a složení odpadní vody závisí na jejich původu. Čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do recipientu je nezbytnou podmínkou zachování jakosti zdrojů podzemních i povrchových vod (Lellák a Kubíček, 1992).

3.6.1 Mechanicko-biologické čištění odpadních vod

Mechanické předčištění odpadních vod probíhá v tzv. ochranné části ČOV a provádí se za účelem odstranění velkých plovoucích nečistot a hrubých nečistot obecně, čímž se zabrání následnému poškození strojního zařízení ČOV. K mechanickému předčištění odpadních vod se řadí hrubé předčištění, lapák šterku, česle a lapák písku. Někdy se používá za lapákem písku ještě lapák tuků. K vlastnímu mechanickému čištění odpadních vod se řadí usazovací nádrže, kterými se odstraňují nerozpustné látky (NL) schopné sedimentovat a organické NL, které prošly lapákem písku. Mechanický stupeň čištění má zachycovat jemnější kalové částice (Bindzar a kol., 2009). Usazovací nádrž používaná pro větší ČOV je soustavně zbavována usazeného kalu. V malých ČOV pro obce do 500 obyvatel se používají jednodušší nádrže (nádrže pro anaerobní vyhnívání odpadních vod, šterbinové nádrže) (Just a kol., 1999; Lellák a Kubíček, 1992; Bindzar a kol., 2009).

3.6.2 Biologické čištění odpadních vod

Biologické čištění využívá schopnosti směsi bakterií, hub a podobných destruentů rozkládat organického znečištění. Nejpoužívanější metodou je čištění biologicky

aktivovaným kalem, kde se kultura mikroorganismů volně vznáší v čištěné vodě a po skončení čisticího cyklu je z ní odstraňována usazováním. Další používanou metodou je využití kultury mikroorganismů na pevném nosiči, biologickém filtru (biofiltru) nebo na biodisku (Just a kol., 1999). Aktivační nádrže slouží k čištění odpadních vod aktivovaným kalem. Další metodou v biologickém stupni čištění je anaerobní biologické čištění. Protože tyto procesy jsou spojeny se silným zápachem, jsou čistírenské jednotky stavěny v uzavřených vyhnívacích komorách (Lellák a Kubíček, 1992).

3.6.3 Terciární stupeň čištění

Po biologickém vyčištění odpadních vod obsahuje voda vedle zbytkového znečištění anorganické produkty aerobního rozkladu. Jedná se o anorganické sloučeniny dusíku v amoniakální formě nebo ve formě dusičnanů, sloučeniny fosforu ve formě organofosfátů, základních živin autotrofních organismů. Proto hrozí eutrofizace vod, ve kterých by následující růst biomasy fytoplanktonu znamenal sekundární znečištění. Proto je za biologické čištění zařazován terciární stupeň čištění, kde jsou chemickou cestou eliminovány zvláště sloučeniny fosforu (Lellák a Kubíček, 1992).

3.7 Tekoucí vody

Srážková voda, která se nevypaří, nevsákne do půdy a nezachytí vegetací, stéká samospádem jako povrchový odtok a spolu s výrony podzemních vod vytváří vodní toky, propojené v hydrografické síti odvodňující povodí. Vodní toky jsou jakékoliv vodní útvary tekoucích vod na zemském povrchu nebo pod ním a jsou ohraničeny korytem. Součástí koryta je dno, levý a pravý břeh. Vodní toky mohou být vytvářeny přirozeně nebo uměle a mohou mít různou délku a nejrůznější příčný i podélný profil. průtoky ve vodních tocích jsou různě variabilní. Vodní toky se dělí na přirozené (bystřiny, horské potoky, potoky, pramenné stružky, říčky, řeky, veletoky aj.) a umělé, které byly vytvořeny člověkem (vodní kanály, tunely). Vodní stavy vyjadřují úroveň hladiny vody v určitý časový okamžik nad určitou srovnávací rovinou. Vodní stav se měří ručně několikrát denně nebo automaticky a může se převádět na průtok (Q) pomocí měrné křivky průtoků (konzumční křivky). Průtok je množství vody, které proteče daným příčným profilem za sekundu. Na průtok vody má mimo jiné velký vliv objem a intenzita srážek v povodí, jejich trvání a rozdělení v čase. Opakující se řady vysokých vodních stavů a průtoků jsou tzv. n -leté vody (Q_n), které vyjadřují maximální průtok v daném profilu, jaký se vyskytne v průměru jednou za n 10 let. Průtoky, rychlosti a fyzikální, biologické a chemické vlastnosti vody se mění plynule od pramene

vodního toku až po ústí (Myslil a kol., 1999; Lellák a Kubíček. 1992; Hartman a kol., 1998). Jednotlivé kategorie vodních toků mohou být charakterizovány takto:

BYSTRĚNY

Jedná se o kratší horské toky s malým povodím do 50 km², které jsou charakterizovány velkým sklonem dna přesahujícím až 20 %. Většinou mají koryta o nepravidelném příčném a podélném profilu. Při tání sněhu nebo za přívalových letních dešťů se utvářejí velké a rychlé odtoky. Ve srážkově chudých obdobích jsou průtoky minimální. Vysoké průtoky mají za následek často transport hrubých splavenin, které se v místě vyústění do údolního toku ukládají v kuželovité nánosy (Adámek, 1995; Hartman a kol., 1998; Jůva a kol., 1984).

HORSKÉ POTOKY

Horské potoky jsou přechodem od bystřin k říčkám. Mají mírnějšími sklony dna a vyskytují se v podhorských oblastech. Povodí horských potoků je větší než u bystřin (do velikosti cca 100 km²). Průtoky jsou vyrovnanější než u bystřin díky větší ploše povodí (Adámek, 1995; Hartman a kol., 1998; Jůva a kol., 1984).

ŘÍČKY

Říčky jsou přechodem mezi potokem a řekou. Jedná se o toky se středně velkými povodími o velikosti do cca 150 km². Hydrografické sítě, které vytvářejí, jsou často dost rozvětvené (Adámek, 1995; Hartman a kol., 1998; Jůva a kol., 1984).

ŘEKY

Řeky jsou toky s většími a velkými povodími o velikosti do cca 2000 km². Člení se v dílčí povodí bočních přítoků a vytvářejí složitou říční síť. Břehové nátrže vznikají u dobře erodovatelných břehů, většinou v náplavech samotných řek, a mají za následek směrové změny průběhu trasy toku. Údolí řek je často zaplavováno velkými vodami (Hartman a kol., 1998; Jůva a kol., 1984).

3.7.1 Znečištění vodních toků

Nečištěné nebo špatně čištěné odpadní vody vypouštěné do vodního toku způsobují zápach, pěnu a šedavé zabarvení a jiné závady. Na březích se zachycují plovoucí látky, z nichž mohou mýdla a tuky slepovat různé nepěkné tvary. Na dně toku se ukládají hnilobné látky. Usazuje se jemný hnilobný kal, pro který je typický nepříjemný zápach. U organického znečištění jemnějšího charakteru dochází k samočisticím procesům, tj. k rozkladu působením

bakterií, přičemž tito destruenti spotřebovávají kyslík. Spotřeba kyslíku může být vyšší než jeho přirozený přísun hladinou, a ve vodě potom nastávají hnilobné bezkyslíkaté poměry.

Samočisticí schopnost toku se zlepšuje tehdy, když doprovodná vegetace dosahuje až k hladině, protože je závislá na stupni oživení vody hydrobionty, přísunu kyslíku, na teplotě vody a jejího pohybu. Nejintenzivněji probíhá samočisticí proces na povrchu předmětů ponořených do vody, tj. kamenů, listů, kořenů. Pobřežní vegetace napomáhá samočištění vylučováním kyslíku do prostoru nad hladinou vody (Kolektiv autorů, 1989).

Vodní tok může být znečištěn také minerálními látkami, zejména sloučeninami fosforu a dusíku. Ty jsou živinami pro zelené organismy, což vede k eutrofizaci. Jejich zdrojem mohou být hnojiva použitá v zemědělství. Živiny se splachují z polí do vodních toků například po přívalových deštích nebo při tání sněhu. Dalším zdrojem tohoto znečištění může být mineralizace půdní organické hmoty, říčních a rybníčních sedimentů a jiných organických hmot, nebo také městské odpadní vody. Znečištění vede k podpoře růstu zelených sinic a řas. Důsledkem je přemnožení planktonu a poté nedostatek kyslíku ve vodě, zejména u dna, kde jej odebírá tlení hmoty. Následkem je vymírání ryb a dalších organismů (Just a kol. 1999).

Z hlediska antropogenního vlivu lze sledované vodní toky rozdělit do dvou skupin: toky s nízkým stupněm antropogenního zatížení a toky se středním až vysokým stupněm antropogenního zatížení. Vody s nízkým stupněm antropogenního zatížení se nacházejí v podhorských a horských oblastech, často na území chráněných krajinných oblastí (CHKO). Druhá skupina se vyskytuje v oblastech zemědělsky obhospodařované krajiny (Kalinová, 2007).

Grayson et al. (1997) uvádějí, že významný vliv na jakost vody má celé povodí, a proto doporučují metodu „snímkování“ – současného vzorkování na mnoha místech toku za ustáleného nižšího průtoku – kterou aplikují na povodí Latrobe River v jihovýchodní Austrálii o ploše 5000 km². Toto snímkování je vhodným doplňkem k pravidelnému monitorování jakosti vody v několika málo profilech. Během 4 dnů provedli tito autoři snímkování charakteristik jakosti vody v celém povodí Latrobe River v 64 odběrných místech. Do snímkování byly zahrnuty všechny přítoky (u soutoků) a hlavní průmyslové zdroje znečišťování toku. Vzorky byly analyzovány na řadu parametrů: nerozpuštěné látky, pH, rozpuštěný kyslík, elektrická vodivost, zákal, průtok a teplota vody, na vybraných 27 odběrných místech pak také obsah hlavních forem dusíku a fosforu. Latrobe River má trvalé problémy se zákalem vody a vysokým obsahem živin, především v létě. Takto byly identifikovány zdroje sedimentů a živin, které nebylo možno odhalit dosavadním stacionárním monitoringem na 7 místech v povodí Latrobe River. Analýza dat z celého

povodí od roku 1970 ukázala, že hlavní sledované parametry (celkové nerozpuštěné látky, elektrická vodivost, koncentrace celkového fosforu a celkového dusíku) byly na určitém místě relativně konstantní během celého letního období nízkých průtoků.

Harte a Trowbridge (2010) popisují vliv zimního solení silnic na kontaminaci podzemní vody v jižním New Hampshire, USA. Koncentrace chloridu ve jižním New Hampshire byly měřeny v povodích přilehlých k mezistátní dálnici. Výsledky potvrdily, že zimní solení komunikací silně ovlivňuje a zhoršuje jakost podzemních vod. Výron podzemních vod obsahujících chloridy je dominantní proces ovlivňující jakost potoční vody, zejména během poklesových fází hydrogramů a za nízkých průtoků. Znečištění vody chloridy bylo detekováno měřením elektrické vodivosti vody.

Daniel et al. (2002) uvádí, že v Brazílii je většina městských odpadních vod bez čištění vypouštěna přímo do řek. Z tohoto důvodu je velice důležité sledování vlivu odpadních vod bohatých na organické látky na fungování říčních ekosystémů. V této studii byl zkoumán vliv městské odpadní vody na rozpuštěný kyslík (O_2), rozpuštěné anorganické látky a organický uhlík v 10 malých tocích v povodí řeky Piracicaba v jihovýchodní Brazílii. V tomto povodí, která je jedním z nejrozvinutějších regionů země, bylo čištěno pouze 16 % z celkového množství odpadních vod. Sledované vodní toky byly rozděleny do dvou skupin, jednu silně ovlivněnou městskými odpadními vodami a druhou méně ovlivněnou. Vodní toky pod větším vlivem odpadních vod měly nízké koncentrace O_2 , vysoké koncentrace rozpuštěného anorganického i organického uhlíku a vysokou elektrickou vodivost a tyto ukazatele se výrazně zhoršovaly v málo vodných obdobích. V méně znečištěných tocích byly hodnoty těchto ukazatelů lepší a méně variabilní. Byl také sledován vliv nedávno vybudované čistírny odpadních vod v povodí jedno ze sledovaných malých toků. Po uvedení čistírny do provozu se zvýšila koncentrace rozpuštěného kyslíku v řece a poklesly koncentrace rozpuštěného anorganického i organického uhlíku, zejména za nízkých průtoků. Nesnížila se však elektrická vodivost, což znamená, že čisticí proces nesnížil dostatečně koncentrace hlavních iontů a bylo by nutno přidat sekundární stupeň čištění.

Palma et al. (2010) hodnotili jakost povrchových vod přehradní nádrže Alqueva v Portugalsku pomocí ekotoxikologického přístupu. Sladkovodní nádrže mohou být ovlivněny mnoha nebezpečnými látkami pocházejících ze zemědělské činnosti, z vypouštění odpadních vod, vyplavováním z podzemních vod a z povrchového odtoku. Tato studie ukázala, že velké množství vzorků z různých míst nádrže Alqueva obsahuje potenciálně toxické látky. Výsledky ukázaly několik typů toxicity, prostorově a časově variabilních a pocházejících z

přírodních nebo antropogenních zdrojů. Testy akutní i chronické toxicity potvrdily, že některé složky vodního ekosystému jsou ohroženy.

3.7.1.1 Hodnocení náchylnosti zemědělských povodí ke ztrátám fosforu z půdy do vody

Beránková (2010) potvrzuje, že nadměrný přísun živin, především fosforu, do vod vede k eutrofizaci a jejím negativním důsledkům na jakost vody a ekologický stav vodních útvarů. Zemědělské plochy mohou představovat významný plošný zdroj znečištění vod fosforem, a proto je zapotřebí zabývat se omezením přísunu fosforu z těchto ploch do vod. Obvykle se jedná pouze o malé, dobře definovatelné zóny v povodí, kde se kombinuje vysoký obsah fosforu v půdě nebo kde se intenzivně hnojí, s vhodnými podmínkami pro zvýšený transport fosforu do vod, převážně formou erozního smyvu. Proto není účelné aplikovat ochranná opatření na rozsáhlá území, ale spíše odhalit tyto rizikové lokality a opatření aplikovat právě na ně.

Stanovení fosforového indexu (P index) bylo vyvinuto v USA a běžně se používá i v Evropě. Jde o kvalitativní nástroj umožňující identifikovat plochy rizikové z hlediska odnosu fosforu zohledněním zdrojů fosforu a faktorů ovlivňujících jeho transport povodím. P index je aplikovatelný na úrovni jednotlivých půdních bloků a umožňuje identifikovat lokality v povodí, které nejvíce přispívají ke ztrátám fosforu do povrchových vod. Použití P indexu v ČR je možné díky poloze země v mírném klimatickém pásmu z hlediska teplot a srážek. Je tedy možné očekávat uspokojivé výsledky. Jedná se o opatření „screeningové“, které dokáže odhalit rizikové lokality z hlediska výskytu fosforu. Vhodnost použití P indexu pro podmínky ČR má být ověřena ve studii na pilotních povodí, kdy bude hodnocení dle P indexu porovnáno s výsledky monitoringu fosforu. Studii připravil Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., v. v. i. v rámci subprojektu výzkumného záměru MZP0002071101 „Výzkum a ochrana hydrosféry“.

3.7.2 Posuzování čistoty povrchových vod

Čistota povrchových vod řek odráží několik významných vlivů včetně litologie (sedimentologie) povodí, atmosférických vlivů, klimatických podmínek a antropogenních vlivů. Lidské aktivity ovlivňují říční systémy v mnoha směrech, například zalesňováním, odlesňováním, urbanizací, rozvojem zemědělství, odvodňováním, vypouštěním polutantů nebo regulací průtoků. Zvýšené znečištění vody způsobuje nejen zhoršení jakosti vody, ale také ohrožení lidského zdraví a rovnováhy vodních ekosystémů (Babović et al., 2011).

Následkem využívání vody se mění její vlastnosti. Po překročení určitého stupně znečištění dochází k výrazné změně biocenóz a k zásadní přestavbě toku energie a koloběhu živin. Jakost vody je možné charakterizovat množstvím různých fyzikálních, chemických a biologických parametrů. Povrchové vody se klasifikují podle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Jedná se zejména o tyto ukazatele jakosti povrchové vody:

- ukazatele kyslíkového režimu, tj. rozpuštěný kyslík, BSK, CHSK, C_{org} , sulfan, sulfidy;
- základní chemické a fyzikální ukazatele, zejména reakce vody, teplota vody, rozpuštěné látky, veškeré železo, mangan a fosfor, amoniakální dusík, dusitanový a dusičnanový dusík, organický dusík;
- další chemické ukazatele, např. chloridy, sírany, vápník, hořčík, fluoridy, fenoly těkající s vodní parou, tenzidy, kyanidy;
- těžké kovy, např. rtuť, kadmium, olovo, arsen;
- biologické a mikrobiální ukazatele, např. chlorofyl, saprobní index, bioseston (mikroskopický obraz), psychrofilní bakterie, koliformní bakterie, enterokoky;
- ukazatele radioaktivity.

Jakost vody je rozdělena do 5 tříd: voda velmi čistá (I), voda čistá (II), voda znečištěná (III), voda silně znečištěná (IV), voda velmi silně znečištěná (V) (Hartman a kol., 1998).

Počátkem 90. let bylo znečištění vod vnímáno jako jeden z hlavních problémů životního prostředí v ČR. Většina významných vodních toků patřila do kategorií silně a velmi silně znečištěných vod. Omezení a modernizace průmyslových výroby, které měly v 80. letech výjimky z dodržování tehdejšího zákona o vodách, přinesly rychlý pokles znečištění ropnými látkami. Podíl čištění odpadních vod od roku 1999 stagnuje na úrovni 94-96 %. V roce 2007 dosáhl hodnoty 95,8 %, což je maximální hodnota od roku 1990. Za období 1990-2007 se znečištění z bodových zdrojů zásadně snížilo. Jakost povrchových vod se od počátku 90. let zlepšila, avšak stále je pozorován výskyt znečišťujících látek v některých řekách v nebezpečných koncentracích. Na našem území se vyskytuje mnoho malých obcí bez ČOV a tyto obce vypouštějí znečištěné vody přímo do recipientů (Volaufová, 2008).

Kontrola znečištění podle složení biocenózy (biologická kontrola znečištění vod) může být založena na skutečnosti, že některé látky se kumulují v organismech, v člancích potravních řetězců. Ke zjištění těžkých kovů a pesticidů se provádí analýza ryb. Toxicita odpadních vod se testuje v laboratořích. Jako testovací organismy se používají například *Poecilia reticulata* (paví očka), *Daphnia magna* (perloočka) a jiné (Hartman a kol., 1998).

3.7.3 Fyzikální charakteristiky vody

Mezi fyzikální charakteristiky vody patří měrná hmotnost vody – hustota, povrchové napětí vody, viskozita vody, průnik světla do vody (insolace), teplota vody a pohyb vody (Dub a kol., 1969; Hartman a kol., 1998).

3.7.3.1 Teplota vody

Teplota vody je jedním z nejvýznamnějších fyzikálních činitelů ovlivňující životní děje ve vodním prostředí. Teplota vody v toku vykazuje denní a sezónní oscilace. Někdy podléhá více výkyvům teploty vzduchu a jindy kolísá minimálně pod vlivem silného zdroje (ledovce, podzemní vody). Kolísání teploty je závislé na hydrologických i geografických faktorech a na antropických vlivech. Dlouhodobý roční průměr teploty vody v našich tocích se pohybuje mezi 5,4 až 11,9 °C, nejčastěji kolem 9 °C. Teplota vody v řekách obvykle stoupá se vzdáleností od pramene (Dub a kol., 1969; Hartman a kol., 1998; Lellák a Kubíček, 1992).

3.7.3.2 Světlo

Množství a kvalita světla vnikajícího do vody má zásadní význam pro prohřívání vody a pro fotosyntetickou asimilaci vodních rostlin. Voda pohlcuje jenom část světla na ni dopadajícího v závislosti na úhlu dopadu paprsků. Odráží více světla v ranních a večerních hodinách než v poledne, kdy světlo dopadá kolměji. Množství světla přijatého vodou a hloubka jeho průniku závisí na obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek (Hartman a kol., 1998).

3.7.4 Chemické charakteristiky vody

Mezi chemické charakteristiky vody patří hodnota pH, elektrická vodivost, kyslík, dusíkaté látky, sloučeniny fosforu, a organické látky, souhrnně charakterizované např. pomocí BSK₅, CHSK a C_{org} (Lellák a Kubíček, 1992).

3.7.4.1 Hodnota pH

Hodnota pH ovlivňuje fyzikálně-chemické, chemické a biochemické procesy probíhající ve vodě. Kyselost vodních roztoků je zapříčiněna nadbytkem vodíkových H⁺ iontů a zásaditost nadbytkem hydroxylových OH⁻ iontů. Hodnota pH závisí též na teplotě vody. V přírodních vodách je reakce vody určována rovnovážnými stavy mezi kyselinou uhličitou a jejími solemi, volným oxidem uhličitým a hydrogenuhličitany. Jakákoliv změna

v koncentraci jedné z uvedených složek má za následek změnu v koncentraci druhého (Pitter, 1990; Lellák a Kubíček, 1992).

3.7.4.2 Elektrická vodivost

Elektrická vodivost (konduktivita) ukazuje míru koncentrace ionizovaných anorganických a organických látek ve vodě. Je závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle a pohyblivosti. Pokles nebo vzrůst teploty vody má za následek změnu hodnot elektrické vodivosti. Také hodnota pH má velký vliv na elektrickou vodivost. Pro klasifikaci jakosti povrchových vod patří elektrická vodivost mezi základní chemické ukazatele. Mezní hodnota elektrické vodivosti pro I. třídu jakosti vody je $<400 \mu\text{S}/\text{cm}$, pro V. třídu je to $> 1600 \mu\text{S}/\text{cm}$. Elektrická vodivost je součástí chemického rozboru vody. Umožňuje získat představu o koncentraci iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizaci (Pitter, 1990).

3.7.4.3 Kyslík

V přírodních vodách jsou obsaženy oxid uhličitý, kyslík a dusík. Kyslík se dostává do vody difúzí z atmosféry a při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin a spotřebovává se při aerobním rozkladu organických látek. Koncentrace rozpuštěného kyslíku v čistých povrchových vodách se pohybuje okolo 85-95 % koncentrace při nasycení a během dne kolísá vlivem fotosyntézy a změn teploty. Obsah kyslíku v povrchových vodách je největší v poledne. Během noci dýcháním rostlin a živočichů dochází opět k poklesu obsahu kyslíku ve vodě a nejmenší obsah kyslíku je brzy ráno. Přítomnost nebo nepřítomnost kyslíku závisí na aerobních nebo anaerobních procesech. Kyslík je důležitý pro samočisticí pochody ve vodách a při biologickém čištění odpadních vod. Vyčerpá-li se kyslík z vody, začínají mikroorganismy získávat kyslík potřebný pro biochemické oxidace redukcí anorganických látek (např. dusičnanů) a po vyčerpání těchto zdrojů začínají redukovat i organické látky a sírany. Z toho vyplývá, že koncentrace rozpuštěného kyslíku je důležitým indikátorem čistoty vody (Lellák a Kubíček, 1992; Pitter, 1990; Hartman a kol., 1998).

Přesycení kyslíkem nastává, když probíhají procesy, které narušují rovnováhu, jako jsou například probublávání nebo promíchávání při přepadu vody přes jez nebo fotosyntéza vodních řas a jiných rostlin (<http://watermonitoring.uwex.edu/pdf/level1/FactSeries-DissolvedOxygen.pdf>).

3.7.4.4 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

Stanovení BSK slouží k nepřímému stanovení obsahu organických látek, které podléhají biochemickému rozkladu při aerobních podmínkách. Hodnota BSK₅ je definována jako biochemická spotřeba kyslíku za pět dní. Jedná se o parametr jakosti vody, který určuje míru organického (biologicky odbouratelného) znečištění (Volaufová, 2008).

3.7.4.5 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Hodnota CHSK je mírou celkového obsahu organických látek ve vodě, je tedy nepřímým skupinovým stanovením. Hodnota CHSK_{Cr} vyjadřuje chemickou spotřebu kyslíku dichromanem draselným a je parametrem jakosti vody určující míru organického (chemicky oxidovatelného) znečištění (Volaufová, 2008).

3.8 Biomonitoring

Biomonitoring zkoumá účinek souhrnu škodlivin na živé organismy. Jde o dlouhodobé sledování a hodnocení jakosti vody pomocí biologických charakteristik. Biomonitoring znečištění se provádí především na bezobratlých (složkách bentosu). Biomonitoring vody zkoumá obsah ropných látek, u biologických odpadů (jako jsou splaškové vody a organická hnojiva) pokles oblasti kyslíku ve vodě, změny pH, teplotu vody. Bioindikátorem čistoty vody mohou být vyšší rostliny, mechorosty, houby, lišejníky, řasy a sinice, hmyz, korýši, ryby nebo vyšší obratlovci. V současné době se provádí systém biologického hodnocení jakosti vody systémem saprobity. Tento systém rozděluje vody na xenosaprobni (nejčistší povrchové vody), oligosaprobni (velmi čisté vody neznečištěné člověkem), betamezosaprobni (klimaxové stadium čistoty vody ve střední Evropě), alfamezosaprobni (zvýšený obsah organických látek) a polysaprobni (vody silně znečištěné organickými látkami) (Hartman a kol., 1998).

3.8.1 Monitoring ryb v tekoucích vodách ČR

Jurajda a kol. (2010) uvádějí, že ryby jsou vhodným biologickým indikátorem jakosti vody i fyzické degradace vodního toku, přítomnosti příčných překážek na toku a geomorfologického stavu říčního systému. Rybí společenstvo je poměrně stabilní a jeho změnu vyvolají pouze významné vlivy prostředí (otravy, silné znečištění, úpravy koryta aj.). Rybí společenstvo reaguje poměrně rychle na změny prostředí přirozenou reprodukcí v daném roce, což je potom sledováno a hodnoceno na výskytu plůdků ryb. Výskyt stojatých

vod v povodí (rybníků) ovlivňuje charakter rybího společenstva na hodnocené lokalitě a zvyšuje druhové spektrum vzorku o druhy, které se běžně v toku nevyskytují a pocházejí z těchto zdrojů, v toku ale většinou nevytvářejí stabilní populace a postupně mizí. Cílem monitoringu ryb je zařazení jednotlivých lokalit do pěti kvalitativních tříd ekologického stavu, nikoliv detailní rozbor populací jednotlivých druhů ryb. Použití plůdků ryb pro monitoring ekologického stavu vod je metodou velmi levnou, praktickou a moderní s velkou vypovídací hodnotou. Kladivová a kol. (2010) se zmiňuje o platné právní úpravě stanovené Evropskou unií pro jakost povrchových vod s ohledem na vhodné podmínky nutné k zajištění života ryb. Jedná se o směrnici Rady 78/659/EHS ze 18. července 1978 o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb. Související legislativu dále řeší zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Jde o jakost povrchových vod, ukazatele a hodnoty přípustné znečištění vod, množství vypouštěných vod do kanalizace, apod. Dále s tím souvisí nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací.

4 Materiály a metody

Diplomová práce posuzuje vliv rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu „Čistá Jizera“ na jakost povrchové vody v říčce Popelce a na účinnost uvedené čistírny.

Byla shromážděna data o biologických a chemických rozborech prováděných v čistírně odpadních vod (dále ČOV) v Lomnici nad Popelkou od Severočeských vodovodů a kanalizací, data o projektu Čistá Jizera od Vodohospodářského sdružení Turnov (finanční stránka – dotace od EU, předmět projektu, motivace tohoto projektu) a data o jakosti povrchových vod v zájmové oblasti (povodí Popelky a jeho okolí) od Povodí Labe, včetně dat bývalé Zemědělské vodohospodářské správy. Předmětem zájmu byla i data starší, pocházející z doby před rekonstrukcí čistírny odpadních vod.

Byla provedena rekognoskace zájmového území (rekapitulace historie znečišťování vodního toku Popelky, historie ČOV), byly popsány indikátory jakosti povrchové vody (mj. také bioindikátory), potenciální zdroje jejího znečištění (včetně zdrojů už odstraněných) a místa odběru povrchových vod v zájmové oblasti a proběhla exkurze k čištění odpadních vod a seznámení s provozem ČOV v Lomnici nad Popelkou.

Shromážděné informace byly následně souhrnně zpracovány a doplněny podle možností a potřeby vlastním měřením a pozorováním jednoduchých ukazatelů jakosti vody za účelem vyhodnocení trendů vývoje a zhodnocení současného stavu ve srovnání s minulostí a za účelem srovnání s požadavky různých norem. Vlastní vzorky byly odebírány z říčky Popelky a měřeny během všech čtyř ročních období v průběhu roku 2012/2013.

4.1 Analýza podkladů a průzkum stanovištních podmínek

Byly popsány přírodní podmínky zkoumaného území, a to geografické, geomorfologické, geologické, klimatické a hydrologické podmínky a zvláště chráněná území.

4.1.1 Geografické, geomorfologické a geologické podmínky

Okres Semily patří k menším a méně lidnatým okresům České republiky. Počet obyvatel je 75 565 a rozloha se udává 698, 96 km². Velká část jeho plochy patří do Krkonošského národního parku, západní výběžek patří do Českého ráje a zbytek okresu (Lomnici nad Popelkou a další obce) lze zařadit do Podkrkonoší. Nadmořská výška se pohybuje kolem 450 m. Lomnice nad Popelkou a její okolí patří do regionálně-geologické jednotky mladšího paleozoika, permu. Území okresu Semily má pestré geologické složení. Západní část Krkonoš

je tvořena biotitickou hrubozrnnou až porfyrickou žulou krkonošsko-jizerského masivu. Vnitřní hřbet pohoří se skládá z různých typů krystalických břidlic (rul, svorů). Vedle různých typů fylitů, křemenců a krystalických vápenců s dolomity sem patří i zelené břidlice (Železný Brod). V západní části území se jedná o pískovce, slepence a jílovce. Acháty a další vzácné minerály se spatří na Kozákově. Nejstarší zde zastoupené horniny jsou žuly, ruly, svory a břidlice z okolí Semil a Železného brodu (Pišl, 2000; Mackovčín a kol., 2002).

4.1.2 Klimatické podmínky

Mírně teplá klimatická oblast Krkonošského podhůří se vyznačuje průměrnými lednovými teplotami vzduchu od 2°C do 4°C, červencovými od 16°C do 17°C a průměrným ročním srážkovým úhrnem v rozmezí od 600 mm do 800 mm. Semilsko a Jilemnicko je vlhčí než Železnobrodsko (Mackovčín a kol., 2002).

4.1.3 Hydrologické podmínky

V zájmovém území je vodním útvarem povrchových vod vodní tok Popelka, která se dále po toku v Ústí u Staré Paky vlévá do Olešky. Oleška pramení na Jilemnicku a v Semilech ústí jako levostranný přítok do Jizery. Hlavním tokem okresu Semily je řeka Jizera, která pramení v Jizerských horách a vlévá se do Labe u Káraného. Kromě Jizery se na odvádění toku vody z území semilského okresu podílí řada jejích menších přítoků, vedle Olešky zejména Libuňka a Jizerka (Mackovčín a kol., 2002). Podrobnosti o hydrologických poměrech Popelky a Olešky jsou uvedeny dále.

4.1.4 Zvláště chráněná území

Mezi zvláště chráněná území zkoumaného zájmového území patří přírodní památka Jezírko pod Táborem. Jedná se o rašelinné jezírko na západním svahu kóty Tábora asi 1 km severovýchodně od obce Nový Svět u Lomnice nad Popelkou. Leží v katastrálním území Chlum pod Táborem, jeho nadmořská výška je 500 m a výměra 0,29 ha. Bylo vyhlášeno přírodní památkou v roce 1996. Jezírko pod Táborem je lokalita bohatého výskytu rosnatky okrouhlohlísté (*Drosera rotundifolia*). K další zajímavé květeně patří např. řeřišnice bahenní (*Cardamine dentata*) a ostřice nedošáchor (*Carex pseudocyperus*). K chráněné zvířené se řadí obojživelníci, např. skokan hnědý (*Rana temporaria*) nebo vzácný druh motýla ohniváček celíkový (*Lyceana virgaureae*). Z ptačích druhů zde žije kachna divoká (*Anas platyrhynchos*).

Další přírodní památkou je Kovářův mlýn, starý břidlicový lom na levém břehu Olešky. Byla vyhlášena v roce 1990 a jedná se o paleontologické naleziště permské flóry a fauny (Mackovčín a kol., 2002).

V příloze č. 1 je mapa zvláště chráněných území v okolí Lomnice nad Popelkou.

4.2 Popis vodních toků Popelky a Olešky a jejich okolí

Popelka má dva prameny, jeden v okolí Morcinova a druhý na tzv. „Matějásku“ v okolí p. p. č. 3307 k. ú. Lomnice n. P. Vodní tok Popelka č. h. p. pramení 1,5 km západně od Lomnice nad Popelkou ve výšce 549 m n. m. a ústí zleva do Olešky v Ústí v 391 m n. m. Plocha povodí je 27,7 km². Celkové povodí Popelky se skládá z dílčího povodí č. h. p. 1-05-01-038 nad soutokem s Černou o ploše povodí 19,273 km², z povodí č. h. p. 1-05-01-040 o ploše povodí 2,108 km² a z povodí č. h. p. 1-05-01-039 o ploše povodí 6,367 km². Délka toku Popelky je 10,5 km, průměrný průtok u ústí do Olešky je 0,25 m³.s⁻¹. Jedná se o vodohospodářsky významný tok - pstruhovou vodu (Vlček a kol., 1984).

Číslo povodí : 1-05-01-038											
Tok: Popelka			Místo: 50 m pod text Technolen			Plocha povodí: 8,780 km ²					
Zalesněnost %	Údolí km	Délka toku km	Kóta rozvodí m ⁿ /m	Kóta profilu m ⁿ /m	Spád údolí %		Charakteristika povodí :				
			Rozdíl kót m		Spád toku %						
Období		31-60	Velké vody opakující se 1 x za								
Roční	Srážka v mm	700			1	2	5	10	20	50	100
	Ztráta v mm				let v m ³ /s $q_{100} = 2,55$						
	Odtok v mm										
Koeficient odtoku %											
Specifický odtok z 1 km ² v l/s		8,5			3,4	5,2	8,2	10,9	13,9	18,5	22,4
Průměrný průtok m ³ /s		74									
Význačné povodně v m ³ /s - datum											

H - 244

(Zdroj: ČHMÚ)

Obr. 1. Karta vodního toku Popelky, 1. strana

Od Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) jsem získala kartu vodního toku Popelky (obr. 1), kde jsou uvedeny základní hydrologické údaje. Číslo povodí: 1-05-01-038, tok: Popelka, místo: 50 m pod firmou Technolen, technický textil, a. s., plocha povodí: 8,780

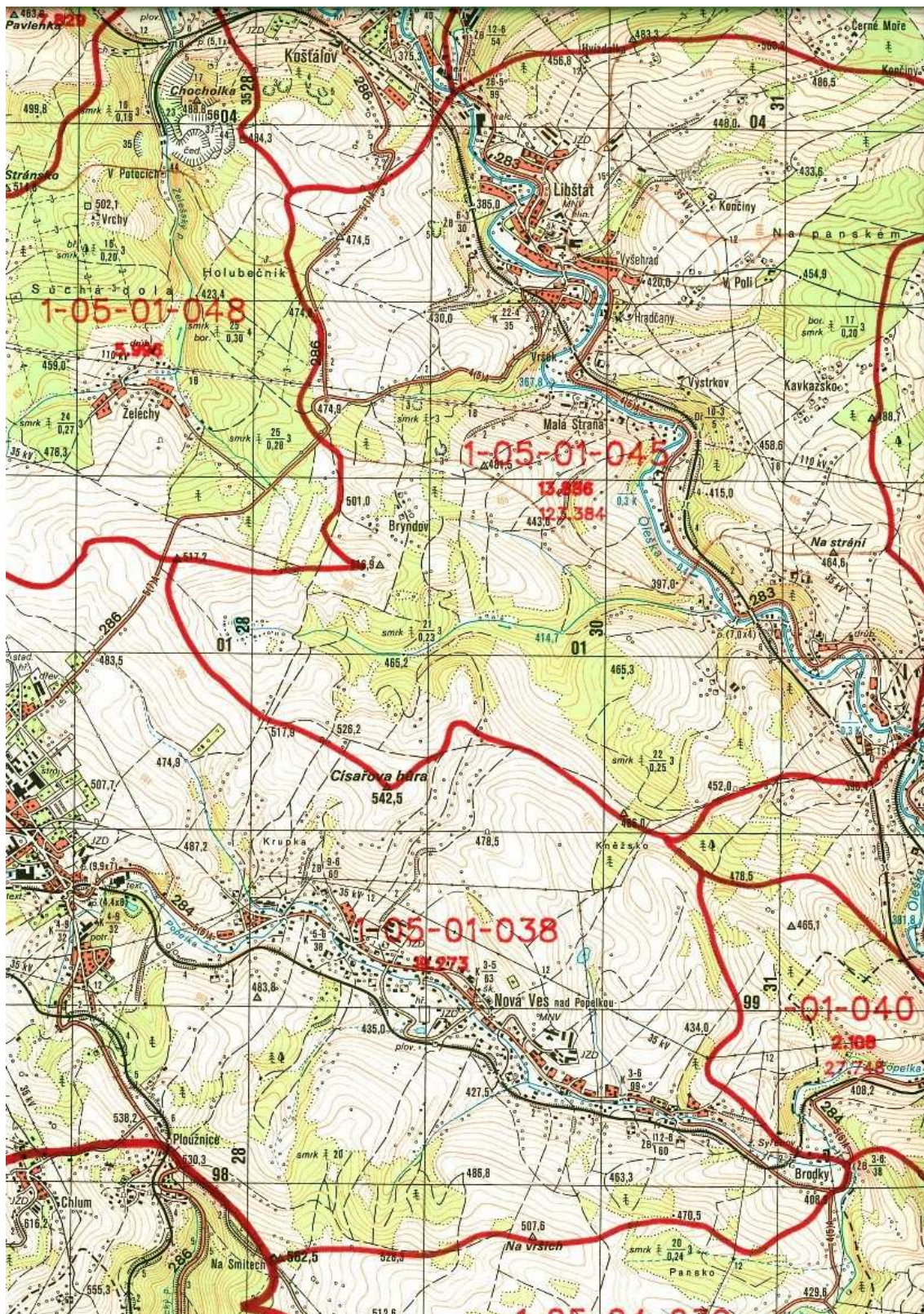
km², období: 31-60 (roky 1931-1960). Pro novější období (pro roky 1971-2010) ještě nemají v ČHMÚ data zpracována, ale během roku 2013 by už měla být k dispozici. Specifický odtok z 1 km² v l/s/km² se vypočítá jako poměr průměrného průtoku v l/s a plochy povodí, tj. 74/8,780 = 8,5 l/s. Naopak průměrný průtok v l/s se vypočítá jako součin specifického odtoku z 1 km² v l/s/m² a plochy povodí, tj. 8,5 * 8,780 = 74 l/s. V kartě vodního toku jsou také uvedeny velké vody opakující se v průměru 1 x za 1 rok až 100 let – například 1 x za rok byl kulminační průtok 3,4 m³/s, 1 x za 2 roky 5,2 m³/s atd.

Období	Průměrný průtok v l/s	Po dobu													
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	
		dní v roce je průtok v <i>l/s</i> větší než													
31-60	74	198	110	75	55	43	35	30	25	19	15	11	8	3	
Minimální průtok							Absolutní minimum							dne	
Poznámka :		<i>55 B-d</i>													
Vydáno dne, komu															

(Zdroj: ČHMÚ)

Obr. 2. Karta vodního toku Popelky, 2. strana

Na obr. 2 jsou v kolonce „po dobu“ n-denní vody. Například 30 dní v průměrném roce je průtok větší než 198 l/s. V poznámce je vyznačené číslo příslušné vojenské mapy 55 B-d. Na obr. 3 je část povodí řek Popelky a Olešky. Celé povodí řek Popelky a Olešky je uvedeno v samostatné příloze této diplomové práce.



(Zdroj: ČHMÚ)

Obr. 3. Vodohospodářská mapa části povodí Popelky a Olešky na vojenské mapě

Oleška pramení na Jilemnicku u Rovnáčova v obci Studenec ve výšce 541 m n. m. a směřuje na jih přes Levínskou Olešnici. Protéká typickou krajinou Krkonošského podhůří. Za Starou Pakou se stáčí na severozápad a pokračuje přes obce Bělá, Libštát a Košťálov až k ústí do Jizery v Semilech. Střední a dolní část toku se nachází na jihovýchod od Semil. Délka toku Olešky je 34,2 km. Plocha jejího povodí měří 171,1 km². Mezi její levostranné přítoky patří Rokytky, Popelka, Želešský potok, Stružinecký potok a Hořenský potok, pravostrannými přítoky jsou Tampelačka a Kundratický potok. Průměrný průtok Olešky u ústí do Jizery činí 1,74 m³/s. Stoletá voda zde dosahuje 168 m³/s. (<http://heis.vuv.cz>). V profilu Slaná-Bořkov je minimální průtok $Q_{355} = 0,177 \text{ m}^3/\text{s}$ (Baudišová, 2010). Jedná se o vodohospodářsky významný tok. Mezi hlavní zdroje znečištění Olešky patří čistírny odpadních vod, a to ČOV Stará a Nová Paka a ČOV Lomnice nad Popelkou, dále kanalizace obcí Libštát a Košťálov a neodkanalizované části dalších obcí. Skoro celou trasu toku kopírují silnice i železnice. Údolí Olešky je ploché, lučinaté a s četnými zákruty. Okolní krajina je protkána malými lesíky a ozeleněním. V řečišti bývají často naplaveniny i padlé stromy. Nadolním toku u Libštátu se údolí prohlubuje. Řeka zde má šířku 3-7 m a tvoří mírné peřeje (Štefánek, 2008; Švorc a Švorcová, 2006; Baudišová 2010). Podobných studií o jakosti vody v Olešce je málo a týkají se jen dílčích aspektů.

4.2.1 Mikrobiální znečištění toků v povodí Olešky a vývoj v souvislosti se změnami průtoků

Baudišová (2010) zaznamenala mikrobiální znečištění toků v povodí Olešky. Mikrobiální kontaminace byla studována jak za běžných průtoků (pravidelný monitoring v měsíčních intervalech, 2008), tak za zvýšených průtoků (jarní tání a červnová srážková epizoda v roce 2009). Byly sledovány počty fekálních koliformních bakterií a *E. coli*. Bylo potvrzeno významné zvýšení mikrobiální kontaminace toků v souvislosti se zvýšenými průtoky, v některých případech až o jeden řád. Oleška je znečištěna především komunálně, nečištěnými nebo nedostatečně čištěnými odpadními vodami. Mezi významně mikrobiálně kontaminované toky patří Rokytky a Popelka a dále profily na Olešce „pod Rokytkou“ a „pod Košťálovem“.

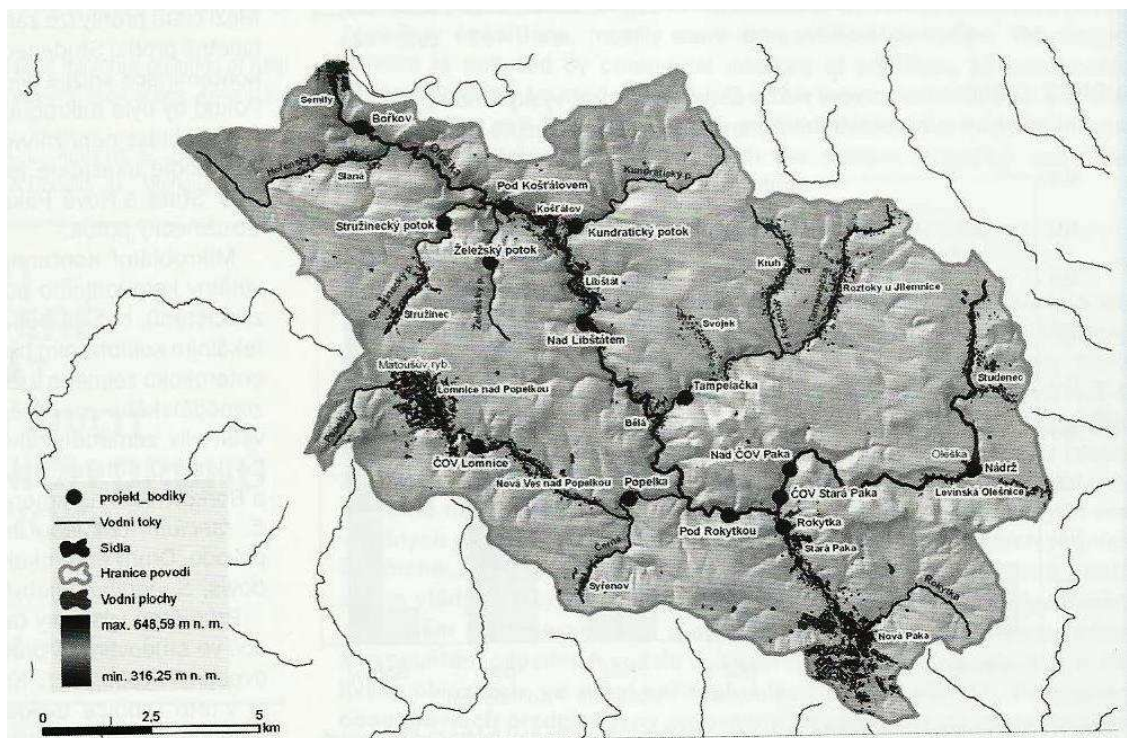
Směrnice EP a Rady 2006/7/ES o řízení jakosti vody ke koupání uvádí termín „krátkodobé znečištění“, kterým se rozumí mikrobiologická kontaminace. Tato kontaminace má zjištěné příčiny, u nichž se neočekává, že zhorší jakost vod ke koupání po dobu delší než 72 hodin od prvního ovlivnění jakosti vody. Vliv vnějších faktorů na přítomnost koliformních

a fekálních bakterií ve vodním prostředí kontaminovaném odpadní vodou podrobně rozvádějí Whitman et al. (1995).

Přehled principů týkajících se modelování přísunu mikrobiálního znečištění do vod v zemědělských oblastech popisují kanadští autoři Jamieson et al. (2004).

Krometis et al (2007) se zabýval vazbou mikroorganismů na nerozpuštěné látky ve vodním sloupci. Zjistil, že 40 % fekálních koliformních bakterií, *E. coli* a enterokoků je vázáno na usaditelné látky.

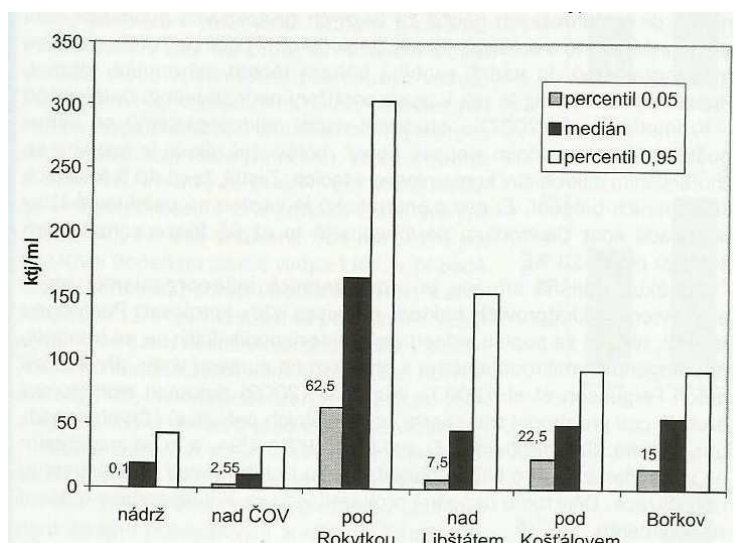
Baudišová (2010) popisuje svá zjištění mikrobiální kontaminace toků v povodí Olešky za různých průtoků. Jednalo se zprvu o zjištění mikrobiální kontaminace toku Olešky a hlavních přítoků za běžných průtoků a určení zdrojů znečištění (2008; n=10). Výsledky byly použity ke srovnání s mikrobiální kontaminací za zvýšených průtoků. Dále se jednalo o výzkum mikrobiální kontaminace toků v povodí Olešky za extrémních průtoků, tj. za tání sněhu (březen 2009; n=11) s maximálním průtokem v Bořkově 21,317 m³/s a pod vlivem přívalových dešťů (červen 2009; n=2) s maximálním průtokem v Bořkově 4,5 m³/s a o zpracování dat historických dat výskytu koliformních bakterií z koncového profilu Olešky-Bořkov (Slaná) z let 1988-1993, která byla získána z monitoringu prováděného podnikem Povodí Labe, s. p. (n=67).



(Zdroj: Baudišová (2010), autor Tomáš Fojtík)

Obr. 4. Mapa povodí Olešky s odběrovými místy

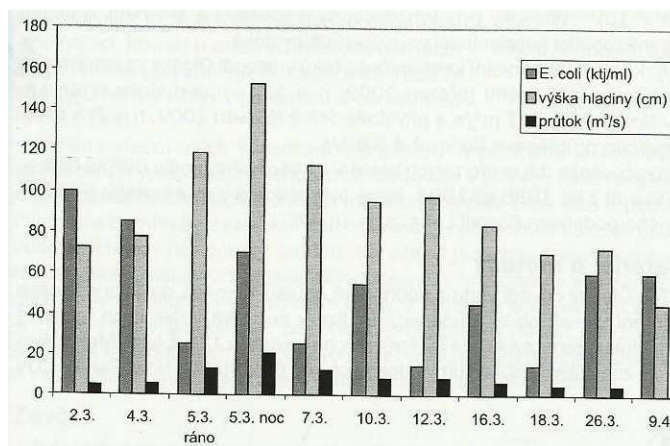
Bylo studováno 14 profilů. Odběrová místa jsou vyznačena tučnými body na mapě povodí Olešky s odběrovými místy (obr. 4).



(Zdroj: Baudišová, 2010)

Obr. 5. *Escherichia coli* v podélném profilu Olešky (ktj/ml), jarní tání sněhu, rok 2009

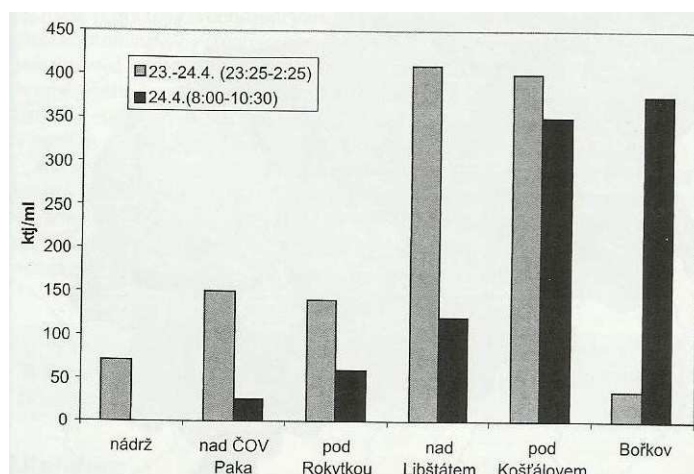
Obr. 5 popisuje výskyt *Escherichia coli* v podélném profilu Olešky během tání sněhu (ktj/ml) – medián a percentily 0,05 a 0,95; u percentilu 0,05 jsou vzhledem k nízkým hodnotám uvedeny číselné hodnoty. Jednotka ktj je kolonie tvořící jednotku. Z grafu vyplývá velký rozptyl jednotlivých hodnot. Zároveň je patrný velký nepříznivý vliv přítoku (Rokytky) na jakost vody v Olešce. V dalším úseku toku Olešky dochází ke zlepšení znečištění postupným samočištěním. Percentil 95 charakterizuje výskyt nepříznivých hodnot.



(Zdroj: Baudišová, 2010)

Obr. 6. Grafické znázornění počtu *Escherichia coli*, výšky hladiny a průtoku během jarního tání sněhu, rok 2009

Na obr. 6 je grafické znázornění počtu kolonií *Escherichia coli*, výšky hladiny a průtoku v jednotlivých odběrech během jarního tání (profil Oleška-Bořkov).



(Zdroj: Baudišová, 2010)

Obr. 7. Stanovení *E. coli* (ktj/ml) v podélném tolu Olešky během červnové srážkové epizody, rok 2009 (v Bořkově max. průtok $2 \text{ m}^3/\text{s}$, výška hladiny 55 cm)

Na obr. 7 je vidět odlišný průběh mikrobiální kontaminace v jednotlivých profilech během letní srážko-odtokové epizody. V tab. 3 je znázorněno statistické hodnocení výskytu *E. coli* v jednotlivých profilech (ktj/ml) za různých odtokových situací. Z výsledků je zřejmé, že počty *E. coli* vykazují velké výkyvy. Větší vliv na zhoršení mikrobiální kontaminace mají přívalové deště než tání sněhu, s výjimkou zejména Rokytky a Popelky a odtoků z ČOV (Baudišová, 2010).

Tab. 3. Statistické hodnocení výsledků stanovení E. coli v povodí Olešky

	Pozadí aritmetický průměr	Pozadí medián	Pozadí max	Tání sněhu max	Srážková epizoda (VI.09) max
<i>Tok Oleška</i>					
Nádrž	13	10	55	45	70
Nad ČOV Paka	6,6	2	30	35	150
Pod Rokytkou	458	285	2 500	350	140
Nad Libštátem	75	12	450	170	410
Pod Košťálovem	116	120	180	95	400
Bořkov	29	14,5	80	100	375
<i>Přítoky</i>					
Želešský potok	23	5	80	45	25
Stružinecký potok	22	15	60	50	60
Kunratický potok	28	24,5	60	25	75
Tampelačka	19	3,6	90	50	125
Rokytká	569	220	3300	550	140
Popelka	168	40	620	210	85
<i>Odtoky z ČOV</i>					
Stará Paka	109	60	310	400	220
Lomnice n. Popelkou (t.č. rekonstrukce)	1 121	175	6 100	5 000	1 500

(Zdroj: Baudišová, 2010)

Výsledkem této studie bylo zjištění, že významně mikrobiálně kontaminovanými jsou přítoky Rokytká a Popelka a profily na Olešce „pod Rokytkou“ a „pod Košťálovem“. Mezi relativně čisté toky se řadí Kunratický potok a Stružinecký potok (Badišová, 2010).

4.2.2 Bioindikátory ve vodním toku Popelce

Při rekognoskaci zájmového území byl dohledán pouze dokument z roku 2008, kde RNDr. Josef Křížek na Popelce prováděl Determinační ichtyocenózu (společenstvo ryb) toku pomocí vyhodnocení plůdkových společenstev tekoucích vod. Tento dokument mi poskytl Český rybářský svaz, Místní organizace Košťálov. Dokument pochází ze dne 24. 9. 2008, zhotovitelem byl RNDr. Josef Křížek, společnost: L.I.F.E, Laboratoř ichtyologie a ekologie ryb, 250 84 Sibřina 82. Determinační ichtyocenóza je přílohou č. 2 této diplomové práce.

4.3 Projekt Čistá Jizera

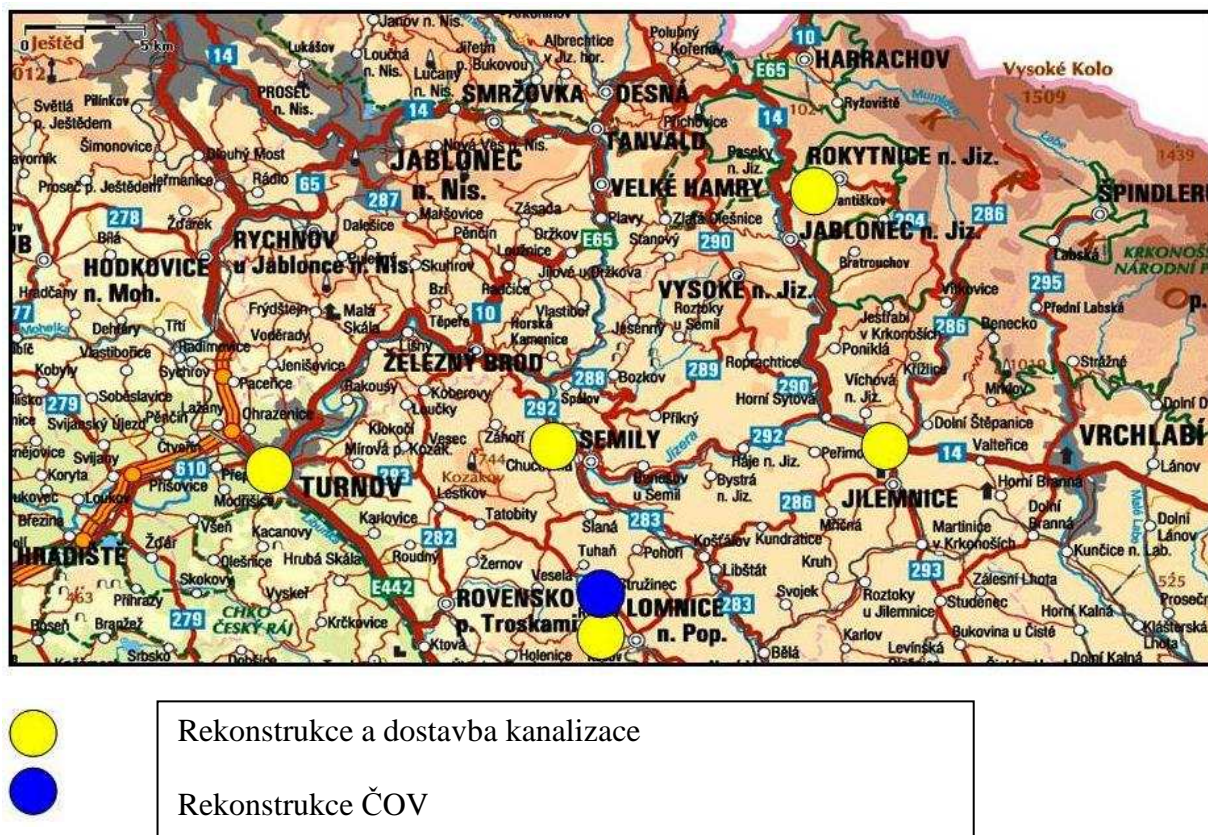
Veškeré informace o projektu Čistá Jizera (zadávací dokumentaci k projektu, průvodní a technickou část) mi poskytlo Vodohospodářské sdružení Turnov a Město Lomnice nad Popelkou.

Cílem projektu Čistá Jizera bylo dořešení odkanalizování a čištění odpadních vod v souladu se směrnicemi Evropské unie 91-271 EHS a 86-278 EHS v pěti členských městech v povodí řeky Jizery. Jednalo se o dostavbu a rekonstrukce kanalizací v Lomnici nad Popelkou, Semilech, Jilemnici, Rokytnici nad Jizerou a Turnově. V Lomnici

nad Popelkou byla řešena i rekonstrukce ČOV a v Rokytnici nad Jizerou zlepšení jakosti pitné vody a zásobování pitnou vodou.

Zahájení stavebních prací ve všech pěti městech započalo v dubnu 2009 a slavnostní dokončení stavby proběhlo v září 2011. Rekonstrukce ČOV v Lomnici nad Popelkou byla zahájena v dubnu 2009, ukončení rekonstrukce ČOV proběhlo v září 2010 a poté byl zahájen roční zkušební provoz ČOV, který skončil v září 2011.

Projekt Čistá Jizera byl rozdělen na dvě části - Čistá Jizera I (Turnov, Semily, Jilemnice) a Čistá Jizera II (Rokytnice nad Jizerou, Lomnice nad Popelkou).



(Zdroj: VHS Turnov)

Obr. 8. Přehled míst projektu Čistá Jizera

Projekt Čistá Jizera II – město Lomnice nad Popelkou byl realizován v následujícím rozsahu:

- výstavba kanalizace o celkové délce 8,6 km, z toho 1,5 km veřejných částí kanalizačních přípojek,
- rekonstrukce kanalizace o celkové délce 5,6 km, z toho 1,8 km veřejných částí kanalizačních přípojek,

- rekonstrukce čistírny odpadních vod,
- vynucené přeložky inženýrských sítí,
- obnova povrchů po realizaci kanalizace.

Záměr projektu spočíval v rekonstrukci stávající kanalizační sítě, odstranění balastních vod z kanalizace (odstranění balastů bylo podmínkou pro rekonstrukci ČOV), vybudování nových stokových sítí včetně napojení na stávající kanalizaci a celého systému odvádění splaškových vod na ČOV s výhledem, že rekonstrukce a dobudování kanalizační sítě pozitivně ovlivní provoz stávajícího kanalizačního systému včetně funkce a účinnosti ČOV a především zajistí zlepšení jakosti povrchových vod povodí Jizery, což bylo hlavním účelem projektu Čistá Jizera. Samotná ČOV v Lomnici nad Popelkou byla v roce 2009 (po zhruba 10 letech provozu) v havarijním stavu a její rekonstrukce byla nevyhnutelná. Původní kapacita 20 tis. EO (ekvivalentních obyvatel) se rekonstrukcí snížila na 5,5 tis. EO. Hlavní důvod spočíval v odstranění přítoku balastních vod. Původně byla ČOV dimenzována i na čištění průmyslových vod, které však již na čistírně nebyly čištěny v důsledku ukončení průmyslové činnosti nebo vybudováním vlastního čištění u průmyslových podniků.

4.3.1 Financování projektu Čistá Jizera

VHS Turnov obdrželo dotace na Čistou Jizeru I ve výši 270,2 mil. Kč a na Čistou Jizeru II ve výši 269,7 mil. Kč. Dohromady šlo o velmi vysokou dotaci - 540 mil. Kč.

Financování akce bylo zajištěno z vlastních zdrojů investora (VHS Turnov), ze zdrojů Města Lomnice n. Pop. a dotace z Evropské unie zprostředkované Státním fondem životního prostředí ČR – Operační program Životní prostředí (OPŽP). Celkové stavební náklady akce Lomnice nad Popelkou představovaly 233,1 mil. Kč (cena s rezervou bez DPH).

Cenová položka Lomnice nad Popelkou:

Celková cena stavby 233 068 923 Kč bez DPH

Uznatelné náklady 192 838 852 Kč bez DPH

Neuznatelné náklady 40 230 071 Kč bez DPH

Dotace EU z OPŽP 69,64 % z uznatelných nákladů

Dotace státu (prostředky SFŽP ČR) 4,1 % z uznatelných nákladů

Vlastní zdroje VHS

(úvěr a příspěvek města) 26,26 % z uznatelných nákladů + neuznatelné náklady.

4.3.2 Charakteristika města Lomnice nad Popelkou a popis stokové sítě

Lomnice nad Popelkou (450 - 510 m n. m., – Morcinov 630 m n. m.) je město v centru s klasickou městskou zástavbou a v periferních oblastech se zástavbou rodinných domků v zahradách. Patří do kategorie měst do 6 000 trvale bydlících obyvatel. Počet přechodných návštěvníků dosahuje zlomku počtu trvale bydlících.

Město leží v pásmu hygienické ochrany (dále jen PHO) 2. vnějšího stupně veřejných zdrojů pitné vody městského vodovodu, v PHO 3. stupně veřejného zdroje pitné vody Káraný. Do zástavby zasahovala i PHO 1. a 2. vnitřního stupně veřejných zdrojů pitné vody – vrtů Park I a II, Žižkov.

Městem protéká vodohospodářsky významný tok Popelka. Kapacita koryta je ca. 18,5 m³/s, přičemž průtok Q₁₀₀ je 21 m³/s. Hladina Q₁₀₀ v recipientu pod mostem je ca. 0,1 m nad břehovou hranou koryta.

Město (mimo místní části Košov, Morcinov a Nové Dvory) má vybudovaný systém jednotné kanalizace pro dešťovou a splaškovou odpadní vodu dohromady, kterým je odpadní voda odváděna na čistírnu odpadních vod. Systém kanalizace byl jednotný před i po rekonstrukci kanalizace. Původní kanalizační síť z první poloviny 20. století byla v 80. a v 90. letech doplněna o kmenové stoky, které podchytily téměř všechny sběrače před jejich vyústěním do vodotečí. Zhruba polovina všech kanalizačních sběračů byla před rekonstrukcí kanalizace na pokraji životnosti. V současné době čistírna nezpracovává průmyslové odpadní vody z důvodu ukončení průmyslové činnosti některých firem v Lomnici n. Pop. nebo vlastního čištění průmyslových odpadních vod průmyslovými podniky. Po vlastním zjištění vím, že významné průmyslové podniky (Mehler Technologies, s. r. o., TM Elitex, s. r. o.) již v současné době neprodukuje technologické odpadní vody a do jednotné kanalizace vypouštějí pouze splaškové odpadní vody.

Odpadní vody ze zbylých částí města jsou zachycovány v bezodtokých jímkách, které jsou vyváženy na zemědělsky obhospodařované pozemky, nebo v septicích s přepadem do povrchových vod nebo do trativodů. Dešťové vody z cca 95 % městské zástavby jsou zachycovány jednotnou kanalizací a přes odlehčovací komory vypouštěny do Popelky. Dešťové vody ze zbylých ploch města a z místních částí jsou odváděny do vodotečí systémem příkopů, struh a propustků.

Lomnice nad Popelkou byla usnesením vlády ČR č. 1236 z 9. 12. 2002 zařazena do kategorie aglomerací s velikostí 2 000 - 10 000 ekvivalentních obyvatel (dále jen EO), u kterých se předpokládá zajistit požadavky směrnice 91/271/EHS do konce roku 2010.

V Regionálním plánu implementace byla v Lomnici nad Popelkou navržena postupná dostavba kanalizačních sběračů. Vzhledem ke kapacitním možnostem tehdejší kanalizační sítě byly při rekonstrukci kanalizace do okrajových částí zástavby vybudovány pouze oddílné splaškové sběrače. V místních částech Košov, Morcinov, Horní Lomnice a Nové Dvory byly vybudovány tlakové kanalizační systémy, kterými je splašková voda odváděna do městské kanalizace. Likvidace odpadních vod z okrajových a odloučených částí zástavby je řešena individuálním způsobem s využitím domovních čistíren a žump.

Tab. 4. Současný stav napojení na ČOV

Obec, část obce	Trvale bydlící obyvatelé	Napojení na kanalizaci	Napojení na ČOV
Lomnice n. Popelkou	5 833	4 760	4 760

(Zdroj: VHS Turnov)

4.3.3 Rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou

Tab. 5. Identifikační údaje

Charakteristika stavby	Intenzifikace změnou technologie čištění a dostavbami
Odvětví	Vodní hospodářství
Investor	Vodohospodářské sdružení Turnov
Zpracovatel projektu	Severočeské vodovody a kanalizace, a. s., útvar projekce Liberec
Provozovatel	Severočeské vodovody a kanalizace, a. s.
Zhotovitel	Subterra, a. s.
Kapacity	<p>ČOV pro 5 500 EO;</p> <p>průměrné roční množství bezdeštných vyčištěných vod: 766 500 m³/r;</p> <p>průměrné denní množství bezdeštných vyčištěných vod: 2 100 m³/d;</p> <p>maximální bezdeštný hodinový přítok na ČOV: 147 m³/h;</p> <p>přítok na ČOV za deště: 227,5 m³/h;</p> <p>maximální přítok při dešti na aktivační nádrž (AN): 227,5 m³/h;</p> <p>přiváděné znečištění:</p> <p>330 kg BSK₅/d</p> <p>662 kg CHSK/d</p> <p>359 kg NL/d</p> <p>75 kg N_e/d</p> <p>49 kg N-NH₄/d</p> <p>13 kg P_e/d</p>

(Zdroj: VHS Turnov)

4.3.3.1 Čistírna odpadních vod v Lomnici nad Popelkou před rekonstrukcí

Čistírna odpadních vod Lomnice nad Popelkou byla postavena v polovině 90. let a uvedena do trvalého provozu v roce 1997. Jednalo se o aktivační čistírnu s nitrifikací, denitrifikací a zvýšeným biologickým odstraňováním fosforu. Čistírna byla určena pro společné čištění komunálních odpadních vod z města a průmyslových odpadních vod převážně z textilní a potravinářské výroby.

Důvodem rekonstrukce byl především nevyhovující až havarijní stav strojně technologického vybavení a stavební části. Na přítoku chybělo odlehčení dešťových vod a dále chyběl lapák štěrku. Vody byly vedeny na česle, jejichž výkon byl minimální a do naprosto nevhodného lapáku písku. Vody, které z kapacitních důvodů neprošly hrubým předčištěním, byly vedeny spolu s předčištěnými vodami na biologickou linku. Před ní stála odlehčovací komora.

Biologická linka byla hydraulicky nevhodně řešena, často docházelo k zatápní žlabů a dokonce i k přelití nádrží. Odlehčené vody byly vedeny za měrný objekt vyčištěných vod. Spojením těchto dvou proudů docházelo ke zpětnému zatápní biologické linky. K zatápním docházelo i při vyšších průtocích v Popelce. Stavební stav biologické linky byl nevyhovující a hrozil kolaps některých stavebních konstrukcí.

Proces čištění před rekonstrukcí popisuje tehdejší provozní řád takto:

Všechny odpadní vody z kmenové stoky byly přivedeny před ČOV do rozdělovacího objektu. Z rozdělovacího objektu před ČOV byly odpadní vody přivedeny do sdruženého objektu hrubého předčištění, kde byly zachyceny hrubé unášené nečistoty – shrabky a zrnité nečistoty - písek a plovoucí látky.

Zachycené shrabky a písek byly akumulovány v přilehlých jímkách a vyklíženy podle potřeby vyklízecím drapákem do připraveného kontejneru.

Mechanicky předčištěná voda byla v rozdělovací šachtě za hrubým předčištěním rozdělena do dvou čistírenských linek. Čistírenské linky byly navrženy ve formě hlubší aktivační zóny s vestavěným dosazovákem. Aktivační prostor byl členěn na regenerační, anaerobní, denitrifikační a nitrifikační zónu.

Anaerobní a anoxická zóna byla mechanicky míchána vrtulovými míchadly. Oxická a regenerační zóna byla provzdušována jemnobublinovou hydropneumatikou aerací. V anaerobní zóně docházelo ke zvýšenému biologickému odstraňování fosforu. Denitrifikace byla umožněna zavedením vnitřní recirkulace směsi z konce oxické zóny na počátek zóny anoxické. Vnitřní recirkulace stejně jako recirkulace vratného kalu byla řešena mamutkami

(svislými čerpadly na nečistou vodu poháněnými stlačeným vzduchem). Separace vyčištěné vody a kalu probíhala v dosazovací nádrži. Sedimentovaný kal byl vyklízen násoskovou soupravou, která svým pohybem odsávala kal po celé délce dosazovací zóny. Odsátý kal byl mamutkou dopravován do regenerace.

Kalové hospodářství tvořilo samostatný celek. Přebytečný kal, který byl aerobně stabilizován, byl ze zahušťovacích jímek v regeneračním prostoru čerpán do uskladňovacích nádrží. Uskladňovací nádrže bylo možno provzdušňovat vzduchem z dmychárny.

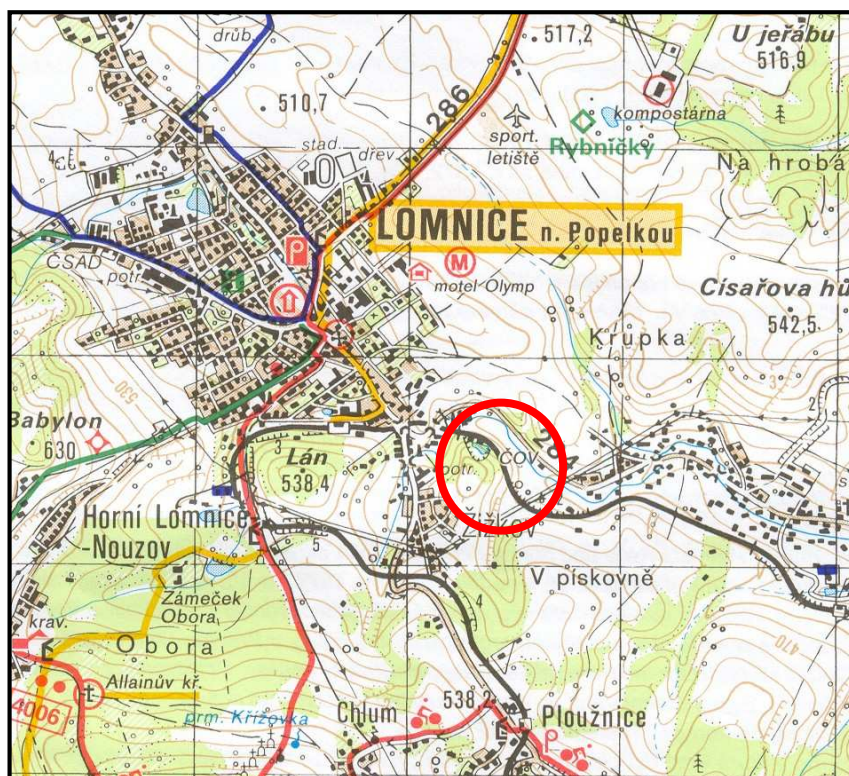
Odsazená kalová voda mohla být odebírána z nevhodnějšího odběrového horizontu, dále mohla být kalová voda vedena do nádrže vybavené dávkováním vápna pro odfosforování kalové vody. Do stejné nádrže byl přiveden fugát z pásového lisu. Odfosforovaná kalová voda byla čerpána do přítoku k ČOV. Protože obsah fosforu v odpadní vodě byl poměrně malý, nemuselo být odfosforování prováděno a vody se vracely přímo na přítok spolu s vodami z lisování kalu a vodami oplachovými.

Uskladněný kal byl odvodňován po předchozím nadávkování flokulantem na pásovém lisu. Pro ostřík pásů se používala provozní voda čerpaná z jímky u horní linky.

4.3.3.2 Čistírna odpadních vod v Lomnici nad Popelkou po rekonstrukci

Pro rekonstrukci byl zpracován návrh čistírny respektující směrnici rady EU 91/271/EHS pro citlivé oblasti. Rekonstruovaná ČOV v Lomnici nad Popelkou má nyní pro kapacitu 5 500 ekvivalentních obyvatel (z původních 20 000) s průměrným množstvím 2 100 m³/d vyčištěných vod při bezdešti.

Nově rekonstruovaná čistírna se vstupním čerpáním je mechanicko-biologická s předřazenou denitrifikací a nitrifikací (systém D-N), chemickým srážením fosforu, s aerobní stabilizací kalu a strojním odvodňováním vyhnílého kalu.



(Zdroj: VHS Turnov)

Obr. 9. Umístění ČOV v širších vztazích

Odlehčovací komora, lapák šterku:

Na přítoku byla nově vybudována nová odlehčovací komora s přepadem do recipientu novou odlehčovací stokou s novým výustním objektem. Odtok z odlehčovací komory na ČOV je škrcen na max. přítok na ČOV 63 l/s. Před ČOV je vybudován nový lapák šterku s obtokem, těžení probíhá drapákem. Šterk je těžen do kontejneru. Odlehčení před česlemi bylo zrušeno.

Hrubé předčištění a jímka shrabků a písku:

Nově jsou osazeny jemné strojně stírané česle a na obtoku ručně stírané česle. Shrabky jsou propírány a lisovány do popelnice. Do stávajícího lapáku písku je osazena dvojice plastových vertikálních lapáků písku a zbylý prostor je vyplněn prostým betonem. Těžení probíhá pomocí mamutek do separátoru písku s výpadem do kontejneru.

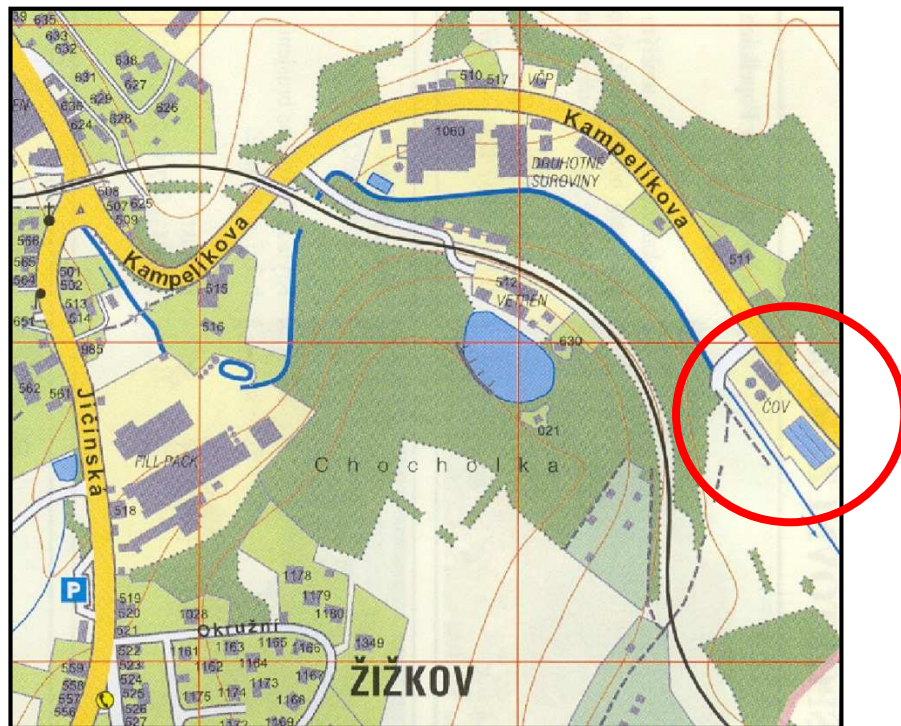
Čistírenská linka:

Dosavadní objekt nádrží byl zcela nevyhovující. Objekt je nyní využit jako ztracené bednění a dovnitř jsou dobetonovány železobetonové stěny tl. 500 mm a dno tl. 600 mm. Hloubka vody v aktivačních nádrží je 5,5 m. Každá nádrž je rozdělena na denitrifikační zónu a dvě nitrifikační zóny, do kterých jsou umístěny vnořené vertikální dosazovací nádrže.

Nitrifikační nádrže jsou vybaveny jemnobublinným aeračním systémem, nádrž na aerobní dostabilizaci kalu je vybavena středobublinným aeračním systémem. V denitrifikační nádrži je pro zimní provoz rovněž osazen aerační systém. Dosazovací nádrže jsou oproti aktivaci prohloubeny na hloubku vody 6,1 m. Z hladiny dosazovacích nádrží jsou stahovány plovoucí látky. V jedné lince je navíc nádrž pro aerobní stabilizaci kalu a v druhé je vyčleněn prostor pro jímky na kalovou vodu. Interní i externí recirkulace funguje pomocí čerpadel. Dmychárna je vybavena novými dmychadly. Pro eliminaci fosforu z odpadních vod je realizováno srážení pomocí dávkování síranu železitého. Zásobní nádrž objemu 10 m³ je umístěna v blízkosti vjezdu na ČOV. Dávkování se provádí do nátoky na aktivační nádrže. Odtok vyčištěných vod do recipientu probíhá novým potrubím včetně nového výustního objektu.

Kalové hospodářství:

V uskladňovací nádrži je kal udržován v aerobních podmínkách před jeho odvodněním. Kalová voda z odvodnění je řízeně dávkována zpět do procesu čištění. U kalolisu vznikla nová flokulační stanice.



(Zdroj: VHS Turnov)

Obr. 10. Situace ČOV v užším okolí

Provoz ČOV v průběhu rekonstrukce byl navržen tak, aby se pokud možno omezilo snížení čistícího efektu v průběhu prací a v maximálně možné míře omezila doba a počet úplných odstávek čistírny. Výhodou bylo a dodnes je dvoulinkové uspořádání ČOV.

Během rekonstrukce čistírna vykazovala tyto efekty:

- mírně zhoršený efekt mechanického čištění a hrubého předčištění oproti předešlému stavu, podmínkou bylo omezení dešťových průtoků a provizorní převádění vody.
- zhoršený efekt biologického čištění.

Tab. 6. Přehledná tabulka jakosti vody před rekonstrukcí (A) a během rekonstrukce (B) ČOV

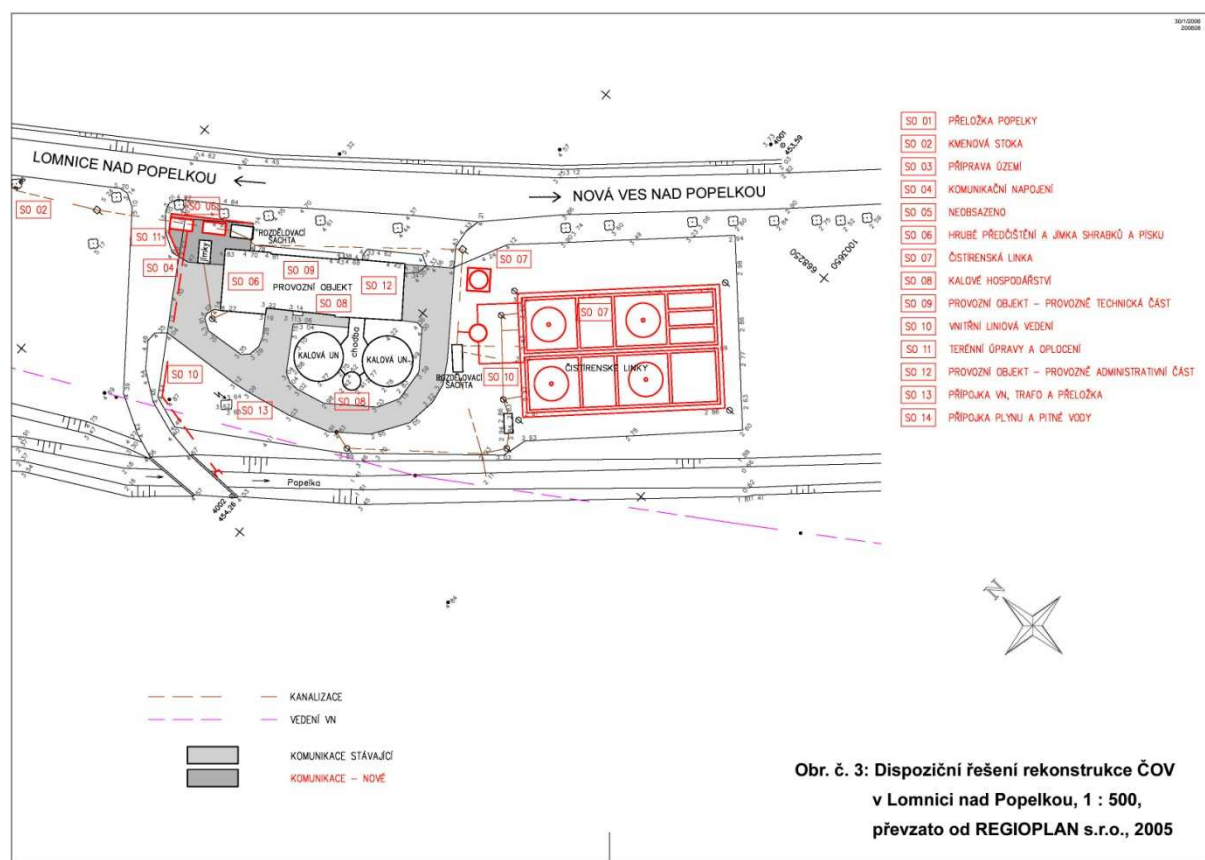
	A		B	
	mg/l průměr	mg/l maximum	mg/l průměr	mg/l maximum
BSK ₅	18	35	25	50
CHSK	60	90	120	170
NL	20	40	30	60
N _{anorg}	25	50	30	50
N-NH ₄	7	15	15	30
P _c	3	4	3	4

(Zdroj: VHS Turnov)

Zkušební provoz rekonstruované čistírny byl zahájen po úspěšně ukončených komplexních zkouškách v trvání 72 hod a po předání příslušných stavebních objektů a provozních souborů odběrateli. Doba zkušebního provozu byla 12 měsíců od dokončení celé rekonstruované ČOV. Rekonstrukce ČOV Lomnice nad Popelkou byla prováděna postupně, tj. bylo provedeno mechanické předčištění, následně byla provedena rekonstrukce jedné čistírenské linky a po uvedení do provozu byla rekonstruována druhá linka. Kalové hospodářství a odvodnění kalu a chemické hospodářství bylo řešeno průběžně.

Tokar (2012) uvádí případ, kdy rekonstrukce čistírny odpadních vod měla pozitivní vliv na jakost vyčištěné vody. Výzkumy probíhaly na čistírně v povodí rumunské řeky Bârzavy. Části objektů čistírny a zařízení byly v pokročilém stavu opotřebení. Stará čistírna byla schopna zpracovávat přítok odpadní vody cca 313 l/s, avšak jakost vody vyčištěné vody se vyznačovala relativně vysokými koncentracemi sledovaných parametrů. Z těchto důvodů byla provedena rekonstrukce a modernizace čistírny pro zlepšení jakosti vypouštěných odpadních vod. Dnes tato ČOV zpracovává tok 1000 l/s. Na základě získaných výsledků lze

konstatovat, že modernizace a obnova čistírny způsobila zvýšení účinnosti mechanicko-biologické části čistírny.



(Zdroj: VHS Turnov)

Obr. 11. Dispoziční řešení rekonstrukce ČOV

4.4 Exkurze do čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou

Během zimy 2012/2013 mi byla ing. Zdeňkem Rajmem (konzultantem mé diplomové práce) umožněna exkurze do čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou, kde mi byly poskytnuty podrobné informace o technologii a fungování čistírny.

Kapacita nynější čistírny je 5 500 ekvivalentních obyvatel (z původních 20 000) s průměrným denním množstvím 2 100 m³/d vyčištěných vod při bezdeští.

Rekonstruovaná čistírna má vstupní čerpání a mechanicko-biologickou část čištění, které předchází denitrifikace a nitrifikace. Tato část obsahuje chemické srážení fosforu, aerobní stabilizaci kalu a strojní odvodňování vyhnílého kalu.

Původně byla ČOV dimenzovaná i na čištění průmyslových vod, které již na čistírně nejsou čištěny z důvodu ukončení průmyslové činnosti nebo vlastního čištění průmyslových

podniků. V Lomnici n. Pop. nejsou v současné době produkovány žádné technologické odpadní vody z průmyslu.

Historii ČOV jsou věnovány předešlé kapitoly. Technologické a průtokové schéma ČOV v Lomnici nad Popelkou je uvedeno v samostatné příloze této diplomové práce. V následujících oddílech jsou popsány skutečnosti, s nimiž jsem se seznámila při exkurzi. Fotodokumentace exkurze ČOV je přiložena na konci mé diplomové práce.

4.4.1 Chemická laboratoř

Vzorky z ČOV jsou odebírány a vyhodnocovány laboratoří Severočeských vodovodů a kanalizací a. s. v Liberci (provozovatel ČOV má svou vlastní chemickou laboratoř). Vybrané analytické metody jsou stanovovány podle ČSN ISO norem a podle skript z VŠCHT, fakulty technologie prostředí: Horáková, M. a kol. 2000. Analytika vody. VŠCHT. Praha. Základní postupy stanovení hlavních ukazatelů jsou popsány níže.

4.4.1.1 Stanovení pH

Potenciometrické stanovení dle ČSN ISO 10 523.

Provedení: po předchozí kalibraci s ruční úpravou na aktuální teplotu se opláchne elektroda destilovanou vodou, ponoří se do měřeného vzorku, opatrně se míchá, po zhomogenizování a ustálení se odečte pH, pH je měřeno ihned po dodání vzorku do laboratoře.

Vyjadřování výsledků: pH je měřeno na dvě desetinná místa, ale vzhledem k nejistotě je zaokrouhlováno na jedno desetinné místo.

4.4.1.2 Chemická spotřeba kyslíku $ChSK_{cr}$

Makrometoda TNV dle ČSN 75 7520.

Princip: metoda je založena na oxidaci organických látek obsažených ve vzorku vody dichromanem draselným v silně kyselém prostředí kyseliny sírové při dvouhodinovém varu. Oxidace organických látek je katalyzována stříbrnými ionty a probíhá v nadbytku dichromanu. Pro maskování chloridů je přidáván síran rtuťnatý. Dichromanové ionty se redukují na chromité. Nespotebované množství dichromanu je zjištěno titrací odměrným vzorkem síranu diamono-železnatého. Jako indikátor je užíván ferroin.

Výpočet: je prováděn podle normy.

4.4.1.3 Stanovení nerozpuštěných látek

Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken podle ČSN EN 872 75 7349.

Princip: vzorek odpadní vody se filtruje filtrem ze skleněných vláken za podtlaku. Filtr se suší při teplotě 105°C. Hmotnost zadržených látek se stanoví vážením. Vzhledem k požitým podtlakům se užívá filtr o velikosti pórů 0,7 - 1,3 mikrometrů.

Výpočet: je prováděn podle normy.

4.4.1.4 Stanovení rozpuštěných látek/stanovení rozpuštěných anorganických solí

Metoda se provádí podle ČSN 757346.

Princip: vhodné množství vzorku se odpaří ve vodní lázni, vysuší při 105°C do konstantní hmotnosti. Zbytek po žíhání (RAS) se získá žíháním vysušeného odparku při 550°C. Ztráta žíháním se získá výpočtem ze stanovených hodnot.

4.4.2 Mechanický stupeň čištění

Na čistírně v mechanické části je představen před ČOV lapák šterku, kde je šterk vybírán drapákem do kontejneru. Pro hrubé předčištění jsou na ČOV mechanické i strojní česle a vznikající shrabky jsou lisovány do speciálních popelnic. Dále je v této části umístěn lapák písku, který zajišťuje oddělení minerálních částic, tedy písku.

4.4.3 Biologický stupeň čištění

Tato část je rozdělena na nitrifikační a denitrifikační zónu. Nitrifikační nádrže jsou opatřeny jemnobublinným aeračním zařízením. Denitrifikační nádrže mají také aerační systém. Z dosazovacích nádrží jsou stírány plovoucí nečistoty. Dále jsou zde usazeny nádrže pro aerobní stabilizaci kalu a jímky pro kalovou vodu. Kal je udržován v aerobních podmínkách v uskladňovacích nádržích než dojde k jeho odvodnění. Kalová voda se dávkuje zase zpět do čistící linky.

4.5 Data získaná od institucí

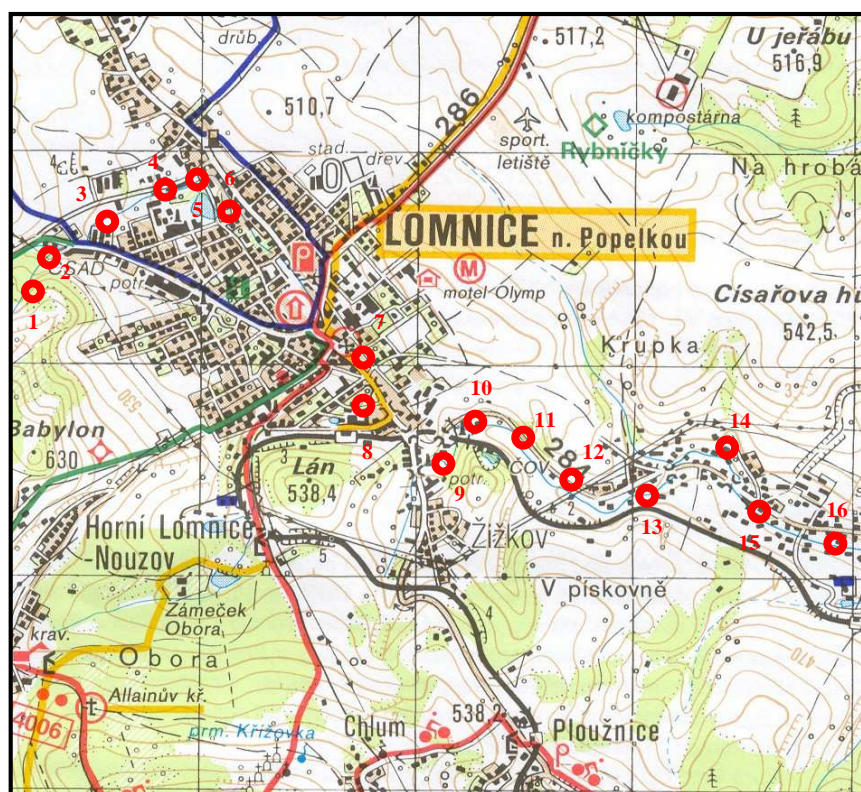
Data, která jsem potřebovala ke zjištění, zda rekonstrukce ČOV přispěla ke zlepšení jakosti povrchové vody v Popelce, mi poskytly různé kompetentní instituce. Od Severočeských vodovodů a kanalizací jsem obdržela data o biochemických a chemických rozbořech prováděných v ČOV v Lomnici nad Popelkou, od Povodí Labe jsem obdržela data o jakosti povrchových vod v zájmové oblasti (povodí Popelky a jeho okolí) spolu s daty s bývalé Zemědělské vodohospodářské správy. Od ČHMÚ jsem získala klimatologická a hydrologická data. Dále jsem získala od Vodohospodářského sdružení Turnov a od Města Lomnice nad

Popelkou data o projektu Čistá Jizera. Data jsem sháněla průběžně od dubna roku 2012. Všechny instituce mi vyšly vstříc. Všechna data jsem pořizovala v časovém horizontu před i po rekonstrukci čistírny, abych mohla dospět k očekávanému výsledku.

Dále jsem osobně zjišťovala v průmyslových podnicích v Lomnici nad Popelkou potenciální zdroje dalšího znečišťování vodního toku Popelky včetně zdrojů již odstraněných.

4.6 Popis odběrných míst pro vlastní měření ve vodním toku Popelce

Zkoumaný úsek vodního toku Popelky byl 3 200 m dlouhý. Na tomto úseku jsem zvolila 16 odběrných míst, přibližně rovnoměrně od sebe vzdálených. Odběrná místa jsou na mapě (obr. 12) vyznačena červeným bodem. Vlastní odběry vody byly prováděny vždy po 200 m, které jsem odkrokovala (200 m se rovnalo cca 340 krokům, přičemž 1 krok se rovnal cca 60 cm). Odběrnými místy byly mj. také přítok odpadních vod do čistírny a odtok vyčištěných odpadních vod z čistírny. Fotodokumentace vybraných odběrných míst je přiřazena na konci mé diplomové práce.



● odběrné místo

(Zdroj: www.mapy.cz)

Obr. 12. Mapa s vyznačenými odběrnými místy

4.6.1 Odběr vzorků a měření

Vlastní vzorky byly odebírány z říčky Popelky a měřeny během všech čtyř ročních období v průběhu roku 2012/2013 (17. 6. 2012, 15. 9. 2012, 7. 10. 2012, 8. 2. 2013). Vzorky byly proměřeny na místě univerzálním přenosným měřičem jakosti vody Multi 350i (WTW), vypůjčeným z Katedry vodních zdrojů FAPPZ ČZU. Vzorky byly odebrány v každém ročním období vždy o víkendu (v zimě 2012 v pracovní den) ve stejný čas, v dopoledních hodinách. Na zkoumané části toku byly vzorky odebírány vždy po proudu toku od odběrného místa 1 až k odběrnému místu 16. Na místě odběru byly změřeny základní fyzikálně-chemické parametry, jako jsou koncentrace rozpuštěného kyslíku, stupeň nasycení kyslíkem, parciální tlak kyslíku, elektrická vodivost a teplota vody. Použitá elektroda (kombinovaná kyslíková a konduktometrická sonda ConOx) byla krátce před vypůjčením kalibrována. Měření probíhalo v nádobce se vzorkem vody o objemu 0,5 l, do kterého byla elektroda ponořena. Při měření byla voda v nádobce elektrodou promíchávána.

4.6.2 Použité přístroje

Přístroj Multi 350i je kapesní měřicí přístroj pro měření pH, redox potenciálu, ISE (koncentrace iontů), rozpuštěného kyslíku a elektrické vodivosti. Výrobcem přístroje je firma německá firma WTW. Přístroj je vybaven funkcemi: AutoRange (automatická volba rozsahu měření). Tato funkce zabezpečuje při překročení rozsahu měření automatické přepnutí na vyšší rozsah a zpět. Přístroj měří vždy s nejvyšším možným rozlišením. Funkce AutoRead (kontrola driftu) kontroluje stálost měřeného signálu. Stálost signálu zaručuje reprodukovatelnost měřených hodnot. Ukazatel měřené hodnoty bliká, dokud není dosažen stabilní signál.

Měření rozpuštěného kyslíku: přístrojem lze stanovit tyto hodnoty: *koncentrace rozpuštěného kyslíku, stupeň nasycení kyslíkem, parciální tlak kyslíku*. Stanovovala jsem všechny uvedené hodnoty. S přístrojem 350i lze provádět měření rozpuštěného kyslíku s kyslíkovými sondami ConOx, CellOx 325, DurOx 325 nebo StirrOx G. Měřicí přístroj rozeznává automaticky typ připojené kyslíkové sondy. Já jsem použila sondu ConOx.

Při měření koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorcích s obsahem solí větším než 1g/l je nutná korekce na salinitu vzorku. Nejprve se musí salinita měřeného vzorku stanovit a zadat. S kombinovanou vodivostní/kyslíkovou sondou ConOx může probíhat korekce na salinitu automaticky. Vodivostní modul sondy zjišťuje z elektrické vodivosti obsah solí v měřeném roztoku současně s měřením kyslíku.

Měření elektrické vodivosti: přístrojem lze stanovit tyto veličiny: *elektrickou vodivost, specifický odpor, salinitu, odparek filtrátu, TDS*. Stanovovala jsem pouze elektrickou vodivost. Součástí elektrody ConOx je tepelné čidlo, které měří skutečnou teplotu vzorku, takže měřicí přístroj provádí automatickou korekci elektrické vodivosti na standardní teplotu 25 °C.

4.7 Vyhodnocení získaných a vlastních naměřených dat

Vyhodnocení získaných a vlastních naměřených dat proběhlo v programu Microsoft Excel 2007, součásti Microsoft Office 2007 pod operačním systémem Windows 7.

5 Výsledky

5.1 Rekapitulace požadavků na jakost vypouštěných odpadních vod

Příslušnou legislativou je Nařízení vlády 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Podle tohoto předpisu se ČOV Lomnice nad Popelkou řadí do velikostní kategorie čistíren pro 2001-10 000 ekvivalentních obyvatel (EO) s následujícími parametry:

Tab. 7. Emisní standardy podle nařízení vlády

CHSK _{cr} mg/l		BSK ₅ mg/l		NL mg/l		N-NH ₄ ⁺ mg/l		N _c mg/l		P _c mg/l	
p	m	p	m	p	m	p	m	p/*	m	p/*	m
120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	-	-

p, m – ve smyslu NV 61/2003 Sb.

p – přípustná hodnota koncentrací pro rozборы směsných vzorků vypouštěných OV

m – maximálně přípustná hodnota koncentrací pro rozборы prostých vzorků vypouštěných OV

p/* – uváděné hodnoty jsou aritmetické průměry koncentrací za posledních 12 kalendářních měsíců a nesmí být překročeny. Počet vzorků odpovídá ročnímu počtu vzorků stanovenému vodoprávním úřadem.

(Zdroj: Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.)

Platné vodoprávní rozhodnutí na ČOV před rekonstrukcí stanovovalo následující kvantitativní ukazatele:

$$Q_{24} = 3\,990 \text{ m}^3/\text{d} = 166 \text{ m}^3/\text{h} = 46 \text{ l/s}$$

$$Q_d = 5208 \text{ m}^3/\text{d} = 218 \text{ m}^3/\text{h} = 60 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max}} = 370 \text{ m}^3/\text{h} = 103 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{dešťové mechanicky čištěné}} = 136 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{dešťové biologicky čištěné}} = 103 \text{ l/s},$$

kde Q_{24} je průměrný denní bezdeštný přítok odpadní vody, Q_d je maximální denní bezdeštný přítok odpadní vody a Q_{max} - maximální hodinový bezdeštný přítok odpadní vody.

Současně toto rozhodnutí stanovovalo také kvalitativní ukazatele a bilanční hodnoty emisních limitů podle tab. 8 a 9.

Tab. 8. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí před rekonstrukcí –
kvalitativní ukazatelé (mg/l)

CHSK _{cr}		BSK ₅		NL		RAS		N _{anorg}		N-NH ₄ ⁺		P _c		AOX	NEI _{max}	pH
p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	p	
60	90	18	35	20	40	600	800	30	-	7	15	3	4	0,1	0,5	6-8,5

p – přípustná hodnota koncentrací pro rozборы směsných vzorků vypouštěných OV

m – maximálně přípustná hodnota koncentrací pro rozборы prostých vzorků vypouštěných OV

(Zdroj: VHS Turnov)

Tab. 9. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí před rekonstrukcí –
bilanční hodnoty v t/r

CHSK _{cr}	BSK ₅	NL	N _{anorg}	N-NH ₄ ⁺	P _c
50	12	12	18	2,5	2,5

(Zdroj: VHS Turnov)

Po rekonstrukci ČOV a po ukončení zkušebního provozu bylo vydáno nové platné vodoprávní rozhodnutí. Nově byly stanoveny tyto kvantitativní ukazatele (viz též tab. 5):

Průměrné roční množství bezdeštných vyčištěných vod: 766 500 m³/rok

Průměrné denní množství bezdeštných vyčištěných vod: 2 100 m³/d = 87,5 m³/h=24 l/s

Maximální bezdeštný hodinový přítok: 147 m³/h = 40,8 l/s

Přítok na ČOV za deště (max. přítok na aktivační nádrž): 227,5 m³/h = 63,2 l/s

Vzhledem ke skutečnosti, že rekonstrukce byla realizována především z důvodu havarijního stavu stavebních konstrukcí a některého strojního vybavení a rozhodnutí vodoprávního úřadu před rekonstrukcí čistírny udávalo podstatně nižší hodnoty emisních limitů než stanoví NV 61/2003 Sb., zachovaly se stejné hodnoty těchto limitů pro čistírnu po rekonstrukci.

Limity hodnot vypouštěného znečištění byly v souladu s vyjádřením Povodí Labe, s. p.

Emisní limity po rekonstrukci jsou uvedeny v tab. 10 a 11.

Tab. 10. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí po rekonstrukci –
kvalitativní ukazatele

CHSK _{cr} mg/l		BSK ₅ mg/l		NL mg/l		N-NH ₄ ⁺ mg/l		N _c mg/l		P _c mg/l	
p	m	p	m	p	m	p	m	p/*	m	p/*	m
60	90	18	35	20	40	7	15	-	-	3	4

(Zdroj: VHS Turnov)

Tab. 11. Emisní limity – bilanční hodnoty

	Průměrné bilanční hodnoty na odtoku	
BSK ₅	31,5 kg/d	11,5 t/r
CHSK _{Cr}	105 kg/d	38,3 t/r
NL	31,5 kg/d	11,5 t/r
N-NH ₄ ⁺	6,3 k/d	2,3 t/r
P _{celk}	6,3 kg/d	2,3 t/r

(Zdroj: VHS Turnov)

5.2 Srážky a průtoky

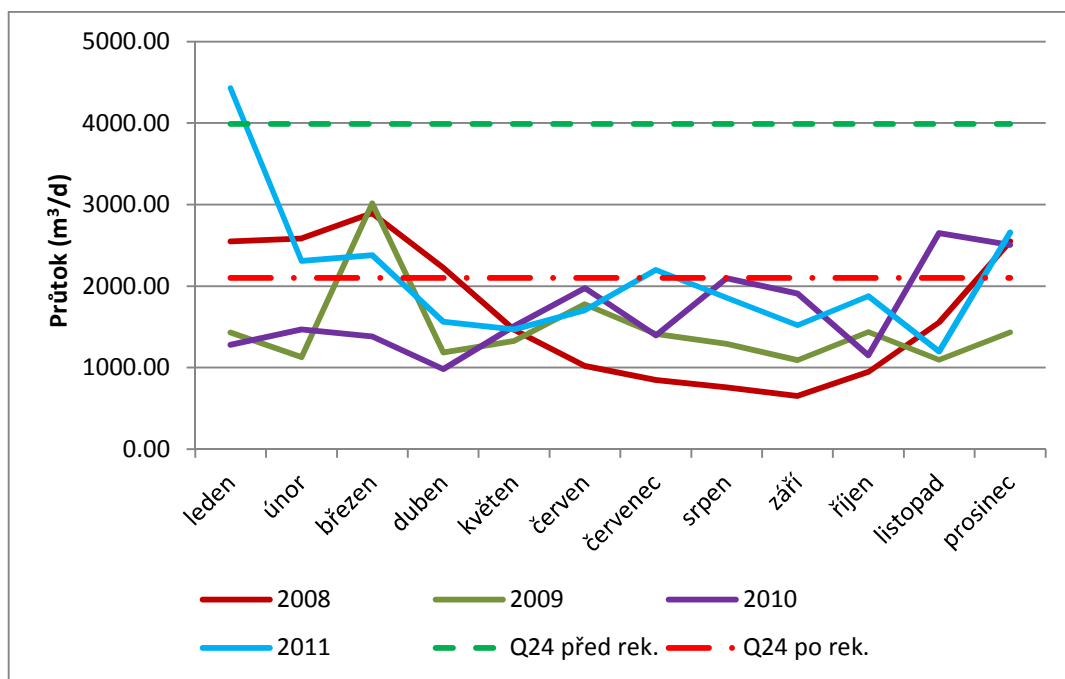
Tab. 12 podává přehled měsíčních objemů odpadních vod (včetně dešťových) vypouštěných čistírnou odpadních vod v Lomnici nad Popelkou v období před rekonstrukcí (do března 2009 včetně), během rekonstrukce (duben 2009 až září 2010), během zkušebního provozu po rekonstrukci (říjen 2010 až září 2011) a po skončení zkušebního provozu (od října 2011).

Na obr. 13 jsou tyto hodnoty přepočítány na průměrné denní objemy vypouštěné vody v jednotlivých měsících a jsou srovnány s průměrným denním povoleným bezdeštným přítokem odpadní vody Q₂₄ podle vodoprávního rozhodnutí před rekonstrukcí a po ní. Z grafu vyplývá, že před rekonstrukcí čistírny nebyla nikdy překročena maximální hodnota průměrného denního bezdeštného přítoku odpadní vody (3990 m³/den). Po rekonstrukci čistírny došlo v několika měsících (v listopadu a prosinci 2010 a v lednu, únoru, březnu, červenci, prosinci 2011) k překročení nově stanovené nižší hodnoty pro bezdeštné období (2100 m³/den).

Tab. 12. Průměrné měsíční průtoky ČOV v Lomnici n. Pop. od roku 2008 do roku 2011

2008												
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem
m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3/rok
78 953	80 069	89 674	68 990	45 471	31 658	26 365	23 519	20 278	29 328	48 191	78 965	621 461
2009												
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem
m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3/rok
44 305	34 989	93 496	36 726	41 206	55 165	43 782	40 012	33 900	44 514	33 943	44 406	546 444
2010												
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem
m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3/rok
39 760	45 560	42 840	30 440	46 735	61 261	43 269	64 965	59 161	35 644	82 125	77 675	629 435
2011												
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem
m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3/rok
137 238	71 570	73 748	48 477	45 520	52 832	68 232	57 634	47 139	58 222	37 158	82 459	780 229
Barevné označení: Před rekonstrukcí												
Rekonstrukce						Zkušební provoz				Po rekonstrukci		

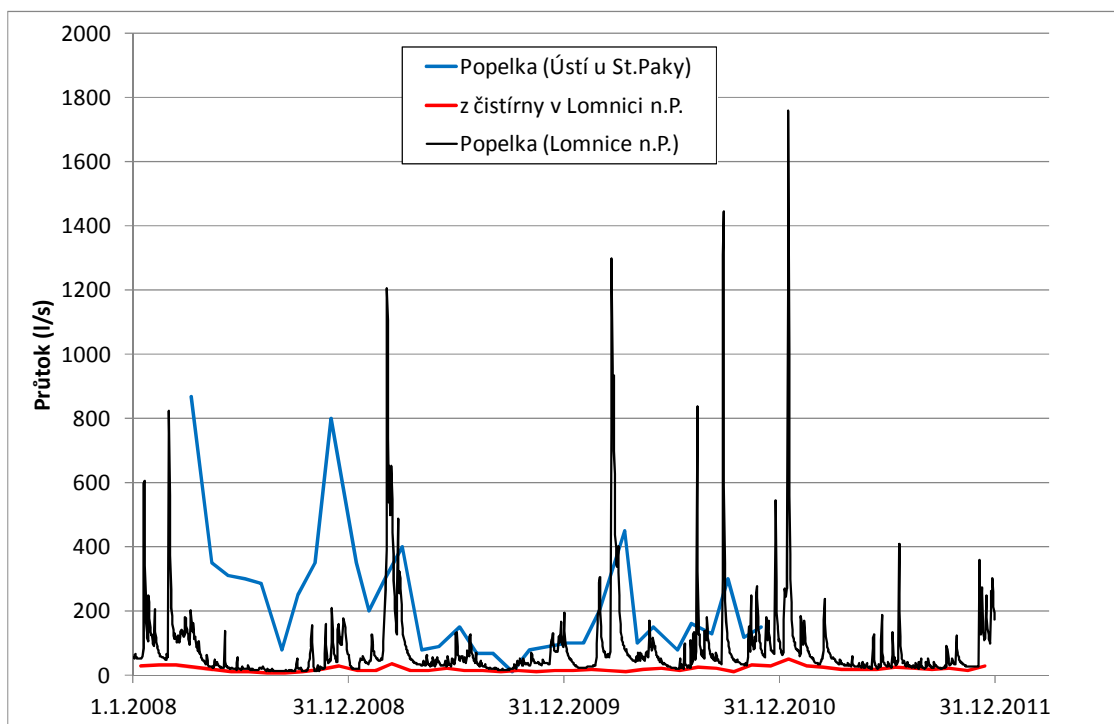
(Zdroj: SčVaK)



(Zdroj: SčVaK)

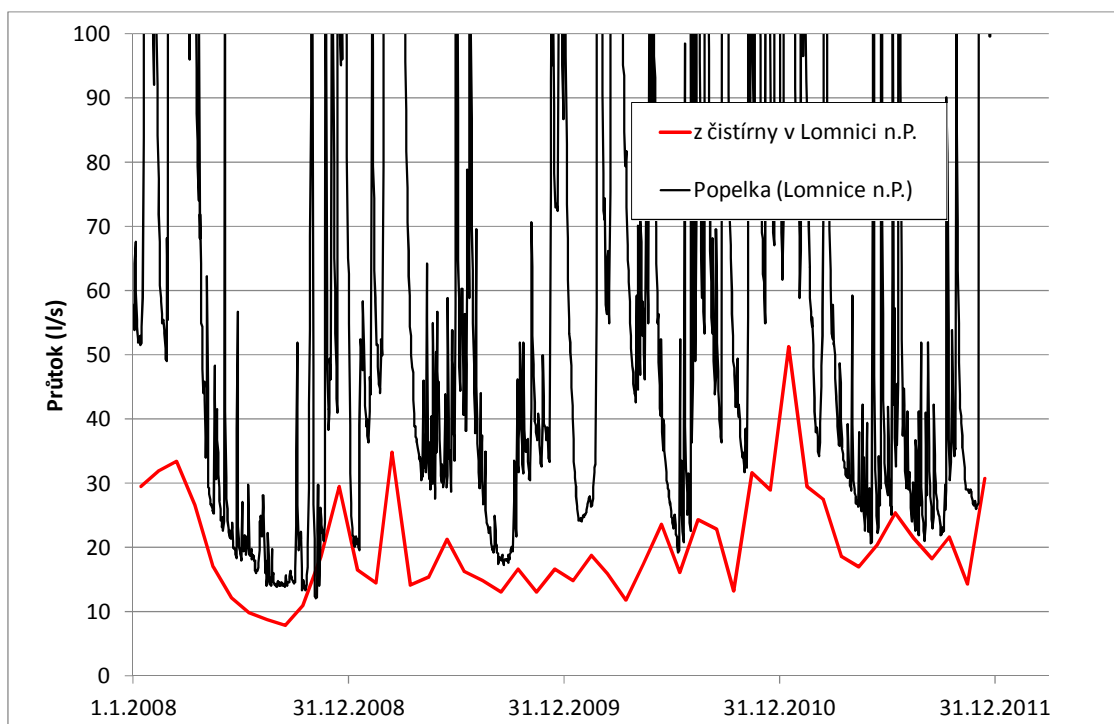
Obr. 13. Průměrné denní objemy odpadních vod (včetně dešťových) vypouštěné ČOV v Lomnici n. Pop. v jednotlivých měsících od roku 2008 do roku 2011

Na obr. 14 a 15 jsou vyneseny tytéž průměrné denní objemy vypouštěných odpadních vod, vyjádřené v l/s (jako průměrné měsíční průtoky čistírnou) a srovnány s průtoky vody v Popelce 1,21 km nad ústím do Olešky (v profilu Ústí u Staré Paky, plocha povodí cca 26,5 km²), které byly měřeny v rámci monitoringu drobných vodních toků Zemědělskou vodohospodářskou správou zhruba jednou měsíčně od dubna 2008 do prosince 2010. Současně jsou v týchž grafech vyneseny také denní průtoky vody v Popelce nad ČOV v Lomnici n. P. (plocha povodí podle profilu 50 m pod Technolenem 8,780 km²), které byly odvozeny Českým hydrometeorologickým ústavem analogií na základě poměru ploch povodí z měřených průtoků v Olešce v profilu Slaná (severně od Lomnice n. P., plocha povodí 169,03 km²). Vzhledem k různým místům, intervalům a metodám měření těchto tří řad průtoků je shoda mezi nimi pouze semikvantitativní. Na obr. 15 je však dobře vidět, že odtoky z čistírny tvoří spodní obalovou čáru průtoků v řece nad čistírnou v obdobích malých i větších průtoků (nikoli ovšem těch nejvyšších). Výjimku tvoří střed zobrazeného období, kdy se prováděla rekonstrukce ČOV, a tudíž vyšší průtoky dešťových odpadních vod skrz čistírnu neprocházely.



(Zdroj: SčVaK, Povodí Labe, ČHMÚ)

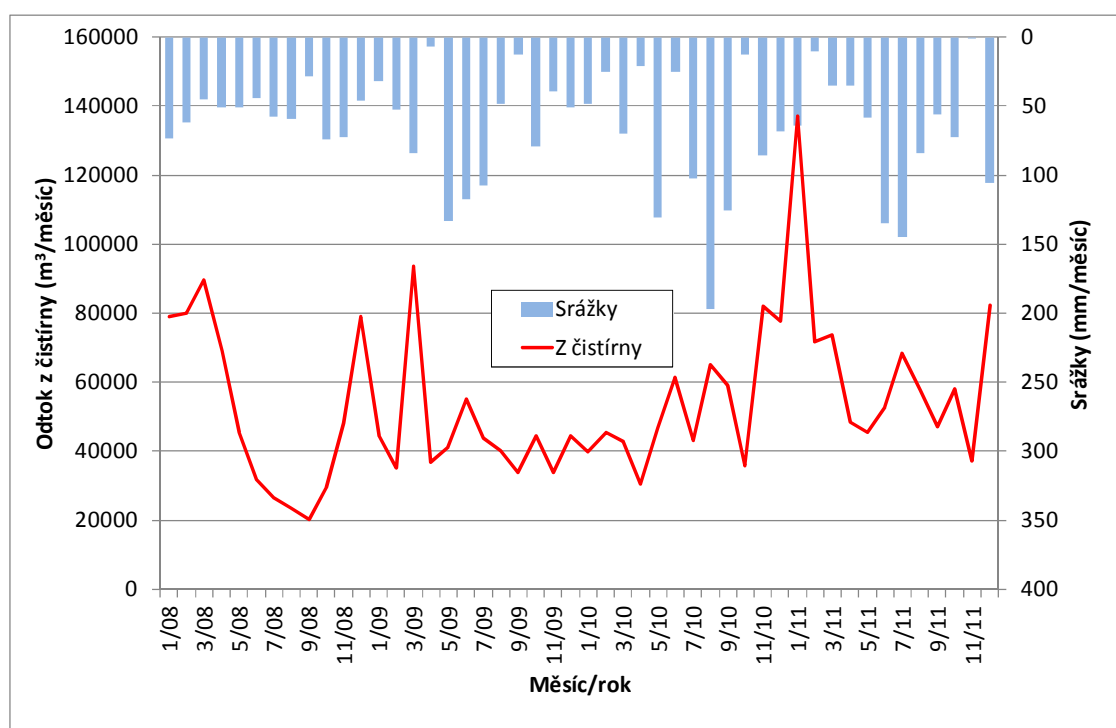
Obr. 14. Denní průtoky v Popelce nad ČOV v Lomnici n. P., průtoky v Popelce měřené jednou měsíčně v Ústí u Staré Paky a průměrné měsíční průtoky čistírnou v Lomnici n. P. – celkový graf



(Zdroj: SčVaK, ČHMÚ)

Obr. 15. Denní průtoky v Popelce nad ČOV v Lomnici n. P. a průměrné měsíční průtoky čistírnou v Lomnici n. P. – detail nízkých průtoků

Atmosférické srážky, jejich množství, rozdělení v čase a intenzita mají podstatný vliv na průtok vody v toku, přítok dešťových vod do čistírny, zatížení vod sedimenty a další ukazatele jakosti vody. Proto je vhodné srovnat měsíční vypouštěná množství odpadních vod také s měsíčními srážkovými úhrny. To je provedeno na obr. 16. Jsou použita data ze srážkoměrné stanice ČHMÚ Holenice (západně od Lomnice n. P., P2HOLE01, 432 m n. m., 50,5303° s. š., 15,3022° v. d.).



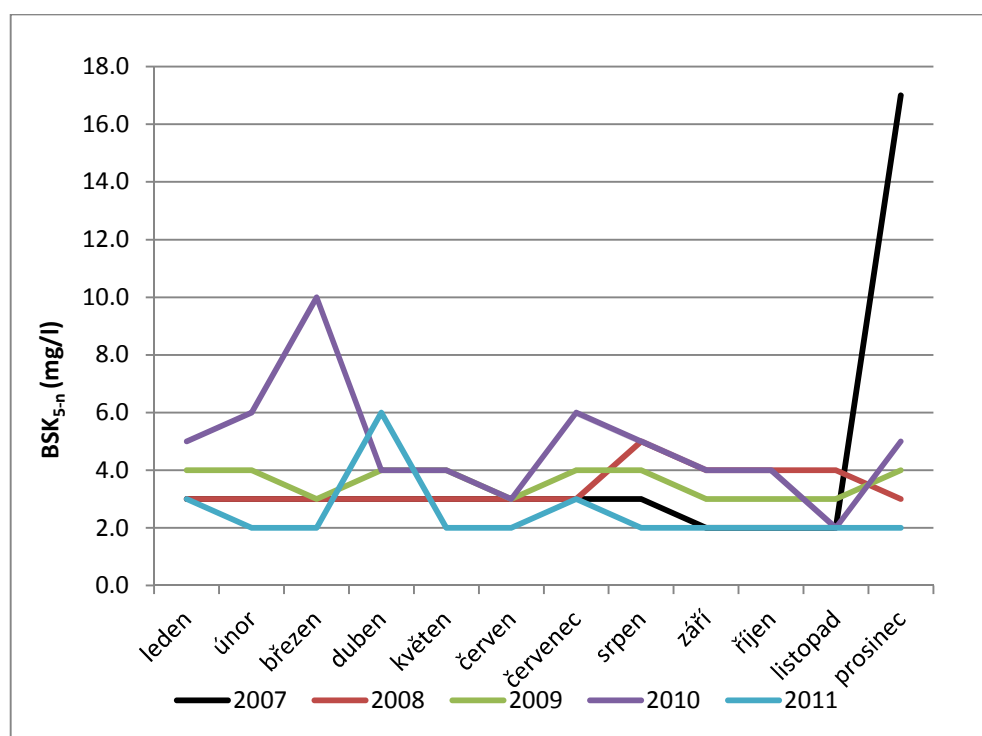
(Zdroj: SčVaK, ČHMÚ)

Obr. 16. Měsíční objemy odpadních vod vypouštěných z ČOV v Lomnici n. P. srovnané s měsíčními srážkovými úhrny v Holenicích

Období před rekonstrukcí čistírny (2006-2008) bylo sušší než období během rekonstrukce a po ní. To se do jisté míry odráží v hodnotách letních odtoků z čistírny, které jsou v průměru nejnižší v roce 2008. Měsíční odtoky z čistírny nejsou v těsné korelaci s měsíčními srážkovými úhrny (s výjimkou léta 2010). Vysoké odtoky z čistírny jsou pozorovány v zimních a předjarních měsících, což je zřejmě spojeno zejména s táním sněhu. To neplatí pro zimu a předjaří na přelomu let 2009-10, kdy probíhala rekonstrukce ČOV a větší část vody z tání sněhu neprocházela čistírnou.

5.3 Jakost odpadních vod vypouštěných čistírnou v Lomnici nad Popelkou

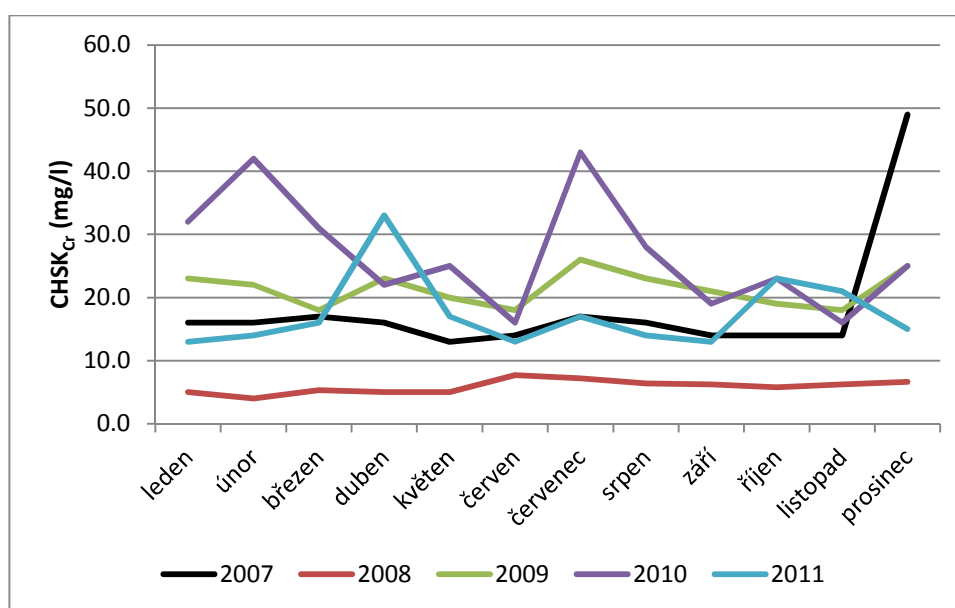
Funkce čistírny odpadních vod může být hodnocena zejména podle jakostních ukazatelů a emise znečišťujících látek ve vypouštěné, tj. vyčištěné odpadní vodě a ve vodním toku, do kterého je odpadní voda vypouštěna, s uvažováním obdobných ukazatelů v odpadní vodě, která do čistírny přitéká. Data poskytnutá Severočeskými vodovody a kanalizacemi a. s. umožňují provést takové hodnocení čistírny v Lomnici n. P. pro období před rekonstrukcí (do března 2009 včetně), během ní (duben 2009 až září 2010) i po ní (od října 2010, z toho zkušební provoz říjen 2010 až září 2011). Tabulky výsledků analýz odpadní vody na přítoku i na odtoku ČOV jsou uvedeny v příloze č. 3. Vybrané výsledky byly zpracovány též graficky a jsou uvedeny níže. Na obr. 17, 18, 19, 20, 21 a 22 jsou vyneseny průběhy hlavních jakostních parametrů vypouštěné odpadní vody v letech 2007 až 2011, a to biochemické spotřeby kyslíku (BSK_{5-n}), chemické spotřeby kyslíku ($CHSK_{Cr}$), koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS), amoniakálního dusíku ($N-NH_4$), anorganického dusíku (N_{anorg} , jen do roku 2010) a celkového fosforu (P_{celk}).



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 17. Biochemická spotřeba kyslíku BSK_{5-n} v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

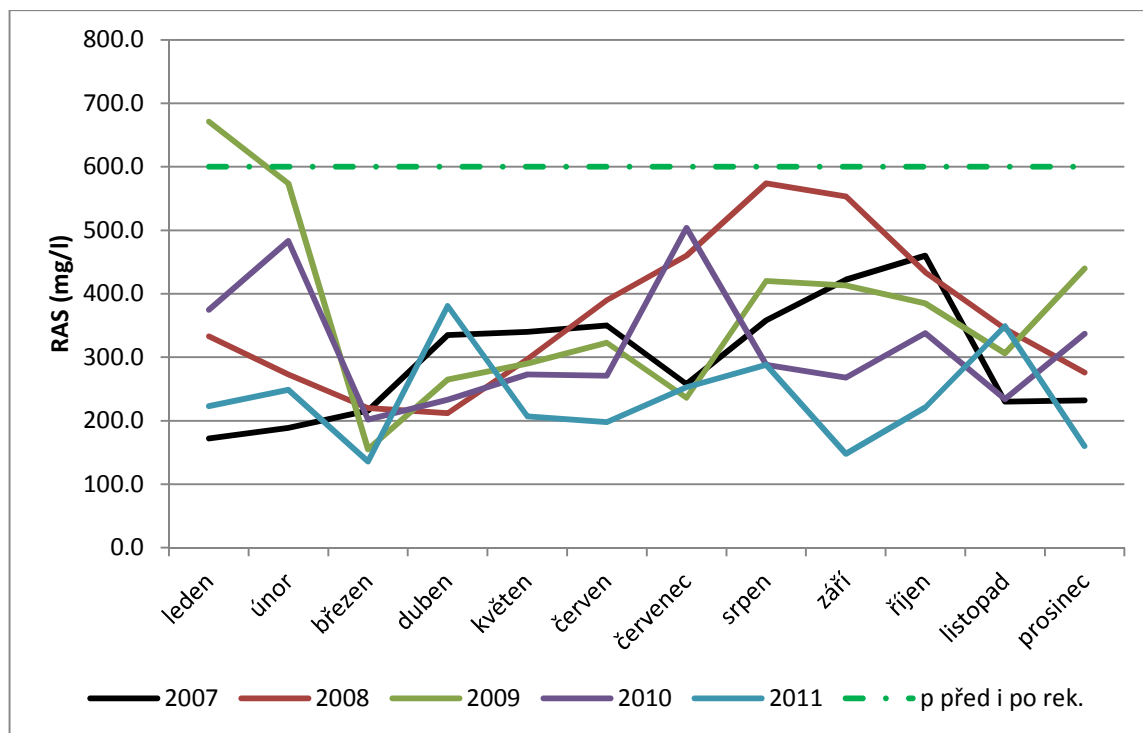
Z obr. 17 vyplývá, že hodnoty biochemické spotřeby kyslíku vyčištěné odpadní vody byly před rekonstrukcí ČOV i po rekonstrukci nízké. Emisní limit 18 mg/l pro přípustnou koncentraci ve směsném vzorku nebyl ve sledovaném období ani jednou překročen. Přesto však v prosinci 2007 vyletěla hodnota BSK až na 17 mg/l, což může být signálem poruchy funkce čistírny před rekonstrukcí. Poněkud vyšší hodnoty jsou typické také pro druhou polovinu roku 2008. Relativně vyšší hodnoty na jaře a v létě 2010 jsou průvodním jevem probíhající rekonstrukce, kdy čistící linka nepracovala naplno. Po rekonstrukci byly relativně vyšší hodnoty zaznamenány jen v prosinci 2010 a v dubnu 2011, tedy během zkušebního provozu. Po většinu roku 2011 byla hodnota BSK na úrovni 2 mg/l, tedy velmi nízká.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 18. Chemická spotřeba kyslíku $CHSK_{Cr}$ v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

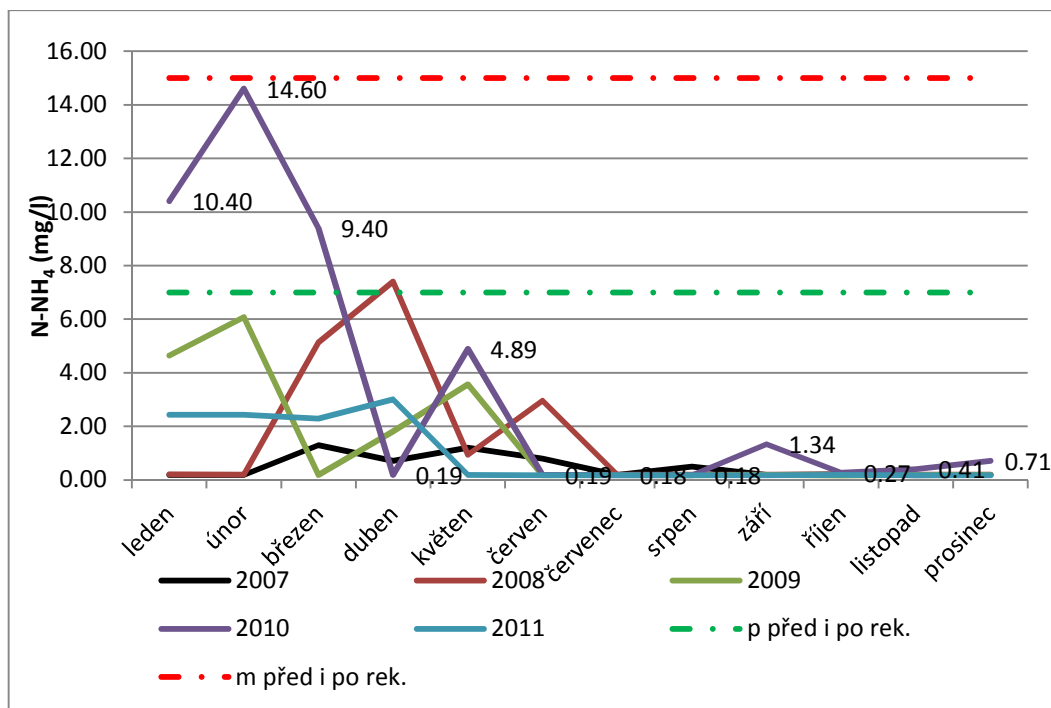
Obr. 18 ukazuje, že ani chemická spotřeba kyslíku $CHSK_{Cr}$ nikdy ve sledovaném období nepřekročila emisní limit 60 mg/l pro přípustnou koncentraci ve směsném vzorku. I zde se objevila anomální, stále však přípustná hodnota v prosinci 2007. Hodnoty v roce 2008 byly za celé sledované období soustavně nejnižší, pro což není žádné snadné vysvětlení. V roce 2009 byly hodnoty o něco vyšší než v roce 2008 i vyšší než po většinu roku 2007, stále však uspokojivé. $CHSK_{Cr}$ na jaře a v létě 2010 byla výrazně vyšší, zřejmě z důvodu probíhající rekonstrukce čistírny. Poslední výrazně zvýšení se objevilo v dubnu 2011 během zkušebního provozu. Jinak je rok 2011 uspokojivý.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 19. Koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS) v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

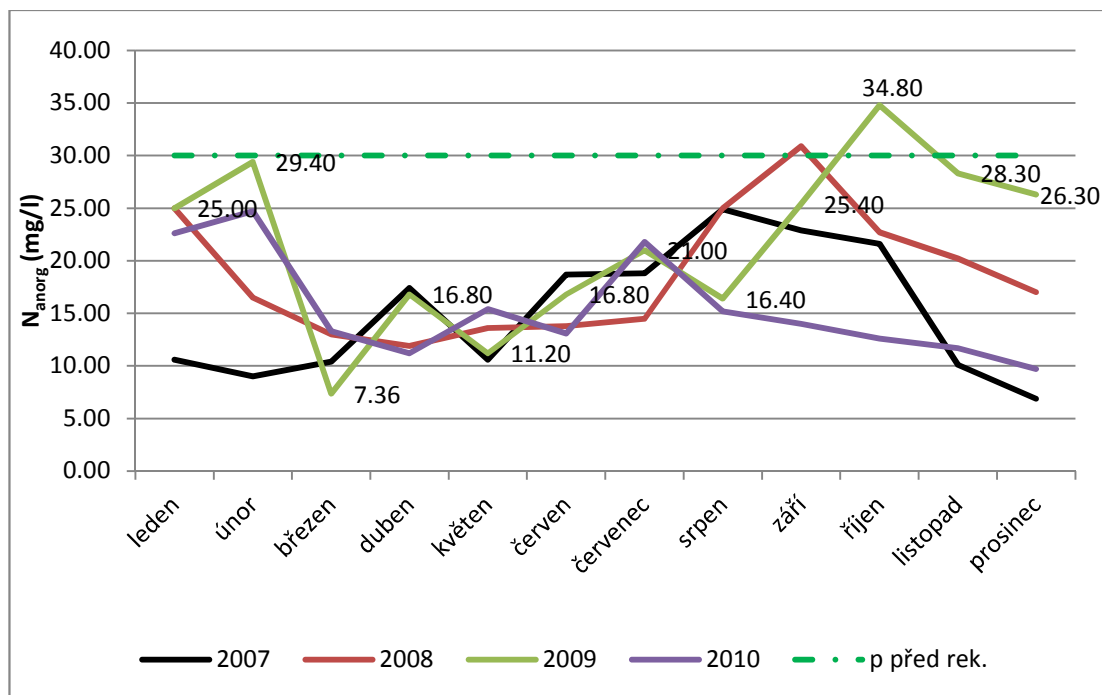
Z obr. 19 vyplývá, že koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS) překročila přípustnou hodnotu pro rozbory směsných vzorků ($p = 600 \text{ mg/l}$) pouze jednou, a to v lednu 2009, tedy těsně před začátkem rekonstrukce. Tohoto limitu téměř dosáhla také koncentrace v únoru 2009. Dosti vysoké byly také hodnoty v druhé polovině let 2007 a zejména 2008. Během rekonstrukce se objevily vyšší koncentrace v druhé polovině roku 2009 a pak ještě v únoru a červenci 2010. Poslední mírné zvýšení se objevilo, jako u předchozích ukazatelů, během zkušebního provozu v dubnu 2011 a pak ještě v listopadu 2011. Celkově jsou koncentrace RAS po rekonstrukci uspokojivě nízké a ve srovnání s roky 2008 a 2009 (před rekonstrukcí) výrazně nižší.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 20. Koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH₄) v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

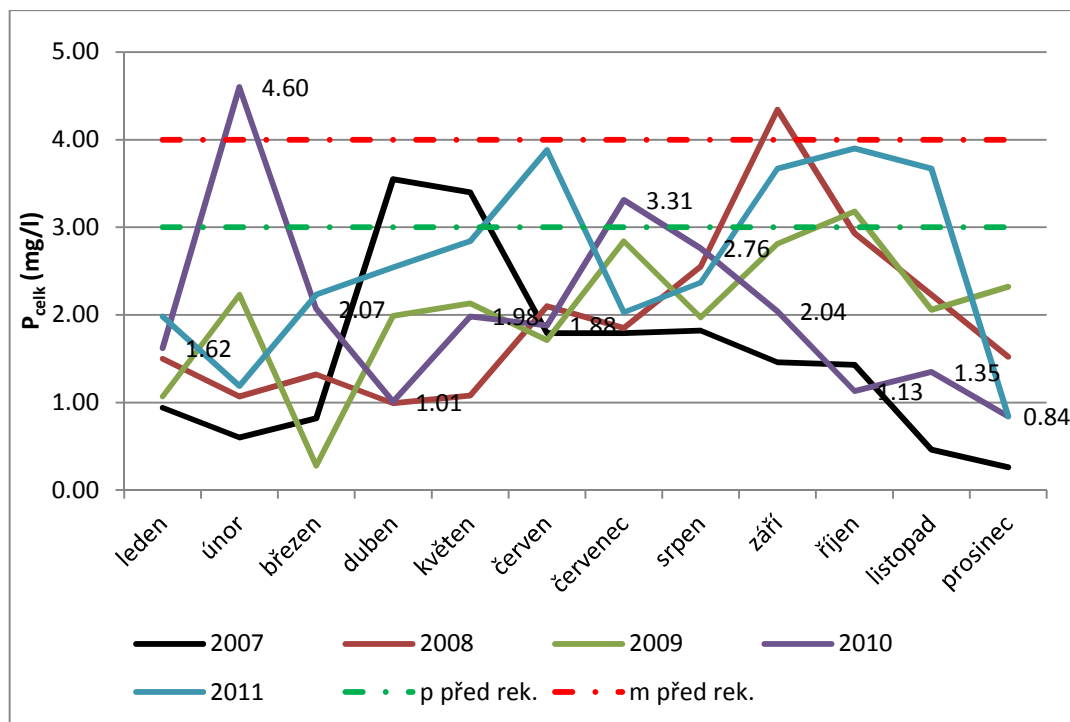
Obr. 20 ukazuje, že koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH₄) na odtoku z ČOV jsou v prvních polovinách jednotlivých roků vždy výrazně vyšší než v jejich druhých polovinách. Tento trend je systematický a může být způsoben nižší účinností nitrifikace začátkem roku. Hodnoty překročily přípustnou hodnotu pro směsné vzorky (7 mg/l) nebo se jí těsně blížily v březnu a dubnu 2008, v lednu a únoru 2009 (tj. před rekonstrukcí) a zejména v prvních třech měsících roku 2010 a pak do jisté míry též v květnu 2010 (během rekonstrukce). Po rekonstrukci jsou koncentrace amoniakálního dusíku nízké.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 21. Koncentrace anorganického dusíku (N_{anorg}) v letech 2007 – 2010 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

Na obr. 21 je znázorněn vývoj koncentrací anorganického dusíku (N_{anorg}), který zahrnuje zejména dusík amoniakální, dusitanový a dusičnanový. Tento ukazatel není zahrnut v podmínkách nového vodoprávního rozhodnutí (po rekonstrukci), a proto počínaje rokem 2011 už není stanovován. Ani podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. pro tuto veličinu nebyl stanoven emisní standard. Obr. 21 signalizuje vysoké koncentrace anorganického dusíku (zřejmě převážně dusičnanového) zejména v druhé polovině každého roku. Přípustná hodnota pro směsné vzorky před rekonstrukcí činila 30 mg/l. Hodnoty vyšší než tato mez nebo se jí těsně blížící byly dosaženy před rekonstrukcí v září 2008 a v lednu a v únoru 2009, během rekonstrukce pak zejména v září až prosinci 2009 a v lednu a v únoru 2010. Zbytek roku 2010 už vykazuje uspokojivě nízké koncentrace, zejména ke konci tohoto roku, kdy už začal zkušební provoz čistírny po rekonstrukci.



(Zdroj: SčVaK)

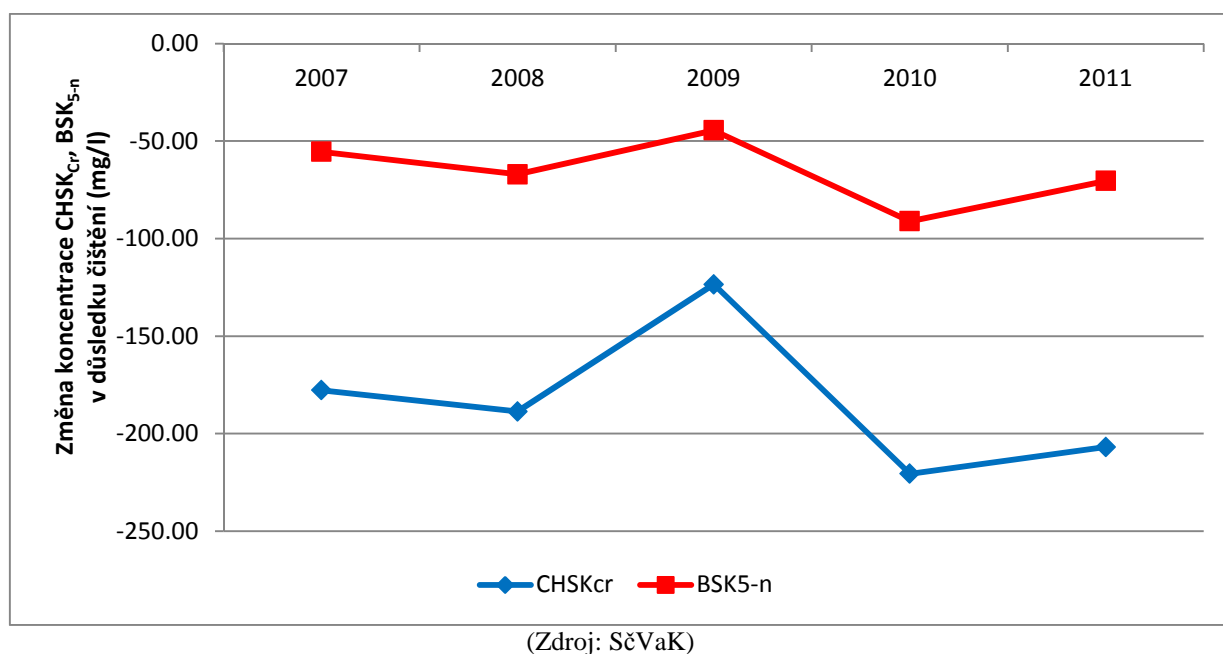
Obr. 22. Koncentrace celkového fosforu (P_{celk}) v letech 2007 – 2010 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.

Na obr. 22 je znázorněn vývoj koncentrace celkového fosforu (organického i anorganického) ve vypouštěné odpadní vodě. Přípustná hodnota pro směsné vzorky před rekonstrukcí i po ní činí 3,0 mg/l, pro jednotlivé (prosté) vzorky 4,0 mg/l. Podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. pro tuto veličinu nebyl stanoven emisní standard. V září 2008 a v únoru 2010 byl překročen limit vodoprávního řízení pro prosté vzorky. Limit pro směsné vzorky byl překročen nebo se mu zjištěné koncentrace blížily v dubnu a květnu 2007, v srpnu až říjnu 2008, v červenci, září a říjnu 2009, v únoru, červenci a srpnu 2010 a také v květnu a v červnu a v září až listopadu 2011, tedy i v období po rekonstrukci.

5.4 Hodnocení účinnosti čištění

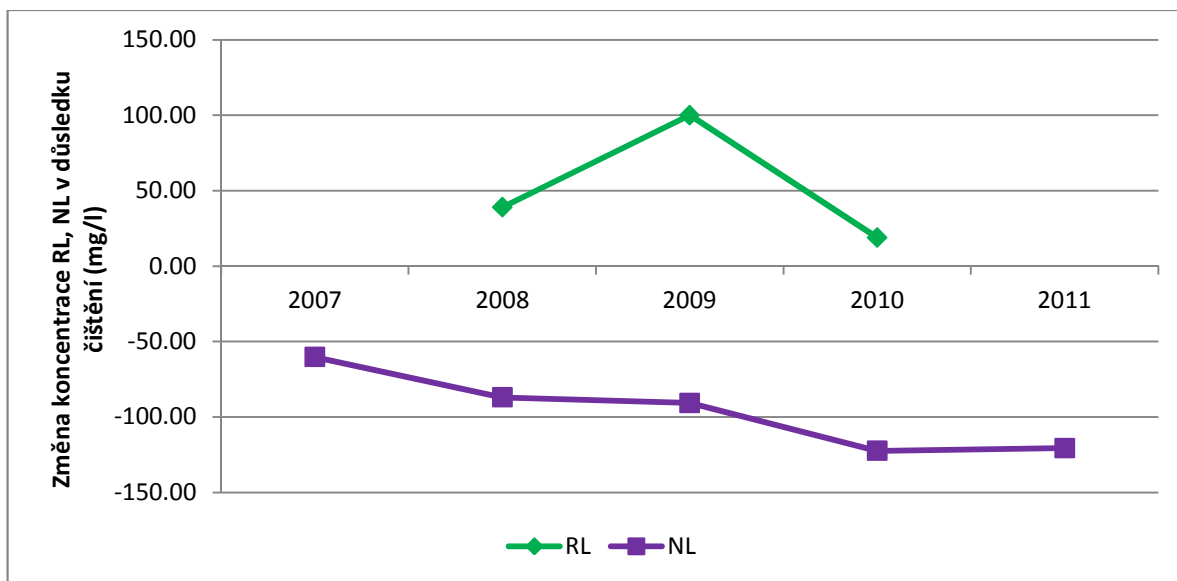
Účinnost čištění odpadní vody může být posuzována i srovnáním jakosti vody na vstupu do čistírny s jakostí vody na výstupu. V této práci jsem zvolila vyjádření účinnosti pomocí absolutního rozdílu mezi koncentrací na vstupu a koncentrací na výstupu. Tato hodnota je záporná, pokud je voda na výstupu čistší než voda na vstupu. Vzhledem k meziměsíční proměnlivosti koncentrací bylo možno takto hodnotit pouze celoroční průměrné hodnoty v jednotlivých rocích před rekonstrukcí (2007 a 2008), během rekonstrukce (2009)

a po rekonstrukci (2011, popř. 2010). Zápornější hodnoty po rekonstrukci znamenají, že se účinnost čištění vlivem rekonstrukce zlepšila. Vývoj ročních průměrných změn vybraných hlavních ukazatelů jakosti vody v důsledku čištění je znázorněn na obr. 23 pro chemickou a biochemickou spotřebu kyslíku (CHSK_{Cr} a $\text{BSK}_{5-\text{n}}$), na obr. 24 pro koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek (RL a NL), na obr. 25 pro koncentrace jednotlivých forem dusíku (N-NO_2 , N-NO_3 , N-NH_4 , N_{anorg} , N_{celk}) a na obr. 26 pro koncentrace rozpustných anorganických solí (RAS) a celkového fosforu (P_{celk}).



Obr. 23. Průměrné roční změny chemické (CHSK_{Cr}) a biochemické ($\text{BSK}_{5-\text{n}}$) spotřeby kyslíku odpadní vodou v důsledku čištění

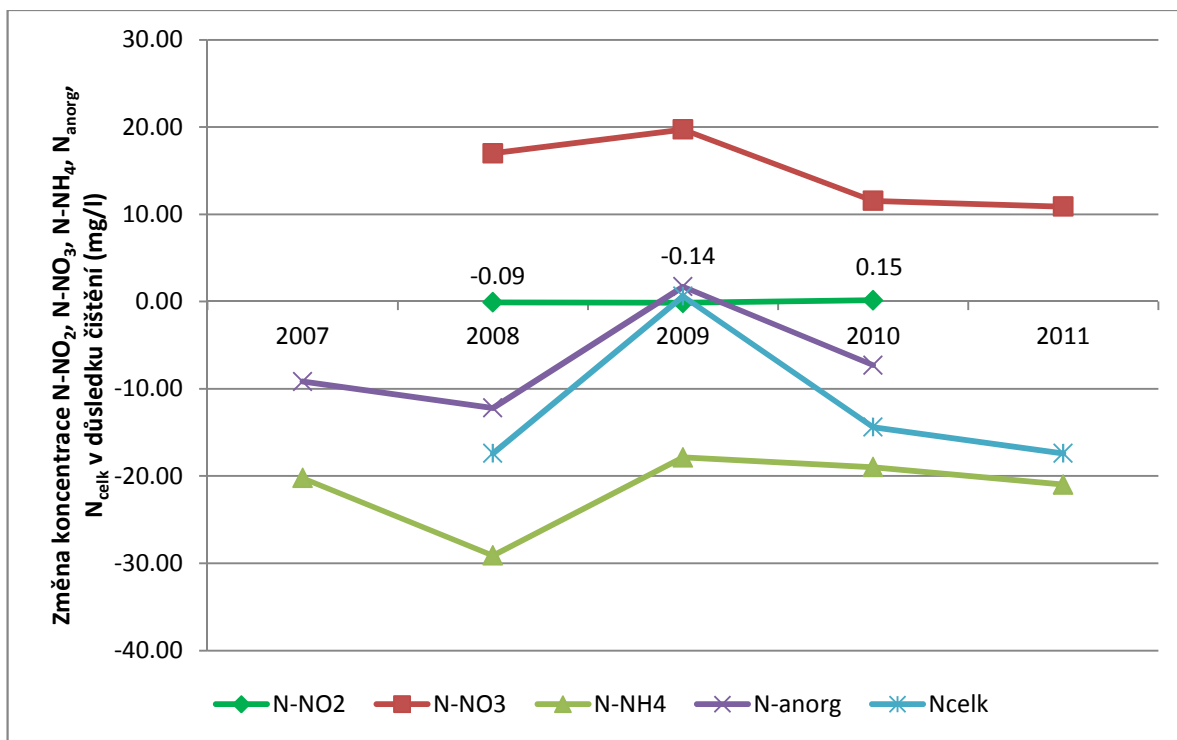
Obr. 23 ukazuje, že meziroční vývoj snižování biochemické spotřeby kyslíku ($\text{BSK}_{5-\text{n}}$) čistírnou byl z hlediska zlepšení účinnosti čistírny pozitivní, protože průměrné roční snížení BSK se po rekonstrukci čistírny (tj. v roce 2010 a 2011) v absolutní hodnotě výrazně zvýšilo. Vývoj chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Cr}) byl velice podobný, možná co do absolutních hodnot ještě lepší.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 24. Průměrné roční změny koncentrace rozpuštěných látek (RL) a nerozpuštěných látek (NL) v odpadní vodě v důsledku čištění

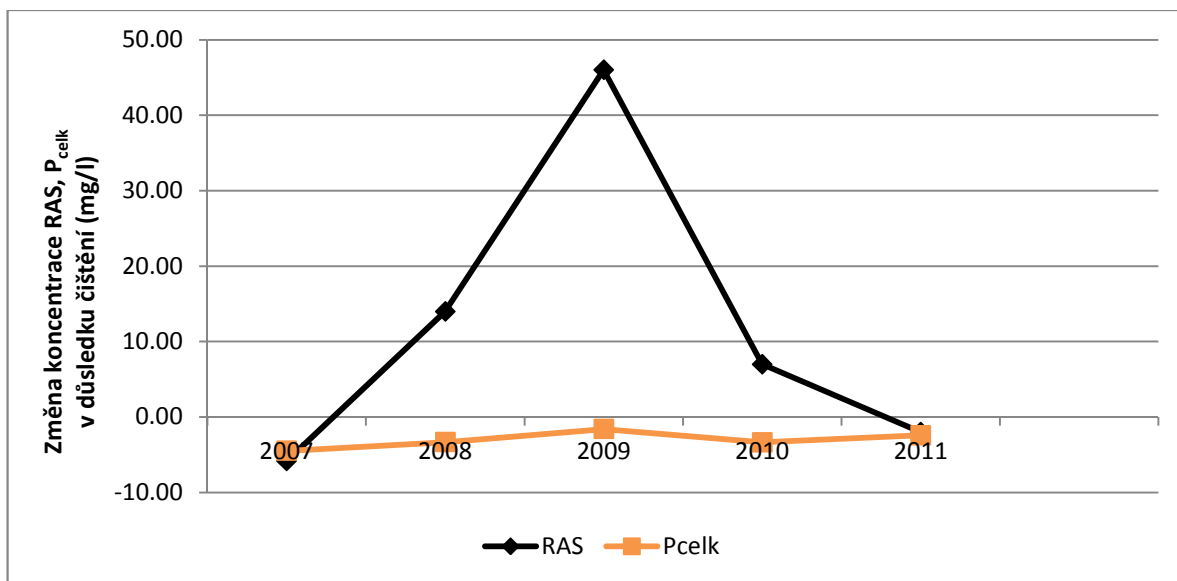
Meziroční vývoj stupně odstraňování nerozpuštěných látek (NL) byl také velice pozitivní. Od roku 2007 se soustavně zvyšoval, a to bez ohledu na průběh rekonstrukce čistírny. Může to ovšem také být způsobeno nárůstem přítoku nerozpuštěných látek (jemných sedimentů) do čistírny, které mohlo způsobit zvýšení rozdílu mezi nevyčištěnou a vyčištěnou vodou. Rozpuštěné látky se sledovaly pouze od roku 2008 do roku 2010, ale podle statistického zpracování z grafu vyplývá, že na odtoku bylo průměrné množství těchto nečistot dokonce vyšší než na přítoku, zejména v roce 2009 (v době rekonstrukce). Nicméně zvýšení na odtoku bylo po rekonstrukci nižší než před ní. Během rekonstrukce přírůstek rozpuštěných látek na odtoku dočasně vzrostl.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 25. Průměrné roční změny koncentrace dusitanového (N-NO₂), dusičnanového (N-NO₃), amoniakálního (N-NH₄), anorganického (N_{anorg}) a celkového (N_{celk}) dusíku v odpadní vodě v důsledku čištění

Z obr. 25 lze odvodit, že čistící účinek u celkového dusíku (N_{celk}), který byl sledován až od r. 2008, je po rekonstrukci čistírny (2010 a 2011) přibližně stejný jako před rekonstrukcí (2008), zatímco během rekonstrukce (2009) nebyl prakticky žádný. Pokles koncentrací amoniakálního dusíku (N-NH₄) v důsledku čištění je také po rekonstrukci (2010 a 2011) přibližně stejný jako v roce 2007, avšak méně výrazný než v roce 2008. Zhoršení čistícího účinku ve vztahu k N-NH₄ během rekonstrukce (2009) je málo výrazné. Anorganický dusík (N_{anorg}) byl před rekonstrukcí (2007-8) odbouráván poněkud efektivněji než po rekonstrukci (2010), zatímco během rekonstrukce byl čistící účinek prakticky nulový, stejně jako v případě celkového dusíku. V roce 2011 už nebyl anorganický dusík sledován. Během čištění docházelo k výrazné nitrifikaci, takže koncentrace dusičnanového dusíku (N-NO₃) byly na výstupu výrazně vyšší než na vstupu, ale tento přírůstek se po rekonstrukci čistírny (2010-11) snížil. V roce 2007 ještě nebyl sledován ani N-NO₃, ani N-NH₄. Prakticky žádný účinek a žádný trend nebyl zjištěn u koncentrací dusitanového dusíku (N-NO₂), které byly celkově velmi nízké a byly sledovány jen v letech 2008-10.



(Zdroj: SčVaK)

Obr. 26. Průměrné roční změny koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS) a celkového fosforu (P_{celk}) v odpadní vodě v důsledku čištění

Obr. 26 znázorňuje vývoj čistícího účinku ve vztahu k celkovému fosforu (P_{celk}), který byl po rekonstrukci (zejména v r. 2011) poněkud nižší než před rekonstrukcí (zejména 2007). Zanedbatelné bylo také zlepšení čistícího účinku ve vztahu ke koncentraci rozpustných anorganických solí (RAS), protože průměrný účinek v letech před rekonstrukcí (2007-8) byl zhruba stejný jako průměrný účinek v letech po rekonstrukci (2010-11) a tyto průměry byly kladné, docházelo tedy v průměru ke zvýšení koncentrace RAS v důsledku čištění. Během rekonstrukce (2009) ovšem bylo zvýšení koncentrace RAS na výtok z čistírny podstatně větší.

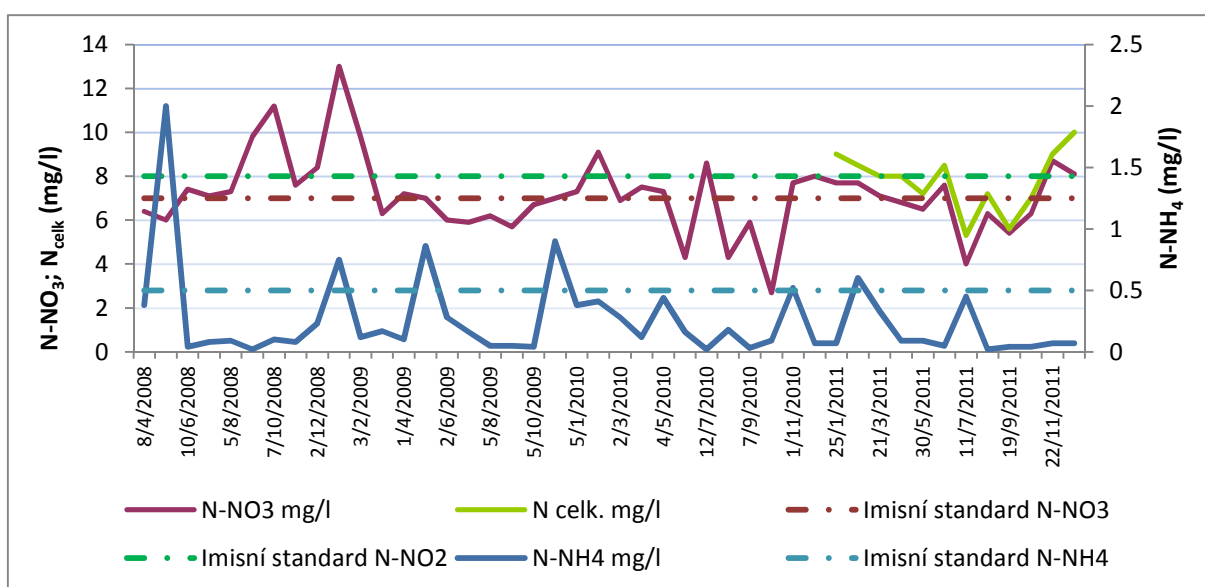
5.5 Vyhodnocení vlivu rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici n. P. na jakost vody v Popelce a Olešce

Vyhodnocením dat z Povodí Labe o jakosti povrchové vody v Popelce jsem se pokusila vystopovat vliv čistírny odpadních vod v Lomnici n. P. a její rekonstrukce na jakost povrchové vody v Popelce. Data o faktické jakosti vody v toku byla srovnávána s imisními standardy a s ukazateli přípustného znečištění povrchových vod.

Tab. 13. Identifikace odběrného místa

Název toku	Popelka
Název profilu	Ústí u Staré Paky
Období	1. 1. 2008 - 31. 12. 2011
Číslo profilu	649
Říční km	1,21
ČHP	-
Sít' sledování	standardní sledování
Matrice	voda
Typ vzorku	bodový

(Zdroj: Povodí Labe)

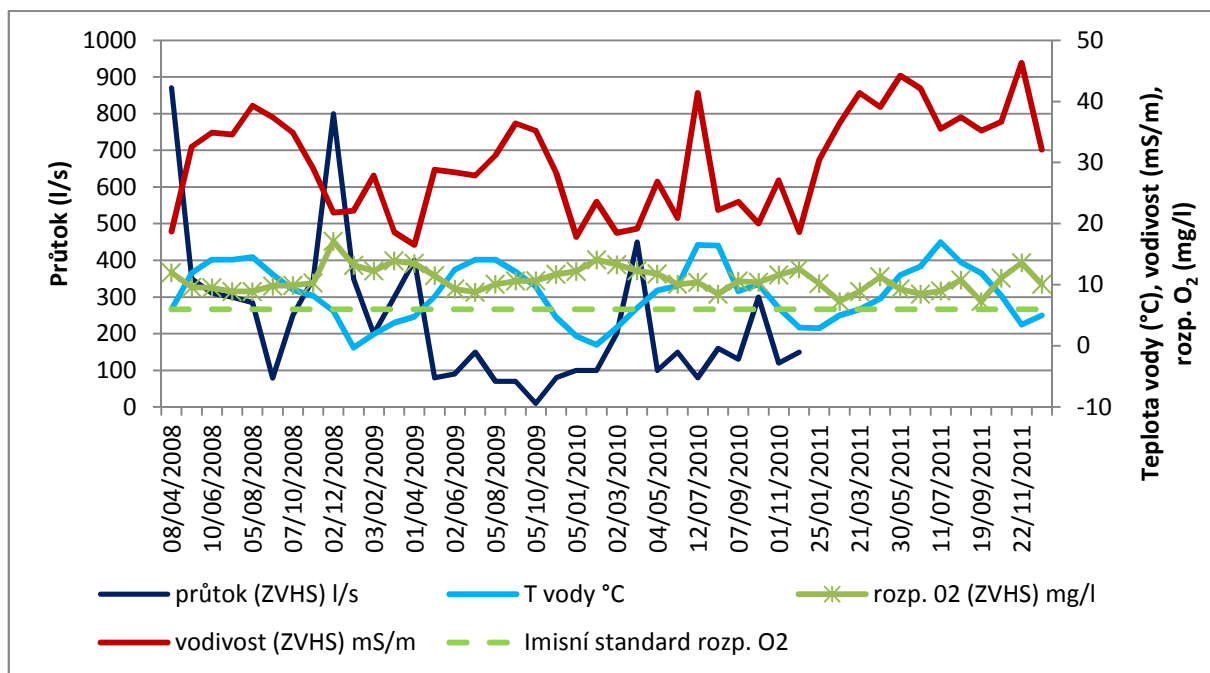


(Zdroj: Povodí Labe)

Obr. 27. Měsíční sledování koncentrace různých forem dusíku v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011

Obr. 27 ukazuje, že koncentrace dusičnanového dusíku ($N\text{-NO}_3$) v Olešce byly výrazně nad úrovní imisního standardu dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. od května 2008 do února 2009. Nelze ovšem jednoznačně tvrdit, že to bylo způsobeno pouze nedokonalou funkcí čistírny v Lomnici n. P. před rekonstrukcí. I po únoru 2009 docházelo k občasnému překročení imisního standardu pro dusičnanový dusík, ne však už tak výraznému. Koncentrace celkového dusíku (N_{celk}), měřené až od r. 2011, kolísají téměř rovnoběžně s dusičnanovým dusíkem a i ony občas překračují imisní standard. Koncentrace amoniakálního dusíku ($N\text{-NH}_4$) jsou většinou výrazně pod imisním standardem, ale jednou až

několikrát do roka se na jejich čáře objevují peaky, které tento standard překračují nebo se mu blíží. Po rekonstrukci čistírny (od r. 2010) jsou tyto peaky nižší.

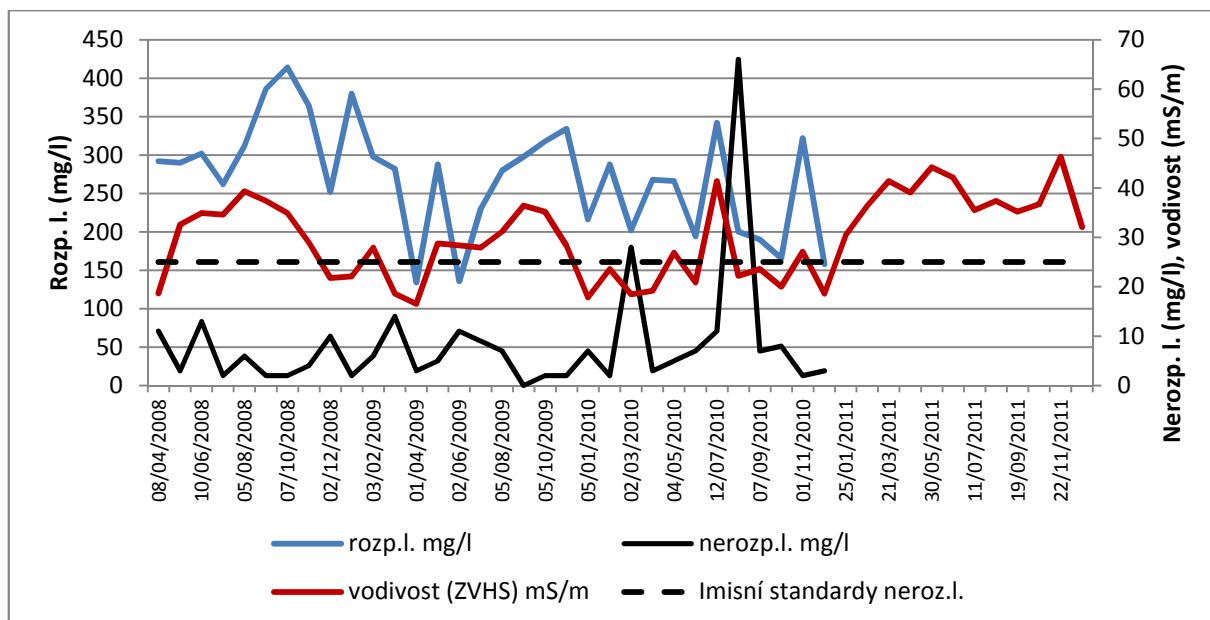


(Zdroj: Povodí Labe)

Obr. 28. Měsíční sledování obsahu rozpuštěného kyslíku, elektrické vodivosti, průtoku a teploty vody v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011

Elektrická vodivost vody na obr. 28 vykazuje sezónní kolísání (v létě jsou její hodnoty vyšší). Obdobné sezónní kolísání vykazuje i graf teploty vody v řece v témže grafu. Protože předpokládám, že laboratoř měřila správně a redukovala, pravděpodobně automaticky, naměřenou elektrickou vodivost na standardní teplotu (asi 25°C), musí mít toto sezónní kolísání jinou příčinu než závislost elektrické vodivosti na teplotě, např. vliv teploty na rozpustnost pevných látek nebo na procesy mineralizace organických látek. V roce 2011 je elektrická vodivost celoročně vysoká. Nelze jednoznačně tvrdit, že je to způsobeno rekonstrukcí čistírny v Lomnici n. P. Z téhož grafu je patrný nepřímý vliv průtoku, který byl měřen pouze v letech 2008-2010, na elektrickou vodivost. Čím menší byl průtok vody v Popelce, tím vyšší hodnoty elektrické vodivosti byly naměřeny. Dochází tedy ke zředovacímu účinku vysokých průtoků na koncentrace znečišťujících solí, produkovaných mj. i čistírnou v Lomnici n. P. Z grafu na obr. 28 také vyplývá, že koncentrace rozpuštěného kyslíku a teploty vody jsou na sobě zhruba nepřímo závislé. Platí, že čím vyšší je teplota vody, tím nižší jsou koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě. To odpovídá Henryho zákonu

o rozpustnosti plynů v kapalině (Pitter, 1999). Přes léto jsou hodnoty koncentrací rozpuštěného kyslíku vždy nižší, protože je teplota vody vyšší. Po celé sledované období nepoklesly koncentrace rozpuštěného kyslíku pod limit 6 mg/l, který odpovídá přípustnému znečištění povrchových vod dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

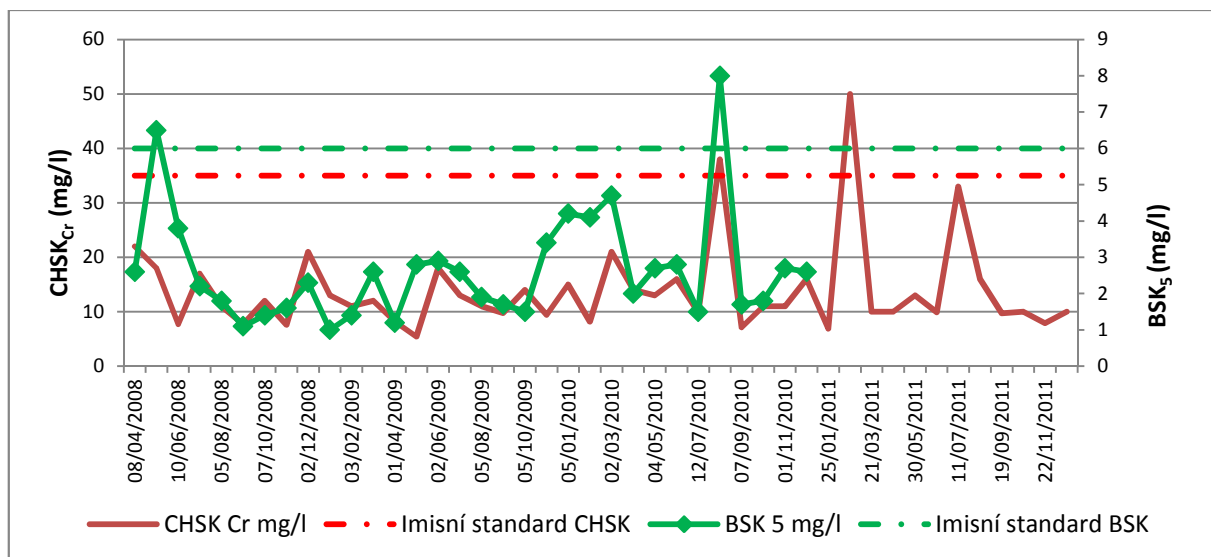


(Zdroj: Povodí Labe)

Obr. 29. Měsíční sledování obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek a elektrické vodivosti vody v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011

Koncentrace rozpuštěných látek na obr. 29, které byly měřeny pouze do roku 2010, mají v průměru klesající tendenci a do značné míry kopírují průběh elektrické vodivosti (v tomto grafu pro srovnání znovu vynesené), která však nemá klesající trend a naopak v roce 2011 výrazně stoupla. Znamená to, že ve vodě Popelky během sledovaného období stoupal obsah disociovaných solí a klesal obsah neiontových rozpuštěných látek, které na elektrickou vodivost nemají vliv.

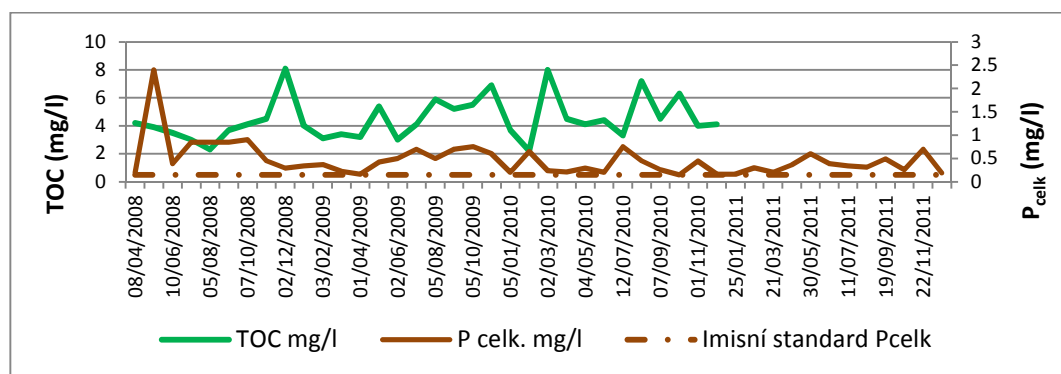
Koncentrace nerozpuštěných látek v témže grafu mají v březnu a v srpnu 2010 hodnoty nad imisním limitem 25 mg/l podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. Tyto hodnoty jsou zřejmě stopy erozních epizod v povodí Popelky, ale mohou také být ovlivněny tehdy probíhající rekonstrukcí ČOV. V roce 2011 bohužel už nerozpuštěné látky nebyly měřeny.



(Zdroj: Povodí Labe)

Obr. 30. Měsíční sledování chemické ($CHSK_{Cr}$) a biologické (BSK_{5-n}) spotřeby kyslíku vodou Popelky v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011

Chemická spotřeba kyslíku na obr. 30 vykázala v posledních dvou letech sledovaného období (2010-11) tři výrazné peaky, které mohou být stopami menších havárií (není zřejmé, zda v čistírně v Lomnici n. P. nebo někde jinde v povodí). První dva z těchto peaků (srpen 2010, únor 2011) přesahují imisní standard 35 mg/l upravený nařízením vlády č. 61/2003 Sb. o přípustném znečištění povrchových vod. S výjimkou těchto tří peaků je chemická spotřeba kyslíku poměrně nízká. Biochemická spotřeba kyslíku se přestala měřit na konci roku 2010. Její hodnoty jsou často blízké chemické spotřebě, s výjimkou nadlimitního peaku v září 2008 a podlimitního peaku od listopadu 2009 do února 2010. Nadlimitní peak v srpnu 2010 kopíruje obdobný peak $CHSK_{Cr}$.



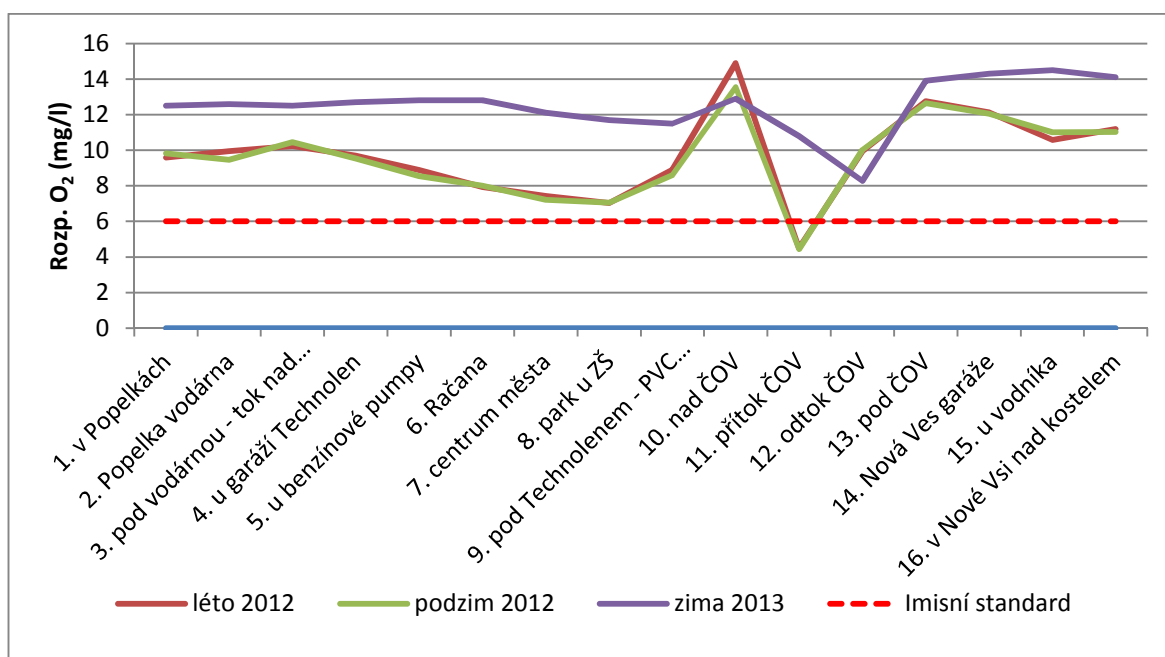
(Zdroj: Povodí Labe)

Obr. 31. Měsíční sledování obsahu celkového organického uhlíku (TOC) a celkového fosforu (P_{celk}) v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011

Jak je vidět na obr. 31, koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) se přestaly měřit na konci roku 2010. Jejich hodnoty nepřevyšují limit 13 mg/l podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o přípustném znečištění povrchových vod. Kolísání TOC se zdá být nahodilé a nijak nespojené s rekonstrukcí ČOV v Lomnici n. P. Koncentrace celkového fosforu mají celkově klesající trend, což může být ovlivněno rekonstrukcí uvedené ČOV. Všechny naměřené hodnoty P_{celk} ale převyšují imisní limit podle nařízení vlády 61/2003 Sb.(0,15 mg/l).

5.6 Vlastní měření podélných profilů jakosti vody na horním toku Popelky v okolí ČOV

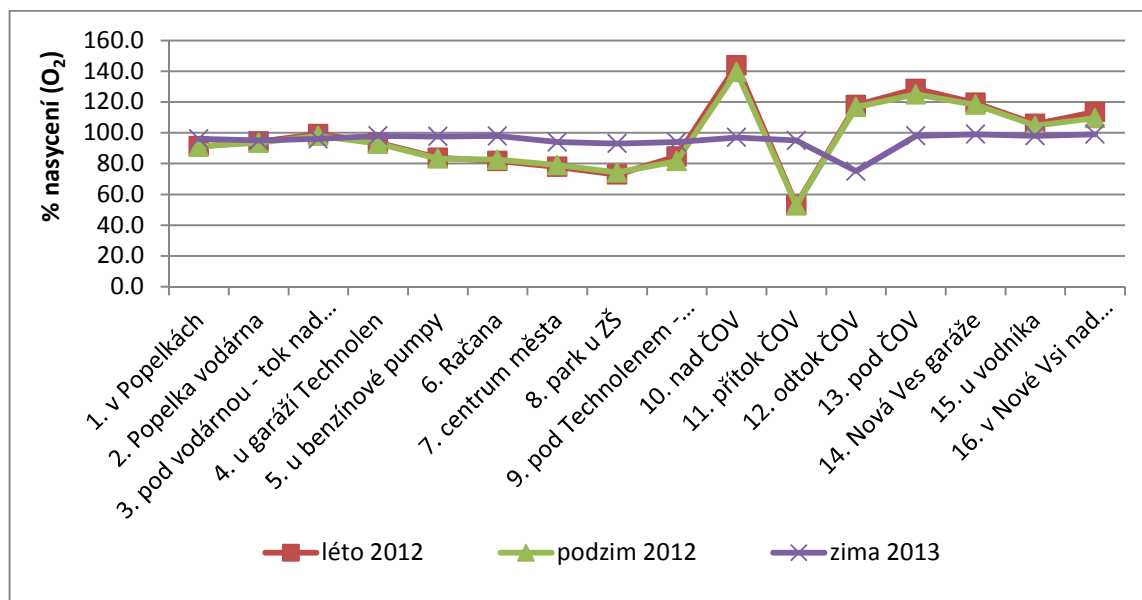
Na doplnění dat získaných z Povodí Labe s. p. a z dalších zdrojů jsem provedla vlastní měření koncentrace rozpuštěného kyslíku a elektrické vodivosti, a to ve třech až čtyřech termínech (17. 6. 2012, 15. 9. 2012, 7. 10. 2012, 8. 2. 2013) označených zde „jaro“, „léto“, „podzim“ a „zima“, na 16 měrných místech podél říčky Popelky počínaje pramennou oblastí v Popelkách a konče v Nové Vsi nad Popelkou. Podrobnější popis metodiky je uveden v kapitole Materiály a metody. Výsledky jsou níže prezentovány graficky.



Obr. 32. Vlastní měření podélných profilů koncentrací rozpuštěného kyslíku v Popelce, léto 2012 - zima 2013

Hodnoty koncentrací rozpuštěného kyslíku se během sledovaného období držely nad minimálním limitem 6 mg/l podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., s výjimkou hodnot

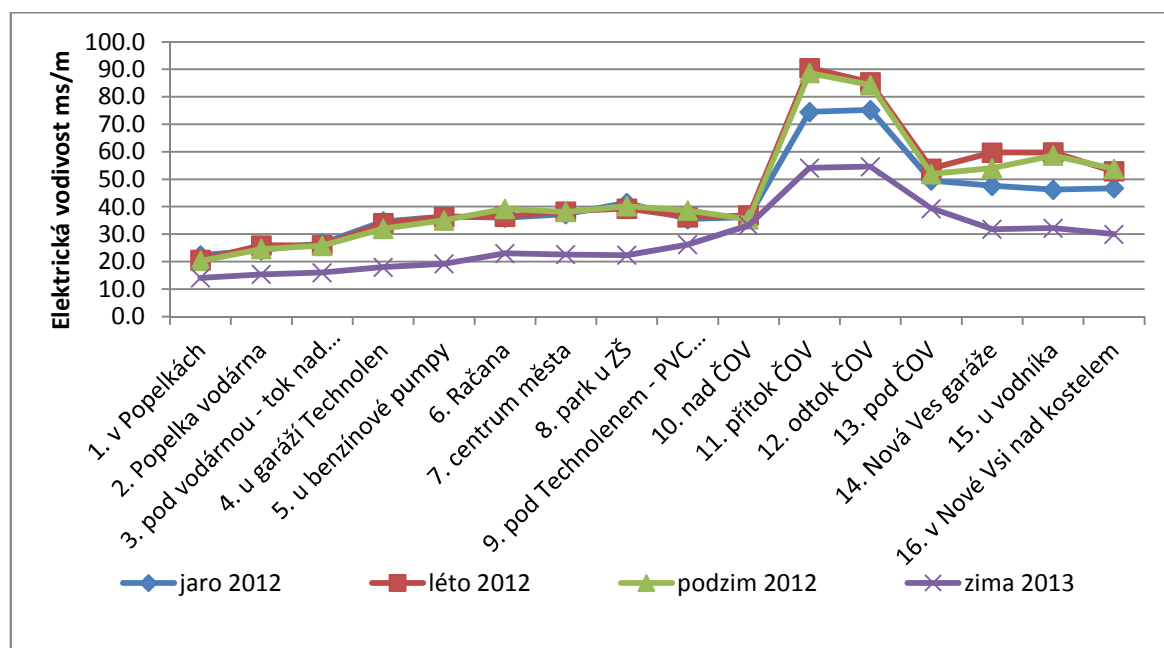
naměřených v létě a na podzim roku 2012 v odběrném místě na přítoku do ČOV, kde hodnoty byly nižší než tento limit (6 mg/l), což je očekávatelné u nevyčištěných odpadních vod, ve kterých probíhají anaerobní procesy. Vyčištěná odpadní voda na odtoku z ČOV už z hlediska imisního standardu vyhovovala. Zajímavé je, že v zimě 2013 byla hodnota koncentrace na přítoku do ČOV vyšší než na odtoku. To mohlo být zapříčiněno tím, že teplota na přítoku i v aktivační nádrži čistírny byla příliš nízká, takže anaerobní procesy v kanalizaci byly pomalejší, zatímco rozpustnost kyslíku v přitékající vodě byla vyšší. Kanalizace a vyústí splaškových vod v Lomnici nad Popelkou jsou docela krátké a zřejmě v nich nedocházelo k velkým poklesům koncentrace O_2 a následně k tvorbě anoxického prostředí. Naopak aktivační proces čistírny byl nízkou teplotou ovlivněn nepříznivě, a odpadní voda proto nebyla vyčištěna tak, jak by mohla být za ideálních podmínek. V odběrném místě „nad ČOV“ jsou hodnoty koncentrací ve všech obdobích vysoké, protože byl vzorek odebírán z provzdušněného splavu, kde je voda rozpuštěným kyslíkem přesycena. Při srovnání ročních období vycházejí nejvyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku v zimě 2013, což odpovídá Henryho zákonu rozpustnosti plynů a také vlivu tání sněhu a vyššího průtoku. V létě byly naměřené hodnoty ve všech měrných místech prakticky stejné jako na podzim (v jarním termínu nebyl rozpuštěný kyslík měřen).



Obr. 33. Vlastní měření podélných profilů % nasycení vody v Popelce kyslíkem, léto 2012 - zima 2013

Obr. 33 znázorňuje stejná měření jako obr. 32, interpretovaná však jako procento nasycení vody kyslíkem, tedy jako poměr aktuální koncentrace rozpuštěného kyslíku k rozpustnosti

kyslíku při dané teplotě a daném parciálním tlaku kyslíku (odpovídajícím poměrům ve volné atmosféře). Průběh hodnot je na obou obrázcích analogický, ale zimní hodnoty nejsou o tolik vyšší než letní a podzimní, vzhledem k vyšší rozpustnosti plynu při nízkých teplotách. Na mnoha měrných místech se stupeň nasycení kyslíkem blíží 100 %, v létě a na podzim je však na měrném místě „nad ČOV“ i na všech měrných místech pod ČOV (včetně výtoku z ČOV) voda kyslíkem přesycena.



Obr. 34. Vlastní měření podélných profilů elektrické vodivosti v Popelce, jaro 2012 – zima 2013

Na obr. 34 jsou vidět podélné profily elektrické vodivosti, redukované na standardní teplotu 25°C. Nejnižší vodivost má voda v pramenní oblasti. Poté ve směru po proudu se elektrická vodivost vody zvyšuje v souvislosti s tím, jak se voda v toku postupně znečišťuje minerálními rostlinnými živinami z okolní krajiny a solemi z povrchových splachů v intravilánu a z dalších zdrojů. Značně vyšší elektrickou vodivost má pak očekávatelně voda na přítoku do ČOV a poněkud překvapivě i voda na odtoku z ČOV. Úsek toku pod ČOV má pak opět elektrickou vodivost nižší v důsledku smísení vody z ČOV s vodou v toku, nicméně vodivost je zde zvýšená oproti poměrům nad ČOV. Při srovnání ročních období mezi sebou vidíme, že nad ČOV je elektrická vodivost prakticky nezávislá na ročním období (s výjimkou zimy), v samotné ČOV (na přítoku i na odtoku) je nejvyšší v létě a na podzim, poněkud nižší na jaře a nejnižší v zimě. Tento trend nižší vodivosti v zimě a na podzim oproti jaru a létu pak přetrvává i v níže ležících úsecích toku.

6 Diskuse

Jak ukazuje tab. 12, po rekonstrukci čistírny došlo v několika měsících (v listopadu a prosinci 2010 a v lednu, únoru, březnu, červenci a prosinci 2011) k překročení nově stanovené nižší hodnoty průměrného denního množství vyčištěných vod pro bezdeštné období ($2100 \text{ m}^3/\text{den} = 63\,000 \text{ m}^3/\text{měsíc}$ v 30-denním měsíci), a to zřejmě v důsledku přítoku dešťových vod. Nebyly však tím zřejmě porušeny žádné kvantitativní ukazatele.

Pokud jde o kvalitativní ukazatele vypouštěné vody, biochemická spotřeba kyslíku (BSK_{5-n}) i chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Cr}) se přiblížily limitním hodnotám (18 mg/l a 60 mg/l, v pořadí) pouze před rekonstrukcí, a to v prosinci 2007 (obr. 17 a 18), kdy pravděpodobně na čistírně došlo k závadě. Žádný podobný případ se po rekonstrukci neopakoval. Zvýšené, avšak podlimitní hodnoty byly pozorovány na jaře a v létě 2010 během rekonstrukce ČOV. Obr. 23 ukazuje, že vzhledem k ukazatelům BSK_{5-n} a CHSK_{Cr} se po rekonstrukci účinnost čištění zvýšila. Obr. 30 naproti tomu naznačuje, že ve vodě Popelky (v profilu Ústí u Staré Paky) se může nadlimitní hodnota CHSK_{Cr} a pravděpodobně i BSK_{5-n} vyskytnout i po rekonstrukci ČOV, toto znečištění však může pocházet i z jiných zdrojů než z čistírny v Lomnici n. Pop. Čtyři pozorované výrazné peaky CHSK_{Cr} v letech 2010-11 mohly být zapříčiněny stopami menších havárií a množstvím huminových a jiných organických látek, které přicházejí do toku Popelky z povrchového a podpovrchového odtoku a z drenážních vod. Výkyvy v roce 2010 mohly být ovlivněny také tehdy dokončovanou rekonstrukcí ČOV v Lomnici n. P. Jinak jsou hodnoty CHSK_{Cr} i BSK_{5-n} poměrně nízké.

Trendy vývoje koncentrací rozpuštěných anorganických solí (RAS), rozpuštěných látek (RL), různých forem dusíku (N_{celk} , N_{anorg} , $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$, $N\text{-NO}_2$) a elektrické vodivosti musí být posuzovány ve vzájemné souvislosti. Jak vyplývá z obr. 19, byly na odtoku z ČOV hodnoty RAS před rekonstrukcí často vysoké, v lednu 2009 dokonce nadlimitní. Obr. 24 a 26 ukazují, že koncentrace RAS jsou na odtoku z čistírny před rekonstrukcí i po ní jen o málo nižší než na přítoku odpadních vod do čistírny, koncentrace RL jsou na odtoku dokonce o něco vyšší než na přítoku. Během rekonstrukce (v roce 2009) ovšem byly hodnoty RAS i RL na odtoku výrazně vyšší než na přítoku (viz tytéž obr. 24 a 26), stejně jako koncentrace anorganického (N_{anorg}) a celkového (N_{celk}) dusíku (obr. 25), což v tomto případě znamená zejména zvýšení koncentrací dusičnanového dusíku ($N\text{-NO}_3$). Žádný trend nebyl zjištěn u dusitanového dusíku (obr. 25).

Primárním účelem ČOV není odstraňování rozpuštěných (převážně anorganických) látek, s výjimkou zejména amoniakálního dusíku. Vlastní měření ukázala, že čisticí proces

nesnižuje elektrickou vodivost odpadních vod (obr. 34). Na odtoku z ČOV jsou typicky nižší koncentrace amoniakálního dusíku a vyšší koncentrace dusičnanového dusíku než na přítoku (obr. 25). V součtu pak je na odtoku koncentrace anorganického dusíku nižší než na přítoku, s výjimkou období rekonstrukce (roku 2009). Obr. 20 ukazuje, že po rekonstrukci se ve vyčištěné odpadní vodě už nevyskytují nadlimitní peaky amoniakálního dusíku, které byly typické pro období před rekonstrukcí, zejména v první polovině každého kalendářního roku. Vysoké obsahy RAS (obr. 19) a anorganického dusíku (obr. 21) v druhé polovině kalendářního roku jsou pravděpodobně způsobeny vysokým obsahem dusičnanového dusíku. Průměrný přírůstek jeho koncentrace na odtoku oproti koncentraci na přítoku se však po rekonstrukci čistírny snížil (obr. 25). I v tomto směru byl tedy vliv rekonstrukce příznivý.

K ilustraci vzájemné provázanosti veličin RAS, $N-NH_4$, $N-NO_3$ (resp. N_{anorg} minus $N-NH_4$), P_{celk} a $CHSK_{Cr}$ ve vodě vypouštěné čistírnou může sloužit také příklad roku 2008 (před rekonstrukcí). Na podzim 2008 byly pozorovány vysoké obsahy RAS (obr. 19), N_{anorg} (obr. 21) a P_{celk} (obr. 22), přičemž po celý rok 2008 byla mimořádně nízká $CHSK_{Cr}$ (obr. 18) a účinnost odbourávání $N-NH_4$ (nitrifikace) byla v tomto roce mimořádně vysoká (obr. 25).

Pokud jde o koncentrace v říčce Popelce v profilu Ústí u Staré Paky, lze konstatovat, že rekonstrukce měla příznivý vliv na snížení peaků koncentrací amoniakálního dusíku (obr. 27), zatímco koncentrace dusičnanového i celkového dusíku ve vodě Popelky zůstávají i po rekonstrukci často nadlimitní (týž obr. 27), i když už po rekonstrukci nebyly pozorovány tak vysoké nadlimitní peaky $N-NO_3$ jako před rekonstrukcí. Vysoké koncentrace dusičnanového dusíku v říčce i po rekonstrukci čistírny (které ale nelze jednoznačně přičíst pouze k tíži čistírny v Lomnici n.Pop.) pravděpodobně souvisejí i s poměrně vysokými hodnotami elektrické vodivosti v tomtéž měrném profilu (Ústí u Staré Paky) v roce 2011 (obr. 28 a 29). Plocha povodí Popelky a následně i Olešky je do značné míry využívána jako zemědělská půda. Nezanedbatelná část pozemků je odvodněna trubkovou drenáží. I to může přispívat k vyšším hodnotám koncentrací dusičnanového dusíku a elektrické vodivosti ve vodních tocích, protože povrchový i podpovrchový odtok ze zemědělských pozemků bývá zdrojem znečištění vod a drenážní odvodnění tento proces ještě zrychluje (Kretzschmar et al., 1999). Dalším důvodem vysokého znečištění vodních toků mohou být i ohrady s hospodářskými zvířaty, které se nacházejí asi na třech místech podél toku Popelky. Mj. i jejich vlivem lze ovšem vysvětlit také peaky $CHSK_{Cr}$ a BSK_{5-n} po rekonstrukci čistírny (obr. 30). Během rekonstrukce čistírny byl samotný čisticí proces zdrojem zvýšení obsahu rozpuštěných látek (RAS a RL) ve vypouštěné vodě (obr. 24 a 26). Vlastní měření elektrické vodivosti vody v Popelce ukazují, že nejnižší vodivost má voda v pramenní oblasti. Poté

ve směru po proudu se elektrická vodivost vody zvyšuje, což může být právě i vlivem drenážních vod ze zemědělských pozemků (Kretschmar et al., 1999). Monitoring ZVHS (obr. 28) i vlastní měření (obr. 34) potvrzují sezónní variabilitu elektrické vodivosti v Popelce (v zimě je nižší).

Lze učinit závěr, že rekonstrukce čistírny způsobila snížení koncentrací amoniakálního dusíku jak ve vypouštěné odpadní vodě, tak ve vodě Popelky. Koncentrace dusičnanového a pravděpodobně i anorganického a celkového dusíku se poněkud snížily ve vypouštěné odpadní vodě (obr. 25), ve vodě Popelky však mohou být stále nadlimitní (obr. 27). Rekonstrukce pravděpodobně neměla pozitivní vliv na elektrickou vodivost vypouštěné vody ani vody v Popelce (obr. 28).

Koncentrace celkového fosforu (P_{celk}) ve vyčištěné odpadní vodě občas překračovaly emisní standardy, a to jak před rekonstrukcí, tak i po ní (obr. 22). Při srovnání koncentrací P_{celk} na odtoku z čistírny s koncentracemi na přítoku (obr. 26) konstatujeme, že čisticí proces významně snižuje koncentrace P_{celk} , avšak rekonstrukce na to neměla pozitivní vliv. Koncentrace P_{celk} v Popelce v Ústí u Staré Paky byly převážně nadlimitní, mají však klesající trend, což mohlo být ovlivněno rekonstrukcí čistírny. Celkově lze říci, že zájmové území a jeho vodstvo je fosforem nadměrně zatíženo.

Koncentrace rozpuštěného kyslíku v Popelce v Ústí u Staré Paky (obr. 28) během let 2008 až 2011 nikdy neklesla pod 6 mg/l (což je dolní limit této veličiny pro přípustné znečištění povrchových vod, pod nímž se vodní prostředí stává nevhodné pro ryby a jiné organismy) a kromě sezónního kolísání způsobeného závislostí rozpustnosti plynů na teplotě podle Henryho zákona (Pitter, 1989) nelze vystopovat žádný její systematický trend, který by nasvědčoval např. vlivu rekonstrukce čistírny. Sezónní kolísání v roce 2011 je však méně výrazné než v předchozích letech. Vlastní měření koncentrace rozpuštěného kyslíku a stupně nasycení kyslíkem naznačuje, že čistírna (v r. 2012, tedy po rekonstrukci) přispívá ke zvýšení koncentrace rozpuštěného kyslíku v níže ležících měrných profilech. Může se jednat o vliv promíchávání vody při odtoku z ČOV, ale vedle toho to může být i vliv fotosyntézy řas a jiných zelených rostlin, které uvolňují do vody kyslík. O možnosti přesycení vody kyslíkem informují mj. také Klunder et al. (2012). Srovnání se stavem před rekonstrukcí zde ovšem chybí.

Během sledovaných roků 2007 až 2011 se průběžně zlepšovala účinnost čistírny co do odstraňování nerozpuštěných látek (obr. 24). V Popelce samotné v profilu Ústí u Staré Paky (obr. 29) byly pouze zaregistrovány dva nadlimitní peaky obsahu nerozpuštěných látek

v roce 2010 (možná ovlivněné průběhem rekonstrukce čistírny), od r. 2011 však bohužel obsah nerozpuštěných látek v Popelce není sledován.

7 Závěr

Jedním z hlavních důvodů rekonstrukce čistírny odpadních vod v Lomnici nad Popelkou v rámci projektu Čistá Jizera byl havarijní technický stav čistící linky. Cílem rekonstrukce bylo také pozitivní ovlivnění funkce kanalizačního systému. Tyto aspekty však nebyly v předkládané práci zkoumány. Tato diplomová práce ukázala na základě získaných i vlastních naměřených dat že rekonstrukce čistírny přispěla ke zlepšení účinnosti čištění odpadní vody a jakosti povrchové vody v Popelce a tím i v Olešce a v níže ležících hlavních tocích, zejména v samotné Jizeře, a to u řady jakostních ukazatelů, jak je rozvedeno dále.

Po rekonstrukci už nedošlo k žádnému podobnému případu jako v prosinci 2007, kdy se biologická (BSK_{5-n}) i chemická ($CHSK_{Cr}$) spotřeba kyslíku ve vyčištěné odpadní vodě přiblížila emisním limitům pro směsný vzorek. Účinnost čištění vzhledem k BSK_{5-n} a $CHSK_{Cr}$ se po rekonstrukci zvýšila. Rekonstrukce způsobila snížení obsahu amoniakálního dusíku ($N-NH_4$) ve vyčištěné odpadní vodě. Po rekonstrukci se zde také už nevyskytly občasné nadlimitní peaky amoniakálního dusíku, které byly typické pro období před rekonstrukcí. Čistící proces před rekonstrukcí i po ní významně snižuje koncentrace celkového fosforu (P_{celk}) v odpadní vodě. Přímý vliv rekonstrukce na účinnost odstraňování fosforu se neprokázal, nepřímo pro něj však svědčí klesající trend P_{celk} v Popelce v profilu Ústí u Staré Paky. Během sledovaného období se zlepšovala účinnost odstraňování nerozpuštěných látek z odpadní vody, což může být mj. ovlivněno i rekonstrukcí čistírny. Po rekonstrukci se také poněkud snížily koncentrace dusičnanového a pravděpodobně i anorganického a celkového dusíku ve vyčištěné odpadní vodě. Vlastní měření, provedená v roce 2012/2013, ukázala, že čistící proces (po rekonstrukci) nesnižuje elektrickou vodivost odpadních vod, ale s výjimkou zimního období zvyšuje koncentraci rozpuštěného kyslíku v odpadní vodě i ve vodě v Popelce v profilech pod výtokem.

Vliv rekonstrukce čistírny na jakost vody v Popelce v profilu Ústí u Staré Paky se projevil snížením koncentrací amoniakálního dusíku a celkového fosforu. U ostatních analyzovaných ukazatelů, (rozpuštěný kyslík, dusičnanový a celkový dusík, elektrická vodivost, rozpuštěné a nerozpuštěné látky, chemická a biochemická spotřeba kyslíku a celkový organický uhlík) není vliv rekonstrukce jednoznačný. V některých případech je tomu tak i proto, že příslušný ukazatel přestal být monitorován (biochemická spotřeba kyslíku, rozpuštěné látky a celkový

organický uhlík). Dalším důvodem je, že na jakost vody v Popelce má vedle čistírny vliv řada dalších zdrojů znečištění, zejména komunální odpadní vody nepochycené čistírnou (níže po toku), zemědělství a drenážní odvodnění zemědělských půd.

Vlastní přínos diplomové práce spočívá v syntéze existujících dat s vlastními daty nově naměřenými a v syntéze dat monitoringu čistírny samotné a dat o jakosti vody v Popelce. Výsledky a závěry budou sloužit jako potřebná informace a podklad o efektivnosti projektu Čistá Jizera.

8 Seznam literatury

Adámek, Z. 1995. Rybářství ve volných vodách. VICTORIA PUBLISHING, a. s. Praha. 204 s. ISBN: 80-7187-008-0.

Babović, N., Marković, D., Dimitrijević, V., Marković, D. 2011. Some indicators of quality of the Tamiš river. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly. 17 (1). 107-115.

Baudišová, D. 2010. Mikrobiální znečištění toků v povodí Olešky a vývoj v souvislosti se změnami průtoků. Vodní hospodářství. 60 (2). 9-11.

Beránková, T. 2010. Přístup k hodnocení náchylnosti zemědělských povodí ke ztrátám fosforu z půdy do vody. Vodní hospodářství. 60 (7). 182-184.

Bindzar, J., Janda, V., Jeníček, P., Růžičková I., Strnadová, N. 2009. Základy úpravy a čištění vod. VŠCHT. Praha. 251 s. ISBN: 978-80-7080-729-3.

Čížek, P., Herel, F., Koníček, Z. 1970. Stokování a čištění odpadních vod. SNTL. Praha. 400 s.

ČSN 75 7716 Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení saprobního indexu. 1998. Český normalizační institut. Praha.

ČSN 75 7221 Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod. 1998. Český normalizační institut. Praha.

Daniel, M. H. B., Montebelo, A. A., Bernardes, M. C., Ometto, J. P. H. B., de Camargo, P. B., Krusche, A. V., Ballester, M. V., Victoria, R. I., Martinelli, L. A. 2002. Effects of urban sewage on dissolved oxygen, dissolved inorganic and organic carbon, and electrical conductivity of small streams along a gradient of urbanization in the Piracicaba River basin. Water, Air, and Soil Pollution. 136. 186-206.

Dub, O., Němec, J. a kol. 1969. Hydrologie. SNTL. Praha. 380 s.

Grayson, R. B., Gippel, C. J., Finlayson, B. L., Hart, B. T. 1997. Catchment-wide impact on water quality: the use of „snapshot“ sampling during stable flow. *Journal of Hydrology*. 199. 121-134.

Harte, P. T., Trowbridge, P. R. 2010. Mapping of road-salt-contaminated groundwater discharge and estimation of chloride load to a small stream in southern New Hampshire, USA. *Hydrological Processes*. 24. 2349-2368.

Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E. 1998. *Hydrobiologie*. INFORMATORIUM, spol. s r. o. Praha. 335 s. ISBN: 80-86073-27-0.

Hlavínek, P. 2000. *Intenzifikace čistíren odpadních vod*. Noel. Brno. 235 s. ISBN: 80 86020 01-0.

Horáková, M. a kol. 2000. *Analytika vody*. VŠCHT. Praha.

Chudoba, J., Dohányos, M., Wanner, J. 1991. *Biologické čištění odpadních vod*. SNTL. Praha. 465 s. ISBN: 80-03-00611-2.

Jamieson, R., Gordon, R., Joy, D. Lee, H. 2004. Assessing microbial pollution of rural surface waters. A review of current watershed scale modelling approaches. *Agricultural Water Management*. 70. 1-17.

Jurajda, P., Slavík, O., Adámek, Z. 2010. Monitoring ryb v tekoucích vodách ČR v souvislosti s rámcovou směrnicí 2000/60/ES: Plůdek nebo dospělé ryby? *Vodní hospodářství*. 60 (6). 6-8.

Just, T., Fuchs, P., Písařová, M. 1999. *Odpadní vody v malých obcích*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 120 s. ISBN: 80-85900-31-9.

Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. 1984. *Malé vodní toky*. SZN. Praha. 253 s.

Kalinová, M. (ed.). 2007. Sborník prací VÚV T. G. M. 2007. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Praha. 96 s. ISBN: 978-80-85900-76-7. Str. 32.

Kladivová, V., Kult, A., Svobodová, J. 2010. Problematika jakosti povrchových vod, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb – právní a statistická analýza. *Vodní hospodářství*. 60 (2). 11-17.

Klunder, K., Hekman, F. A., Brown, K. L., Peaslee, G. F. 2012. A study of dissolved gas dynamics in mixed stream electrolyzed water. *Electrochemistry*. 80 (8). 574–577.

Kolektiv autorů. 1989. Úpravy, modernizace a údržba malých vodních toků a HMZ. ČV společnosti zemědělské. Pardubice. 99 s. ISBN: 80-02-99284-9. Str. 37.

Kretschmar, R., Borkovec, M., Grolimund, D., Elimelech, M. 1999. Mobile subsurface colloids and their role in contaminant transport. *Advances in Agronomy*. 66.121-193.

Krometis, L. A. H., Characklis, G. W., Simmons, O. D. III., Dilts, M. J., Likirdopulos, A., Sobsey, M. D. 2007. Intra-storm variability in microbial partitioning and microbial loading rates. *Water Research*. 41. 506-516.

Lellák, J., Kubíček, F. 1992. *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum. Praha. 257 s. ISBN: 80-7066-530-0.

Mackovčín, P., Sedláček, M., Kuncová, J. (eds.). 2002. Liberecko. Chráněná území ČR, svazek III. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno. Praha. 331 s. ISBN: 80-86064-43-3.

Myslil, V. a kolektiv. 1999. *Voda-Země-Život*. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 87 s. ISBN: 80-7212-072-7.

Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Němeček, Z., Šedivý, F. 1955. *Stokování*. SNTL. Praha. 263 s.

Palma, P., Alvarenga, P., Palma, V., Matos, C., Fernandes, R. M., Soares, A., Barbosa, I. R. 2010. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Alqueva Reservoir (Portugal). *Environmental Science and Pollution Research International* 17. 703-716.

Pišl, M. 2000. S Janem Bendou do geologické minulosti Lomnicka. Městské muzeum v Lomnici nad Popelkou. Lomnice nad Popelkou.

Pitter, P. 1999. *Hydrochemie*. VŠCHT. Praha. 568 s. ISBN: 80-7080-340-1.

Pitter, P., 1990. *Hydrochemie*. SNTL. Praha. 373 s.

Sojka, J. 2004. *Malé čistírny odpadních vod*. ERA. Brno. 94 s. ISBN: 80-86517-80-2.

Štefánek, S. 2008. *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy, Slezska*. Baset. Praha. ISBN: 978-80-7340-105-4.

Švorc, L., Švorcová, V. 2006. *České řeky a říčky*. Knihovna Jana Drdy. Příbram. 63 s. ISBN: 80-8693711-9.

Tokar, A., Negoitescu, A. 2012. Researches on the chemical indicators of discharged water, treated by mechano-biological methods. *Revista de Chimie*. 63 (11). 1181-1186.

Vlček, V. (ed.) a kolektiv. 1984. *Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže*. ACADEMIA. Praha. 316 s.

Volaufová, L. 2008. Kvalita povrchových vod v České republice. *Vesmír*. 87 (11). 769. ISSN: 0042-4544.

Whitman, R. L., Gochee, A. V., Dustman, W. A., Kennedy, K. J. 1995. Use of coliform bacteria in assessing human sewage contamination. *Natural Areas Journal*. 15. 227-233.

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

Internetové zdroje – www stránky:

Hydroekologický informační systém. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce. Dostupné z <<http://heis.vuv.cz/>>

Kanalizace Blog – Jak na problémy s kanalizací.. Čištění dešťové usazovací nádrže. Dostupné z <<http://kanalizace.blog.cz/1101/cisteni-destove-usazovaci-nadrze>>

Mapy. Dostupné z <www.mapy.cz>

Volunteer Monitoring Factsheet Series. Dissolved Oxygen. Aquatic Life Depends on It. Dostupné z <<http://watermonitoring.uwex.edu/pdf/level1/FactSeries-DissolvedOxygen.pdf>>

9 Seznam použitých zkratek

AN – aktivační nádrž

BSK₅, - biochemická spotřeba kyslíku stanovovaná během 5 dnů

C_{org} – organický uhlík

ČHMÚ – Česká hydrometeorologický ústav

č. h. p. – číslo hydrologického povodí

ČOV – čistírna odpadních vod

DUN – dešťové usazovací nádrže

EO – ekvivalentní obyvatelé

CHKO – chráněná krajinná oblast

CHSK – chemická spotřeba kyslíku

JV – jihovýchodně

k. ú. – katastrální území

N_{celk} – celkový dusík

NL – nerozpuštěné látky

N-NH₄⁺ – amoniakální dusík

N_{org} – organický dusík

NV – nařízení vlády

OPŽP – Operační program životní prostředí

OV – odpadní voda

p. p. č. – parcelní pozemek číslo

P_{celk} – celkový fosfor

PHO – pásmo hygienické ochrany

RL – rozpuštěné látky

SFŽP – Státní fond životního prostředí

SčVaK – Severočeské vodovody a kanalizace, a. s.

s. š. – severní šířka

SV – severovýchodně

v. d. – východní délka

10 Seznam tabulek a obrázků

10.1 Tabulky

Tab. 1. Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod	11
Tab. 2. Imisní standardy: vybrané ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod	12
Tab. 3. Statistické hodnocení výsledků stanovení <i>E. coli</i> v povodí Olešky	36
Tab. 4. Současný stav napojení na ČOV	40
Tab. 5. Identifikační údaje	40
Tab. 6. Přehledná tabulka jakosti vody během rekonstrukce ČOV	45
Tab. 7. Emisní standardy podle nařízení vlády	52
Tab. 8. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí před rekonstrukcí - kvalitativní ukazatelé (mg/l)	53
Tab. 9. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí před rekonstrukcí - bilanční hodnoty v t/r	53
Tab. 10. Emisní limity podle vodoprávního rozhodnutí po rekonstrukci - kvalitativní ukazatelé	54
Tab. 11. Emisní limity - bilanční hodnoty	54
Tab. 12. Průměrné měsíční průtoky ČOV v Lomnici n. Pop. od roku 2008 do roku 2011	55
Tab. 13. Identifikace odběrného místa	69

10.2 Obrázky

Obr. 1. Karta vodního toku Popelky, 1. strana	29
Obr. 2. Karta vodního toku Popelky, 2. strana	30
Obr. 3. Vodohospodářská mapa části povodí Popelky a Olešky na vojenské mapě	31
Obr. 4. Mapa povodí Olešky s odběrovými místy	33
Obr. 5. <i>Escherichia coli</i> v podélném profilu Olešky (ktj/ml), jarní tání sněhu, rok 2009	34
Obr. 6. Grafické znázornění počtu <i>Escherichia coli</i> , výšky hladiny a průtoku během jarního tání sněhu, rok 2009	34
Obr. 7. Stanovení <i>E. coli</i> (kjt/ml) v podélném tolu Olešky během červnové srážkové epizody, rok 2009 (v Bořkově max. průtok 2 m ³ /s, výška hladiny 55 cm)	35
Obr. 8. Přehled míst projektu Čistá Jizera	37
Obr. 9. Umístění ČOV v širších vztazích	43
Obr. 10. Situace ČOV v užším okolí	44
Obr. 11. Dispoziční řešení rekonstrukce ČOV	46
Obr. 12. Mapa s vyznačenými odběrnými místy	49
Obr. 13. Průměrné denní objemy odpadních vod (včetně dešťových) vypouštěné ČOV v Lomnici n. Pop. v jednotlivých měsících od roku 2008 do roku 2011	56
Obr. 14. Denní průtoky v Popelce nad ČOV v Lomnici n. P., průtoky v Popelce měřené jednou měsíčně v Ústí u Staré Paky a průměrné měsíční průtoky čistírnou v Lomnici n. P. – celkový graf	57

Obr. 15. Denní průtoky v Popelce nad ČOV v Lomnici n. P. a průměrné měsíční průtoky čistírnou v Lomnici n. P. – detail nízkých průtoků	57
Obr. 16. Měsíční objemy odpadních vod vypouštěných z ČOV v Lomnici n. P. srovnané s měsíčními srážkovými úhrny v Holenicích	58
Obr. 17. Biochemická spotřeba kyslíku BSK _{5-n} v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	59
Obr. 18. Chemická spotřeba kyslíku CHSK _{Cr} v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	60
Obr. 19. Koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS) v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	61
Obr. 20. Koncentrace amoniakálního dusíku (N-NH ₄) v letech 2007 – 2011 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	62
Obr. 21. Koncentrace anorganického dusíku (N _{anorg}) v letech 2007 – 2010 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	63
Obr. 22. Koncentrace celkového fosforu (P _{celk}) v letech 2007 – 2010 na odtoku z ČOV v Lomnici n. P.	64
Obr. 23. Průměrné roční změny chemické (CHSK _{Cr}) a biochemické (BSK _{5-n}) spotřeby kyslíku odpadní vodou v důsledku čištění	65
Obr. 24. Průměrné roční změny koncentrace rozpuštěných látek (RL) a nerozpuštěných látek (NL) v odpadní vodě v důsledku čištění	66
Obr. 25. Průměrné roční změny koncentrace dusitanového (N-NO ₂), dusičnanového (N-NO ₃), amoniakálního (N-NH ₄), anorganického (N _{anorg}) a celkového (N _{celk}) dusíku v odpadní vodě v důsledku čištění	67
Obr. 26. Průměrné roční změny koncentrace rozpuštěných anorganických solí (RAS) a celkového fosforu (P _{celk}) v odpadní vodě v důsledku čištění.	68
Obr. 27. Měsíční sledování koncentrace různých forem dusíku v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011	69
Obr. 28. Měsíční sledování obsahu rozpuštěného kyslíku, elektrické vodivosti, průtoku a teploty vody v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011	70
Obr. 29. Měsíční sledování obsahu rozpuštěných a nerozpuštěných látek a elektrické vodivosti vody v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011	71
Obr. 30. Měsíční sledování chemické (CHSK _{Cr}) a biologické (BSK _{5-n}) spotřeby kyslíku vodou Popelky v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011	72
Obr. 31. Měsíční sledování obsahu celkového organického uhlíku (TOC) a celkového fosforu (P _{celk}) v Popelce v Ústí u Staré Paky v letech 2008-2011	72
Obr. 32. Vlastní měření podélných profilů koncentrací rozpuštěného kyslíku v Popelce, léto 2012 - zima 2013	73
Obr. 33. Vlastní měření podélných profilů % nasycení vody v Popelce kyslíkem, léto 2012 - zima 2013	74
Obr. 34. Vlastní měření podélných profilů elektrické vodivosti v Popelce, jaro 2012 – zima 2013	75

11 Fotodokumentace

Exkurze ČOV v Lomnici nad Popelkou



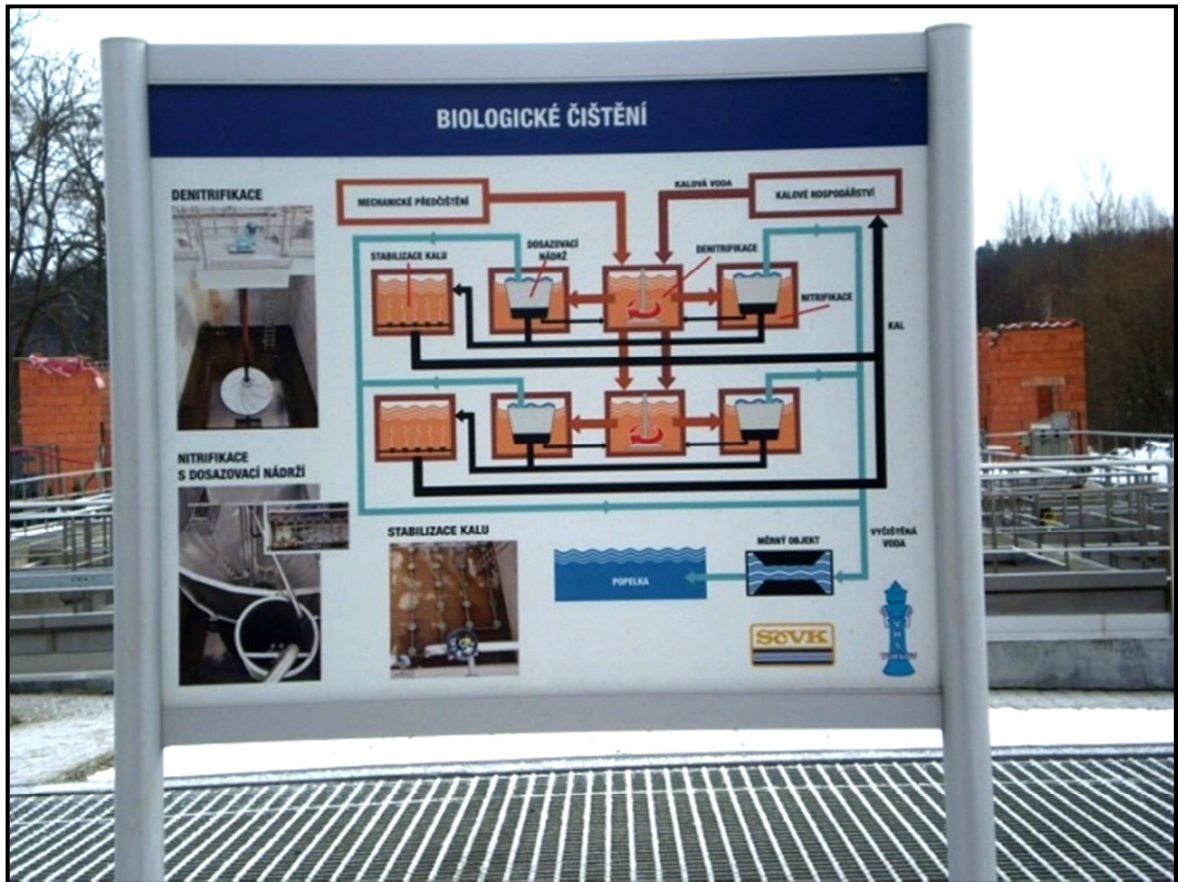
Pohled na řeku Popelku od JV, napravo obytný dům č. p. 511 na severní straně od areálu ČOV



Fotografie budovy mechanického předčištění od SV, napravo detailní pohled na drapák



Uskladňovací nádrž kalu - pohled z jižní a severní strany areálu





Chemická laboratoř Severočeských vodovodů a kanalizací, a. s. v Liberci



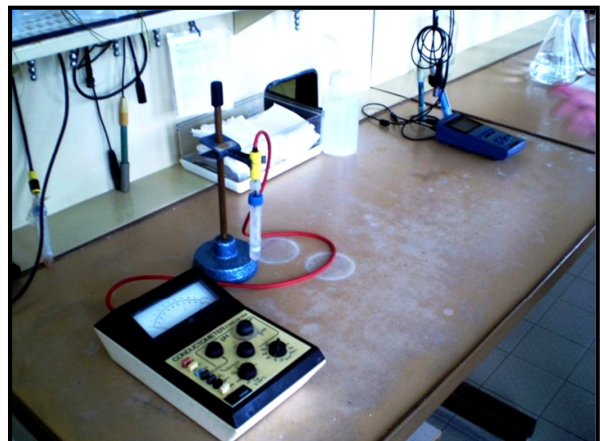
Sklad chemikálií



Váhovna



Oximetr



pH metry

Vybraná odběrná místa ve vodním toku Popelce



Odběr. místo č. 1: v Popelkách



Odběr. místo č. 2: Popelka vodárna



Odběr. místo č. 4: u garáží Technolen



Odběr. místo č. 5: u benzínové pumpy



Odběr. místo č. 6: Račana



Odběr. místo č. 8: park ZŠ



Odběr. místo č. 11: přítok ČOV



Odběr. místo č. 12: odtok ČOV



Odběr. místo č. 13: pod ČOV



Odběr. místo č. 14: Nová Ves garáže



Odběr. místo č. 15: u vodníka

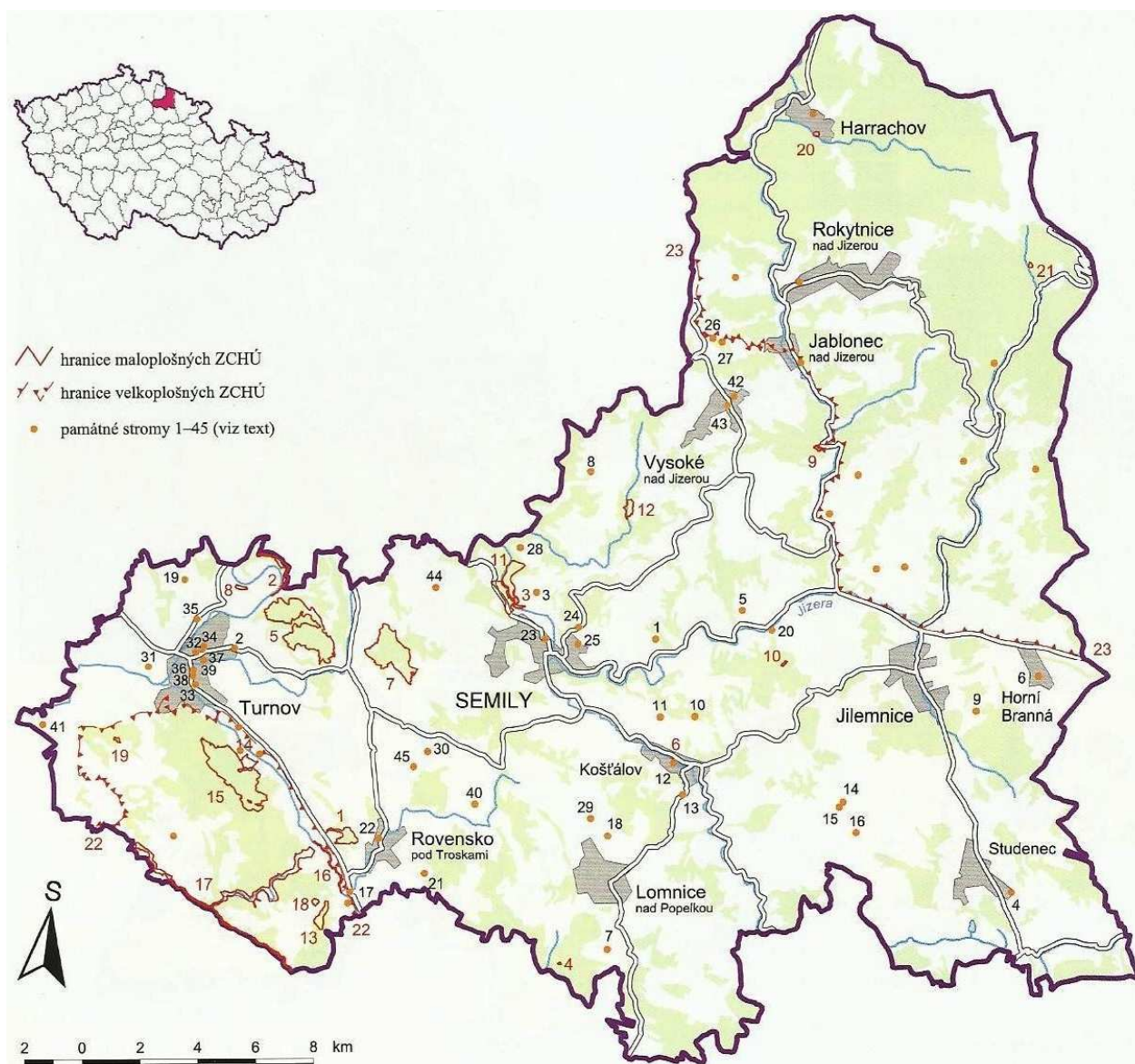
12 Seznam příloh

Příloha č. 1: Mapa zvláště chráněných území v okolí Lomnice nad Popelkou	95
Příloha č. 2: Determinační protokol ichtyocenózy toku	96
Příloha č. 3: Přítoky a odtoky - ČOV v Lomnici nad Popelkou v letech od 2007 do 2011	97

Samostatné přílohy

- Technologické schéma rekonstrukce ČOV v Lomnici nad Popelkou
- ČOV Lomnice nad Popelkou
- Průtokové schéma ČOV v Lomnici nad Popelkou
- Vodohospodářská mapa povodí řeky Popelky a Olešky

Příloha č. 1: Mapa zvláště chráněných území v okolí Lomnice nad Popelkou



- | | | | |
|--------------------------|---|-------------------------|----------------------------|
| 1 PP Borecké skály | 7 NPP Kozákov | 13 PR Apolena | |
| 2 PR Bučiny u Rakous | 8 PR Na hranicích | 14 PR Bažantník | 19 PP Vůstra |
| 3 PP Galerie | 9 PP Nistějka | 15 PR Hruboskalsko | 20 PP Anenské údolí |
| 4 PP Jezírko pod Tábořem | 10 NPP Strážník | 16 PP Libuňka | 21 PP Mechové jezírko |
| 5 PR Klokočské skály | 11 PR Údolí Jizery u Semil a Bitouchova | 17 PR Podtrosecká údolí | 22 CHKO Český ráj |
| 6 PP Kovářův Mlýn | 12 PR Údolí Vošmendy | 18 PP Trosky | 23 Krkonošský národní park |

(Zdroj: Mackovčín a kol., 2002)

Příloha č. 2: Determinační protokol ichtyocenózy toku

Determinační protokol ichtyocenózy toku

KÓD VZORKU : TOK: Popelka DATUM ODBĚRU : 24.9.2008 DEเทอร์МИНОВАЛ: J. Křížek
 ODEBRAL: J. Křížek DATUM DETERMINACE: 24.9.2008

PROFIL: 105-005 ČESKÝ NÁZEV	DÉLKA/PLOCHA: 150 m / 465 m ² VĚDECKÝ NÁZEV	1+ A STARŠÍ		TOHOROČCI 0+	
		ks	ks / m	ks	ks / m
pstruh obecný f. potoční	<i>Salmo trutta m. fario</i>	42	0,280	25	0,170
pstruh duhový	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	4	0,027		
siven americký	<i>Salvelinus fontinalis</i>				
lipan podhorní	<i>Thymallus thymallus</i>				
štika obecná	<i>Esox lucius</i>				
plotice obecná	<i>Rutilus rutilus</i>				
jelec proudník	<i>Leuciscus leuciscus</i>				
jelec tloušť	<i>Leuciscus cephalus</i>				
jelec jesen	<i>Leuciscus idus</i>				
střevle potoční	<i>Phoxinus phoxinus</i>				
perlin ostrobřichý	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>				
bolen dravý	<i>Aspius aspius</i>				
slunka obecná	<i>Leucaspilus delineatus</i>				
lín obecný	<i>Tinca tinca</i>				
ostroretka stěhovavá	<i>Chondrostoma nasus</i>				
hrouzek obecný	<i>Gobio gobio</i>				
hrouzek Kesslerův	<i>Gobio kessleri</i>				
hrouzek běloploutvý	<i>Gobio albipinnatus</i>				
střevlíčka východní	<i>Pseudorasbora parva</i>				
parma obecná	<i>Barbus barbus</i>				
ouklej obecná	<i>Alburnus alburnus</i>				
ouklejka pruhovaná	<i>Alburnoides bipunctatus</i>				
cejnek malý	<i>Abramis bjoerkna</i>				
cejn velký	<i>Abramis brama</i>				
cejn perleťový	<i>Abramis sapa</i>				
cejn siný	<i>Abramis ballerus</i>				
podoustev říční	<i>Vimba vimba</i>				
hořavka duhová	<i>Rhodeus sericeus</i>				
karas obecný	<i>Carassius carassius</i>				
karas stříbrný	<i>Carassius auratus</i>				
kapr obecný	<i>Cyprinus carpio</i>				
mřenka mramorovaná	<i>Barbatula barbatula</i>	49	0,320	18	0,120
sekavec písečný	<i>Cobitis taenia</i>				
sekavčík horský	<i>Sabanejewia aurata</i>				
piskoř páskovaný	<i>Misgurnus fossilis</i>				
sumec velký	<i>Silurus glanis</i>				
mník jednovousý	<i>Lota lota</i>				
okoun říční	<i>Perca fluviatilis</i>				
candát obecný	<i>Stizostedion lucioperca</i>				
candát východní	<i>Stizostedion volgense</i>				
drsek větší	<i>Zingel zingel</i>				
drsek menší	<i>Zingel streber</i>				
ježdík obecný	<i>Gymnocephalus cernuus</i>				
ježdík žlutý	<i>Gymnocephalus schraetser</i>				
hlavačka mramorovaná	<i>Proterorhinus marmoratus</i>				
vranka obecná	<i>Cottus gobio</i>	3	0,020	1	0,007
vranka pruhoploutvá	<i>Cottus poecilopus</i>				
úhoř říční	<i>Anguilla anguilla</i>				
CELKEM	Počet druhů 4 / 3	98	0,647	44	0,297
mihule potoční	<i>Lampetra planeri</i>				

Poznámka:

Rybářský revír 443 038 Oleška 1P, MO Košťálov, CH.
 Členité, dostatek úkrytů (balvany, kořeny stromů, ojedinelé tůně).
 Dlouhodobě nízké stavy, dále kolísání hladiny

(Zdroj: ČRS-MO Košťálov)

Příloha č. 3: Přitoky a odtoky - ČOV v Lomnici nad Popelkou v letech od 2007 do 2011

Rok 2007, přítok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

Útvar kontroly jakosti

Přítoková 1689, Teplice

vyhotoveno : 7.1.2008

Lomnice n.Popelkou,ČOV přítok za česlemi

Limity (P) :

Limity(prům):

Limity (M) :

Četnost :

SUMÁŘ			pH	CHSKcr	BSK5-n	NL	RAS	N-NH4	N-anorg	Pcelk
<i>počet</i>			11	12	12	11	11	11	11	11
<i>průměr</i>			7,45	196	60,5	64,4	267	20,6	22,9	5,64
<i>minimum</i>			7,00	43,0	9,00	11,0	166	3,00	7,27	0,800
<i>maximum</i>			8,20	611	210	174	412	44,1	44,2	15,1
datum odběru	důvod odběru	typ vz.	pH	CHSKcr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-anorg mg/l	Pcelk mg/l
8.1.2007	PV	J(b)	7,0	48	9	11	240	3,94	8,37	0,97
12.2.2007	PR1	J(b)	7,4	43	10	15	166	3,00	7,27	0,80
12.3.2007	PV	J(b)	7,2	74	20	13	217	9,98	11,4	2,11
10.4.2007	PR1	J(b)	7,3	291	67	174	252	24,0	24,1	8,82
23.4.2007	PV	J(b)	7,5	132	58	59	326	20,6	20,7	4,21
14.5.2007	PV	J(b)	7,6	318	120	103	412	44,1	44,2	6,67
4.6.2007	PR1	J(b)	7,6	277	66	64	346	33,8	33,9	11,2
9.7.2007	PV	J(b)	8,2	81	19	33	228	10,9	24,5	2,14
9.7.2007	PR	A		611	210					
6.8.2007	PR1	J(b)	7,5	236	74	116	350	31,2	31,3	5,89
23.9.2007	PV	J(b)	7,4	113	28	72	170	23,2	24,0	15,1
14.10.2007	PV	J(b)	7,3	126	45	48	228	22,4	22,5	4,10

A bodový

J(b) slévavý 24 hod po 2 hod, ze stejných objemů

PV pro vyhlášku

PR provozní

PR1 provozní 1

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2007, odtok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

Útvar kontroly jakosti
Přítkovská 1689, Teplice

vyhotoveno : 7.1.2008

Lomnice n.Popelkou,ČOV odtok

Limity (P) : BSK (18 mg/l), CHSK (60 mg/l), NL (20 mg/l), RAS (600 mg/l), N anorg. (30 mg/l), N-NH4 (7mg/l), Pcelk. (3 mg/l), AOX (0,1 mg/l), NEL (0,5 mg/l)

Limity(prům):

Limity (M) : BSK (35mg/l), CHSK (90mg/l), NL (40 mg/l), RAS (800 mg/l), N anorg. Nestanov. , N-NH4 (15mg/l), Pcelk. (4 mg/l), AOX nestanov., NEL nestanov.

Četnost : 6x

SUMAR			pH	CHSKcr	BSK5-n	NL	RAS	N-NH4	N-anorg	Pcelk	AOX	NEL
<i>počet</i>			11	11	11	11	11	11	11	11	10	9
<i>průměr</i>			7,43	21,00	5,00	6,00	261,18	0,84	13,74	1,15	<25,0	0,22
<i>minimum</i>			7,10	<15,0	<3,00	<5,00	172	<0,200	6,89	0,260	<25,0	0,060
<i>maximum</i>			7,80	49,00	17,00	6,00	422,00	1,30	24,90	3,55	<25,0	0,51
datum odběru	důvod odběru	typ vz.	pH	CHSKcr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-anorg mg/l	Pcelk mg/l	AOX µg/l	NEL mg/l
8.1.2007	TD	J(b)	7,1	16	3	<5	172	<0,20	10,6	0,94	<25,0	<0,100
12.2.2007	UP	J(b)	7,4	16	3	<5	189	<0,20	9,01	0,60	<25,0	-
12.3.2007	TD	J(b)	7,2	17	3	<5	216	1,30	10,4	0,82	<25,0	0,06
23.4.2007	TD	J(b)	7,4	16	3	6	335	0,71	17,4	3,55	<25,0	0,14
9.7.2007	TD	J(b)	7,5	17	3	6	258	<0,20	18,8	1,79	<25,0	0,16
6.8.2007	UP	J(b)	7,5	16	3	<5	358	0,50	24,9	1,82	<25,0	-
23.9.2007	TD	J(b)	7,6	<15	<3	<5	422	<0,20	22,9	1,46	<25,0	0,51
19.11.2007	RO	J(b)	7,1	<15	<3	<5	225	<0,20	10,5	0,46	<25,0	<0,100
20.11.2007	TD	J(b)	7,7	<15	<3	<5	245	<0,20	11,1	0,46	<25,0	<0,100
26.11.2007	RO	J(b)	7,4	<15	<3	<5	221	<0,20	8,59	0,46	-	<0,100
3.12.2007	TD	J(b)	7,8	49	17	<5	232	<0,20	6,89	0,26	<25,0	<0,100
Bilance (t/rok)			-	154,702	3,68	44,20	1924,10	6,16	101,19	8,45	-	-

Q 2007 - 736678 m3

J(b) sléváný 24 hod po 2 hod, ze stejných objemů

PR provozní
TD pro úplaty, rozhodnutí, vyhlášku
UP pro úplaty
RO pro rozhodnutí

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2008, přítok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

Útvar kontroly jakosti

Přítkovská 1689, Teplice

vyhotoveno : 15.1.2009

Lomnice n.Popelkou,ČOV přítok za česlemi

Limity (P) :

Limity(prům):

Limity (M) :

Četnost :

SUMÁŘ			T	pH	CHSK-Cr	BSK5-n	CHSK:BS	NL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk
počet			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
průměr			8,43	7,48	204	69,5	3,10	87,5	446	343	30,5	0,123	0,205	30,9	38,5	5,29
minimum			3,10	7,30	46,0	12,0	2,15	19,0	233	164	10,5	<0,040	<0,100	13,1	25,3	1,86
maximum			16,4	7,70	353	120	4,11	264	563	470	49,4	0,983	1,64	49,5	62,3	10,3
datum odběru	důvod odběru	typ vz.	T °C	pH	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	CHSK:BS	NL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l
15.1.2008	PV	J(b)	3,8	7,3	157	60	2,62	69	365	282	27,0	<0,040	<0,100	27,1	32,0	4,19
16.3.2008	PV	J(b)	5,8	7,4	46	12	3,83	19	233	164	10,5	0,983	1,64	13,1	25,3	1,86
26.5.2008	PV	J(b)	9,8	7,3	148	36	4,11	46	382	298	24,0	<0,040	<0,100	24,1	30,9	4,10
29.6.2008	PV	J(b)	16,4	7,5	172	80	2,15	45	437	343	31,2	<0,040	<0,100	31,3	38,4	5,26
21.9.2008	PV	J(b)	11,0	7,5	291	98	2,97	108	563	427	49,4	<0,040	<0,100	49,5	62,3	10,3
19.10.2008	PV	J(b)	8,3	7,6	236	77	3,06	64	559	470	38,6	<0,040	<0,100	38,7	43,4	4,95
2.11.2008	PV	J(b)	9,2	7,7	226	73	3,10	85	472	379	37,1	<0,040	<0,100	37,2	41,3	5,03
7.12.2008	PV	J(b)	3,1	7,5	353	120	2,94	264	554	380	25,8	<0,040	<0,100	25,9	34,0	6,63
Bilance (t/rok)					126,78	43,19		54,38	277,17	213,16	18,95	0,08	0,13	19,20	23,93	3,29

Q 2008 - 621 461 m3

J(b) slévaný 24 hod po 2 hod, ze stejných objemů

PV pro vyhlášku

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2008, odtok

Lomnice n.Popelkou,ČOV odtok

Limity (P) : N-NH4 (10 mg/l), BSK5-n (20 mg/l), BSK5 (20 mg/l), NL (20 mg/l), CHSK-Cr (90 mg/l)

Limity(prům):

Limity (M) : CHSK-Cr (130 mg/l), NL (40 mg/l), BSK5 (40 mg/l), BSK5-n (40 mg/l), N-NH4 (20 mg/l)

Četnost : 12x

SUMÁŘ		CHSK-Cr	BSK5-n	CHSK:BS	NL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk	Cd	Hg	AOX	AOX-nef	NEL	C10-C40
počet		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	1
průměr		15,3	2,42	4,25	0,500	485	357	1,39	0,029	17,2	18,7	21,1	1,96	0,000	0,000	25,0	38,4	0,709	0,480
minimum		<15,0	<3,00	<5,00	<5,00	297	212	<0,200	<0,040	4,45	11,9	12,8	0,990	<0,005	<0,500	<25,0	<25,0	<0,100	0,480
maximum		32,0	5,00	7,67	6,00	719	574	7,40	0,170	30,8	30,9	33,1	4,34	<0,005	<0,500	80,0	136	3,80	0,480
datum odběru	důvod typ odběru	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	CHSK:BS	NL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l	Cd mg/l	Hg µg/l	AOX µg/l	AOX-nef µg/l	NEL mg/l	C10-C40 mg/l
15.1.2008	TD J(b)	<15	<3	<5,00	<5	533	333	0,22	<0,040	24,8	25,0	27,9	1,50	<0,0050	<0,50	25,0	27,0	1,52	
24.2.2008	TD J(b)	<15	<3	<5,00	<5	416	273	<0,20	<0,040	16,4	16,5	19,9	1,07	<0,0050	<0,50	25,0	29,0	0,28	
16.3.2008	TD J(b)	16	3	5,33	<5	321	220	5,14	0,057	7,79	13,0	14,8	1,32	<0,0050	<0,50	<25,0		46,0	0,58
6.4.2008	TD J(b)	<15	<3	<5,00	<5	297	212	7,40	0,070	4,45	11,9	12,8	0,99	<0,0050	<0,50	25,0	33,0	nestanove	
26.5.2008	TD J(b)	<15	<3	<5,00	<5	403	297	0,94	0,170	12,5	13,6	15,1	1,08	<0,0050	<0,50	41,0	32,0	<0,100	
16.6.2008	TD J(b)	20	3	6,67	<5	473	382	2,96	0,047	10,8	13,8	16,5	2,10	<0,0050	<0,50	32,0	32,0	0,19	
29.6.2008	TD J(b)	23	3	7,67	<5	484	389	<0,20	<0,040	14,4	14,5	18,1	1,85	<0,0050	<0,50	40,0	136,0	3,80	
10.8.2008	TD J(b)	32	5	6,40	<5	719	574	<0,20	<0,040	24,9	25,0	25,4	2,55	<0,0050	<0,50	<25,0	<25,0	0,14	
21.9.2008	TD J(b)	25	4	6,25	<5	718	553	<0,20	<0,040	30,8	30,9	33,1	4,34	<0,0050	<0,50	80,0	53,0	0,25	
19.10.2008	TD J(b)	23	4	5,75	<5	557	434	<0,20	<0,040	22,6	22,7	23,6	2,93	<0,0050	<0,50	<25,0	44,0	0,14	
2.11.2008	TD J(b)	25	4	6,25	<5	487	345	<0,20	<0,040	20,1	20,2	25,9	2,23	<0,0050	<0,50	31,7	29,0	0,19	
7.12.2008	TD J(b)	20	3	6,67	6	410	276	<0,20	<0,040	16,9	17,0	19,6	1,52	<0,0050	<0,50	<25,0	<25,0		0,48
Bilance (t/rok)		9,51	1,50		0,31	301,41	221,86	0,86	0,02	10,69	11,62	13,11	1,22	0,00	0,00	15,54	23,86	0,44	0,30

Q 2008 - 621 461 m3

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2009, přítok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

Útvar kontroly jakosti
Přítkovská 1689, Teplice

vyhotoveno : 29.12.2009

Lomnice n.Popelkou,ČOV přítok za česlemi

Limity (P) :

Limity(prům):

Limity (M) :

Četnost :

SUMAR			T	pH	CHSK-Cr	BSK5-n	CHSK:BS	NL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk
<i>počet</i>			7	7	7	7	2	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<i>průměr</i>			9,84	7,40	145	48,1	3,21	93,7	423	321	19,1	0,182	1,58	20,9	24,1	3,69
<i>minimum</i>			4,20	7,10	55,0	16,0	2,86	39,0	256	188	3,97	<0,040	<0,100	8,88	11,2	0,750
<i>maximum</i>			14,3	7,90	400	140	3,56	143	622	484	54,9	0,600	4,82	55,0	56,4	6,52
datum odběru	důvod odběru	typ vz.	T °C	pH	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	CHSK:BS	NL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l
19.1.2009	PV	A	4,8	7,3	400	140	2,86	136	612	484	54,9	<0,040	<0,100	55,0	56,4	6,52
9.3.2009	PV	J(b)	4,2	7,3	57	16	3,56	143	282	188	3,97	0,091	4,82	8,88	11,2	0,75
11.5.2009	PV	J(b)	11,4	7,3	129	38		61	390	304	17,5	<0,040	<0,100	17,6	20,7	3,37
12.7.2009	PV	J(b)	13,3	7,9	55	16		39	359	303	18,3	0,600	<0,100	19,0	23,6	2,82
31.8.2009	PV	J(b)	14,3	7,4	119	34		114	622	434	11,5	0,074	4,38	16,0	20,8	4,44
11.10.2009	PV	J(b)	12,6	7,1	65	18		51	256	188	7,70	0,173	1,85	9,72	14,7	4,48
8.11.2009	PV	J(b)	8,3	7,5	191	75		112	438	344	19,6	0,333	<0,100	20,0	21,6	3,44
Bilance (t/rok)					79,2	26,3		51,2	231,1	175,4	10,4	0,1	0,9	11,4	13,2	2,0
Q 2009 -			546 444	m3												

J(b) slévaný 24 hod po 2 hod, ze stejných objemů

PV pro vyhlášku

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2009, odtok

Lomnice n.Popelkou,ČOV odtok

Limity (P) : CHSK-Cr (120 mg/l), NL (30 mg/l), BSK5-n (25 mg/l), N-NH4 (15 mg/l)

Limity(prům):

Limity (M) : CHSK-Cr (170 mg/l), NL (60 mg/l), BSK5-n (50 mg/l), N-NH4 (30 mg/l)

Četnost : 12x

SUMAR		T	pH	CHSK-Cr	BSK5-n	CHSK:BSNL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk	Cd	Hg	AOX	AOX-nef	
počet		13	13	13	13	3	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
průměr		10,6	7,24	21,5	3,62	5,75	3,00	523	367	1,24	0,038	21,3	22,6	24,7	2,09	0,000	0,000	20,5	55,2
minimum		3,90	7,00	18,0	3,00	5,50	<5,00	264	155	<0,200	<0,040	7,24	7,36	9,80	0,280	<0,000	<0,500	<25,0	<25,0
maximum		18,9	7,80	27,0	5,00	6,00	13,0	829	671	6,08	0,125	34,9	35,0	36,9	3,18	<0,005	<0,500	53,0	243
datum odběru	dův. typ odb. vz.	T °C	pH	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	CHSK:BSNL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l	Cd mg/l	Hg µg/l	AOX µg/l	AOX-nef µg/l	
19.1.2009	TD2 A	5,1	7,1	23	4	5,75	<5	829	671	4,64	0,070	20,3	25,0	24,8	1,07	<0,0050	<0,50	<25,0	<25,0
17.2.2009	TD1 J(b)	3,9	7,3	22	4	5,50	<5	731	574	6,08	0,098	23,2	29,4	33,1	2,23	<0,0050	<0,50	33,0	34,0
9.3.2009	TD1 J(b)	4,4	7,3	18	3	6,00	6	264	155	<0,20	<0,040	7,24	7,36	9,8	0,28	<0,0050	<0,50	26,0	<25,0
14.4.2009	TD2 J(b)	13,6	7,0	23	4		7	402	265	1,82	0,086	14,9	16,8	18,4	1,99	<0,0050	<0,50	32,0	59,0
11.5.2009	TD1 J(b)	11,5	7,1	22	4		13	323	250	3,57	0,125	7,52	11,2	16,0	2,13	<0,0050	<0,50	26,0	27,0
24.5.2009	TD1 J(b)	11,8	7,0	19	3	<5		490	329	<0,20	<0,040	16,7	16,8	18,7	1,71	<0,0050	<0,50	<25,0	27,0
7.6.2009	TD1 J(b)	11,7	7,2	18	3	<5		494	323	<0,20	0,070	20,8	21,0	26,8	2,84	<0,0050	<0,50	<25,0	25,0
12.7.2009	TD2 J(b)	13,8	7,1	26	4	<5		356	236	<0,20	<0,040	16,3	16,4	16,5	1,97	<0,0050	<0,50	<25,0	<25,0
10.8.2009	TD1 J(b)	18,9	7,3	19	3	<5		535	413	<0,20	<0,040	25,3	25,4	26,5	2,81	<0,0050	<0,50	53,0	30,0
31.8.2009	TD1 J(b)	14,6	7,4	27	5	<5		684	420	<0,20	0,040	34,7	34,8	36,0	3,18	<0,0001	<0,50	33,0	187,0
11.10.2009	TD2 J(b)	12,7	7,0	19	3	<5		576	385	<0,20	<0,040	28,2	28,3	28,6	2,06	<0,0050	<0,50	30,0	42,0
8.11.2009	TD1 J(b)	8,1	7,5	18	3		13	475	306	<0,20	<0,040	26,2	26,3	28,4	2,32	<0,0050	<0,50	34,0	43,0
29.11.2009	TD1 J(b)	7,8	7,8	25	4	<5		640	440	<0,20	<0,040	34,9	35,0	36,9	2,57	<0,0050	<0,50	<25,0	243,0
Bilance (t/rok)																			
Q 2009 - 546 444 m3																			

- A bodový
 J(b) slévany 24 hod po 2 hod, ze stejných objemů
- TD2 pro úplaty, rozhodnutí, vyhlášku 2
 TD1 pro úplaty, rozhodnutí, vyhlášku 1

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2010, přítok

Lomnice n.Popelkou,ČOV přítok za česlemi

SUMAR			pH	CHSK-Cr	BSK5-n	NL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk
<i>počet</i>			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<i>průměr</i>			7,56	246	95,3	126	411	295	21,4	0,181	1,17	22,8	31,4	5,38
<i>minimum</i>			7,30	72,0	20,0	28,0	312	238	6,75	<0,040	<0,100	8,35	10,6	1,67
<i>maximum</i>			7,90	431	220	282	506	378	38,5	0,331	3,37	38,8	49,6	9,09
datum odběru	důvod odběru	typ vz.	pH	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l
11.1.2010	PV	J(b)	7,9	205	59	126	450	238	21,0	0,193	1,39	22,6	27,5	3,83
15.2.2010	PV	J(b)	7,4	388	170	156	474	352	38,5	0,192	0,130	38,8	49,6	7,57
8.3.2010	PV	J(b)	7,4	431	220	282	426	290	19,3	0,196	3,37	22,9	36,8	9,09
3.5.2010	PV	J(b)	7,9	269	94	104	506	378	33,9	<0,040	<0,100	34,0	44,1	7,03
20.7.2010	PV	J(b)	7,4	274	96	152	454	353	12,8	<0,040	<0,100	12,9	28,3	4,47
6.9.2010	PV	J(b)	7,3	195	53	74	344	246	20,6	0,331	0,407	21,3	23,6	3,94
4.10.2010	PV	J(b)	7,5	72	20	28	322	251	6,75	0,306	1,29	8,35	10,6	1,67
14.11.2010	PV	J(b)	7,7	136	50	89	312	250	18,3	0,230	2,75	21,3	30,6	5,40
Bilance (t/rok)				154,8	60,0	79,3	258,7	185,7	13,5	0,1	0,7	14,4	19,8	3,4
Q 2010 - 629 435 m3														

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2010, odtok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.
Útvar kontroly jakosti
Přítkovská 1689, Teplice

vyhotoveno : 18.1.2011

Lomnice n.Popelkou, ČOV odtok

Limity (P) : CHSK-Cr (120 mg/l), NL (33 mg/l), BSK5-n (25 mg/l)

Limity(průr) Pcelk (3 mg/l), N-NH4 (15 mg/l)

Limity (M) : CHSK-Cr (170 mg/l), NL (60 mg/l), BSK5-n (50 mg/l), Pcelk (8 mg/l), N-NH4 (30 mg/l)

Četnost : 12x

SUMAR		pH	CHSK-Cr	BSK5-n	NL	RL	RAS	N-NH4	N-NO2	N-NO3	N-anorg	N-celk	Pcelk	Cd	Hg	AOX-filtr	AOX-nef	C10-C4	
počet		22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	14	14	14	14	4	
průměr		7,27	25,4	4,18	3,55	430	302	2,41	0,326	12,7	15,5	17,0	2,02	0,0	0,0	53,9	67,3	0,158	
minimum		6,70	<15,0	<3,00	<5,00	293	140	<0,200	<0,040	2,92	9,32	10,4	0,620	<0,005	<0,500	<25,0	34,0	0,090	
maximum		7,80	46,0	10,0	12,0	633	513	14,6	1,56	22,4	28,8	33,0	4,60	<0,005	<0,500	126	147	0,320	
datum odběru	důvod typ vz.	pH	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO2 mg/l	N-NO3 mg/l	N-anorg mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l	Cd mg/l	Hg ug/l	AOX-filtr ug/l	AOX-nef ug/l	C10-C4 mg/l	
11.1.2010	TD1 J(b)	7,8	32	5	10	500	375	10,4	0,054	12,1	22,6	27,9	1,62	<0,0050	<0,50	<25,0	34,0		
22.2.2010	TD1 J(b)	6,7	42	6	12	633	483	14,6	1,56	8,54	24,7	24,9	4,60	<0,0050	<0,50	125,9	112,3		
8.3.2010	TD2 J(b)	7,0	35	10	9	352	265	9,40	0,989	2,92	13,3	14,4	2,07	<0,0050	<0,50	45,2	50,2	0,32	
24.3.2010	RO J(b)	7,1	27	5	<5	293	140	1,43	0,541	11,7	13,7	18,6	0,63						
5.4.2010	RO J(b)	7,0	16	3	<5	311	199	<0,20	0,066	11,0	11,2	11,6	1,01						
19.4.2010	TD1 J(b)	7,2	28	4	<5	424	267	2,56	0,182	12,3	15,0	17,9	2,06	<0,0050	<0,50	101,2	104,4		
3.5.2010	TD2 J(b)	7,3	28	5	5	397	283	4,89	0,301	10,2	15,4	16,2	1,98	<0,0050	<0,50	84,7	100,3	0,11	
17.5.2010	TD1 J(b)	7,2	21	<3	5	381	263	<0,20	<0,040	13,8	13,9	14,0	2,24	<0,0050	<0,50	48,7	55,9		
13.6.2010	TD1 J(b)	7,5	19	4	<5	398	232	<0,20	0,061	12,9	13,1	13,9	1,88	<0,0050	<0,50	60,3	68,3		
27.6.2010	RO J(b)	7,1	<15	<3	6	449	310	<0,20	<0,040	13,1	13,2	15,4	2,93						
13.7.2010	TD1 J(b)	7,3	40	6	7	600	513	<0,20	0,080	21,6	21,8	22,7	3,31	<0,0050	<0,50	62,9	146,7		
20.7.2010	RO J(b)	7,4	46	6	7	625	496	5,34	1,09	22,4	28,8	33,0	3,41						
1.8.2010	TD2 J(b)	7,4	22	5	<5	568	333	<0,20	<0,040	15,1	15,2	17,0	2,76	<0,0050	<0,50	39,7	48,5	0,11	
16.8.2010	RO J(b)	7,1	34	5	7	428	239	0,77	0,372	15,0	16,1	16,4	0,62						
6.9.2010	TD1 J(b)	7,2	22	4	<5	408	291	1,34	0,181	12,5	14,0	14,8	2,04	<0,0050	<0,50	30,1	38,4		
19.9.2010	RO J(b)	7,4	15	4	<5	396	246	<0,20	<0,040	15,6	15,7	16,1	2,11						
4.10.2010	TD1 J(b)	7,4	26	5	10	318	231	0,27	0,974	11,4	12,6	12,6	1,13	<0,0050	<0,50	27,6	43,2		
17.10.2010	RO J(b)	7,4	24	3	<5	396	303	<0,20	0,125	11,5	11,7	13,2	1,71						
31.10.2010	RO J(b)	7,4	22	4	<5	487	373	0,68	0,139	17,3	18,1	18,8	2,99						
14.11.2010	TD1 J(b)	7,8	18	3	<5	301	224	0,41	0,121	11,2	11,7	12,8	1,35	<0,0050	<0,50	34,6	40,0		
28.11.2010	TD1 J(b)	7,4	17	<3	<5	330	245	0,29	0,125	8,90	9,32	10,4	1,07	<0,0050	<0,50	51,1	50,6		
12.12.2010	TD2 J(b)	6,9	25	5	<5	464	337	0,71	0,200	8,81	9,72	10,7	0,84	<0,0050	<0,50	43,0	49,9	0,09	
Bilance (t/rok)				16,0	2,6	2,2	270,7	190,1	1,5	0,2	8,0	9,8	10,7	1,3	0,0	0,0	33,9	42,4	0,1
Q 2010 - 629 435 m3																			

TD2 pro úplaty, rozhodnutí, vyhlášku 2
TD1 pro úplaty, rozhodnutí, vyhlášku 1
RO pro rozhodnutí

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2011, přítok

Lomnice n.Popelkou,ČOV přítok za česlemi

Limity (P) :

Limity(prům):

Limity (M) :

Četnost :

SUMÁŘ	CHSK-Cr	BSK5-n	NL	RAS	N-NH4	N-NO3	N-celk	Pcelk
<i>počet</i>	11	11	11	11	11	11	11	11
<i>průměr</i>	220	72,1	121	277	22,0	0,93	32,6	4,69
<i>minimum</i>	126	48,0	30,0	107	12,2	<0,100	16,8	2,77
<i>maximum</i>	292	98,0	304	394	33,5	4,22	73,9	7,05
datum odběru	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l
24.1.2011	167	48	74	318	12,2	3,21	16,8	3,80
30.1.2011	126	55	46	246	18,7	1,55	23,3	2,79
2.3.2011	242	83	130	296	18,5	0,695	26,9	4,77
28.3.2011	185	61	98	301	24,9	<0,100	29,0	4,35
15.5.2011	181	69	80	297	26,5	0,522	37,8	4,40
6.6.2011	272	61	304	248	22,7	<0,100	27,2	7,05
4.9.2011	248	79	152	342	24,0	<0,100	34,6	5,33
18.9.2011	238	85	202	107	19,1	<0,100	22,7	2,77
2.10.2011	292	95	30	394	33,5	<0,100	73,9	6,60
14.11.2011	264	98	113	312	25,3	<0,100	38,4	5,57
5.12.2011	207	59	98	186	16,3	4,22	28,3	4,15

(Zdroj: SčVaK)

Rok 2011, odtok

Severočeské vodovody a kanalizace a.s. Útvar kontroly jakosti Přítkovská 1689, Teplice

vyhotoveno : 8.1.2012

Lomnice n.Popelkou, ČOV odtok

Limity (P) : CHSK-Cr (120 mg/l), NL (33 mg/l), BSK5-n (25 mg/l)

Limity(prům) Pcelk (3 mg/l), N-NH4 (15 mg/l)

Limity (M) : CHSK-Cr (170 mg/l), NL (60 mg/l), BSK5-n (50 mg/l), Pcelk (8 mg/l), N-NH4 (30 mg/l)

Četnost : 12x

SUMÁŘ	CHSK-Cr	BSK5-n	NL	RAS	N-NH4	N-NO3	N-celk	Pcelk	AOX-nef	C10-C40
počet	21	21	21	21	21	21	21	21	14	4
průměr	13,1	1,67	0,429	275	1,01	11,8	15,2	2,26	46,0	0,315
minimum	<15,0	<3,00	<5,00	136	<0,200	4,99	5,60	0,840	<25,0	0,150
maximum	38,0	6,00	9,00	381	5,40	22,2	25,6	3,90	83,7	0,700
datum odběru	CHSK-Cr mg/l	BSK5-n mg/l	NL mg/l	RAS mg/l	N-NH4 mg/l	N-NO3 mg/l	N-celk mg/l	Pcelk mg/l	AOX-nef µg/l	C10-C40 mg/l
3.1.2011	<15		3<5		350	2,43	13,8	18,1	1,98	
24.1.2011	<15		3<5		264	1,82	12,4	15,1	1,52	46,8
30.1.2011	<15		3<5		223	<0,20	14,0	14,5	1,89	<25,0
14.2.2011	<15	<3	<5		249	2,43	13,2	15,9	1,19	
2.3.2011		28	4<5		370	2,29	22,2	25,6	2,23	34,5
21.3.2011	<15	<3	<5		136	1,98	8,36	14,7	0,94	
28.3.2011		19<3	<5		322	5,40	11,6	18,4	1,72	35,9
11.4.2011		33	6<5		381	3,01	9,34	15,4	2,54	
15.5.2011		17<3	<5		247	<0,20	10,2	15,5	2,84	58,7
22.5.2011		24	3<5		326	<0,20	9,49	12,1	2,89	83,7
6.6.2011	<15	<3	<5		207	<0,20	6,71	9,0	3,88	43,2
19.6.2011		38	5<5		198	<0,20	9,17	9,9	1,87	33,6
10.7.2011		17	3	9	253	<0,20	10,9	12,7	2,03	39,1
25.7.2011		18	5<5		254	1,85	10,6	16,1	1,41	
8.8.2011		22<3	<5		288	<0,20	13,6	16,3	2,37	81,1
21.8.2011	<15	<3	<5		321	<0,20	13,6	16,4	2,49	
4.9.2011	<15	<3	<5		356	<0,20	10,1	15,5	3,67	52,9
18.9.2011	<15	<3	<5		148	<0,20	4,99	5,6	1,62	
2.10.2011		23<3	<5		371	<0,20	15,3	19,4	3,90	57,0
14.11.2011		21<3	<5		349	<0,20	16,0	18,9	3,67	40,5
5.12.2011		15<3	<5		160	<0,20	11,4	14,0	0,84	36,8

(Zdroj: SčVaK)