

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE

# **ZMĚNA KVALITY VODY V MALÝCH POVODÍCH PO POSTAVENÍ ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD**

Disertační práce

**Sylva Rödlová**

Školitel disertační práce: doc. RNDr. Jakub Langhammer, Ph. D

Konzultanti: Prof. Dr. rer. nat. habil. Ankea Siegl, HTW Dresden

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc., JČÚ České Budějovice

Prahlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury, informací a dat

Práce, ani její část nebyla předložena k získání akademického titulu.

Sylva Rödlová

Práce byla vytištěna oboustranně na inkoustové tiskárně Epson stylus Photo R 220 na papíře 4CC 120 g/m<sup>2</sup> s certifikací ECF (Elementary chlorine free), Nordic Environmental Label (Printing paper low emissions during production) a FSC (Forest Stewardship Council – Mixed Sources – Product group from well-managed forests and other controlled sources).

Mé upřímné poděkování patří mému školiteli, doc. RNDr. Jakubovi Langhammerovi, Ph. D. za odborné vedení, trpělivost a důvěru. Prof. Anke Siegl děkuji za cenné rady a rozšíření obzorů. Marianovi Rybářovi děkuji za permanentní statistické konzultace a celé své rodině děkuji za veškerou pomoc a stálou podporu.

Velmi Vám všem děkuji.

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod a cíle práce</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Materiál a metody</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Aktuální problémy kvality povrchových vod</i>	3
2.1.1	Faktory ovlivňující znečišťování povrchových vod	3
2.1.1.1	Podíl plošných zdrojů na znečištění	3
2.1.1.2	Zemědělské znečištění	5
2.1.1.3	Zdroje a transport dusíku a fosforu	6
2.1.2	Změny kvality vody v EU a ČR	7
2.1.2.1	Organické znečištění	8
2.1.2.2	Dusík	9
2.1.2.3	Fosfor	11
2.1.3	Vývoj kvality vody v malých povodích	13
2.1.4	Čištění odpadních vod v malých povodích	16
2.1.3.1	Čistírny odpadních vod	16
2.1.4.2	Vývoj čištění odpadních vod v Evropě	18
2.1.4.3	Vývoj čištění odpadních vod v ČR	21
2.2	<i>Metodika řešení</i>	24
2.2.1	Použitá data	24
2.2.2	Metody zpracování a hodnocení	26
2.2.2.1	Metodika výběru lokalit	26
2.2.2.2	Výběr indikátorů	27
2.2.2.3	Metodika odběrů a analýz vzorků	28
2.2.2.4	Statistické zpracování a hodnocení	29
2.2.3	Modelová povodí	31
2.2.3.1	Prušánka, Čejkovice	31
2.2.3.2	Černošinský potok, Černošín	32
2.2.3.3	Bousovský potok, Dolní Bousov	33
2.2.3.4	Třebonínský potok, Dolní Třebonín	34
2.2.3.5	Modřejka, Tochovice	35
<b>3</b>	<b>Výsledky</b>	<b>37</b>
3.1	<i>Změny kvality vody v modelových povodích</i>	37
3.1.1	Čejkovice	37
3.1.2	Černošín	60
3.1.3	Dolní Bousov	81
3.1.4	Dolní Třebonín	103
3.1.5	Tochovice	127
3.2	<i>Trendy změn kvality vody v modelových povodích ve vazbě na ovlivňující faktory</i>	148
3.3	<i>Kvalita vody ve vybraných povodích a srovnání s hodnocením malých vodních toků v ČR</i>	158
3.3.1	Ukazatele organického znečištění	158
3.3.2	Ukazatele dusíku	160
3.3.3	Ukazatele fosforu	160

<b>4</b>	<b>Diskuse</b>	<b>163</b>
4.1	<i>Hlavní změny kvality vody v recipientu po postavení čistírny</i>	163
4.1.1	Snížení zátěže po zprovoznění ČOV	164
4.1.2	Stagnace hodnot, minimální snížení některých hodnot	165
4.1.3	Mírný nárůst zátěže	166
4.1.4	Výrazné zvýšení hodnot před spuštěním zátěže	167
4.2	<i>Shrnutí</i>	167
<b>5</b>	<b>Závěr</b>	<b>169</b>
<b>6</b>	<b>Seznam literatury</b>	<b>173</b>
	Seznam obrázků	179
	Seznam tabulek	182

# 1 Úvod a cíle práce

Zájem o vodu a o disciplíny vodou se zabývající ve světě stoupá. Příčinou je zejména její potřeba pro nejrůznější účely, stále častěji se ale důvodem zájmu stává její nedostatek, ať již reálný, či jen předpokládaný. Přes známé problémy byly řeky v minulosti chápány jako samozřejmá transportní cesta k odstranění nežádoucího odpadu, lidské aktivity tak způsobily velké změny v hydrologickém režimu a v pohybu nutrientů v povodí (Kuusements, Mander, 2002).

V minulých desetiletích byla tato skutečnost přehodnocena, průmyslové i komunální odpadní vody byly stále více čištěny a postupně byly vyvíjeny metody pro sledování kvality vody a snižování její zátěže. Indikace znečištění se změnila (díky lepšími se měřícím a monitorovacím přístrojům) a byly určeny hraniční hodnoty jednotlivých znečišťujících látek. Byla zavedena opatření chránící povrchovou i podzemní vodu před některými typy znečištění. Stále však existují problémy, nejvíce v souvislosti s nadměrným přísunem organických látek a nutrientů ze zemědělství a nedostatečně čištěných odpadních vod.

Tato práce se zabývá specifickým a vysoce aktuálním problémem v oblasti znečištění povrchových vod, který představuje obtížné omezování znečištění organickými látkami a nutrieny v malých povodích. Nové poznatky z podrobného monitoringu změn kvality vody v malých povodích ukazují, že výstavba čistíren odpadních vod v obcích u malých vodních toků nemusí vyústit ve snížení koncentrací znečišťujících látek v recipientu. Disertační práce se věnuje analýze charakteristických projevů změn kvality vody v malých povodích, kde došlo k výstavbě čistírny odpadních vod, typologii charakteristických trendů vývoje kvality vody po výstavbě ČOV a interpretaci faktorů, které stojí za rozdílným charakterem změn.

Jako cíle této práce byly definovány dva následující úkoly:

1. Zhodnocení kvality vody ve vybraných, velmi malých, navzájem si podobných zemědělských povodích vzhledem k výstavbě a provozu čistírny odpadních vod
2. Nalezení podobností a zhodnocení hlavních změn kvality vody nastalých po uvedení čistírny odpadních vod do provozu

# 1 Úvod a cíle práce

Zájem o vodu a o disciplíny vodou se zabývající ve světě stoupá. Příčinou je zejména její potřeba pro nejrůznější účely, stále častěji se ale důvodem zájmu stává její nedostatek, ať již reálný, či jen předpokládaný. Přes známé problémy byly řeky v minulosti chápány jako samozřejmá transportní cesta k odstranění nežádoucího odpadu, lidské aktivity tak způsobily velké změny v hydrologickém režimu a v pohybu nutrientů v povodí (Kuusements, Mander, 2002).

V minulých desetiletích byla tato skutečnost přehodnocena, průmyslové i komunální odpadní vody byly stále více čištěny a postupně byly vyvíjeny metody pro sledování kvality vody a snižování její zátěže. Indikace znečištění se změnila (díky lepším se měřícím a monitorovacím přístrojům) a byly určeny hraniční hodnoty jednotlivých znečišťujících látek. Byla zavedena opatření chránící povrchovou i podzemní vodu před některými typy znečištění. Stále však existují problémy, nejvíce v souvislosti s nadměrným přísunem organických látek a nutrientů ze zemědělství a nedostatečně čištěných odpadních vod.

Tato práce se zabývá specifickým a vysoce aktuálním problémem v oblasti znečištění povrchových vod, který představuje obtížné omezování znečištění organickými látkami a nutrieny v malých povodích. Nové poznatky z podrobného monitoringu změn kvality vody v malých povodích ukazují, že výstavba čistíren odpadních vod v obcích u malých vodních toků nemusí vyústit ve snížení koncentrací znečišťujících látek v recipientu. Disertační práce se věnuje analýze charakteristických projevů změn kvality vody v malých povodích, kde došlo k výstavbě čistírny odpadních vod, typologii charakteristických trendů vývoje kvality vody po výstavbě ČOV a interpretaci faktorů, které stojí za rozdílným charakterem změn.

Jako cíle této práce byly definovány dva následující úkoly:

1. Zhodnocení kvality vody ve vybraných, velmi malých, navzájem si podobných zemědělských povodích vzhledem k výstavbě a provozu čistírny odpadních vod
2. Nalezení podobností a zhodnocení hlavních změn kvality vody nastalých po uvedení čistírny odpadních vod do provozu





## 2 Materiál a metody

### 2.1 Aktuální problémy kvality povrchových vod

#### 2.1.1 Faktory ovlivňující znečišťování povrchových vod

Při posuzování kvality vody, ale především při procesu plánování sanačních a preventivních opatření je klíčovou otázkou identifikace zdrojů polutantů a faktorů, ovlivňujících proces kontaminace povrchových vod a přenos znečišťujících látek. Primární je odlišení zdrojů přirozených a antropogenních (Svobodová, Máchová, Vykusová, 1992). Při úvahách o znečištění vod jsou však v drtivé většině případů zmiňovány spíše antropogenní zdroje. Dle většiny autorů (např. Carpenter et al., 1998) jsou definovány dva hlavní zdroje znečištění vod – bodové a plošné.

##### Bodové zdroje

Jsou charakteristické svou určitelností k samotnému původci (např. vyústění ČOV), jsou tedy většinou dobře definovatelné a zároveň díky jasnému vyústění i dobře kvantifikovatelné. Jedná se jak o zmíněné vyústění z ČOV, tak jednoduché kanalizační vývody bez čištění, ale také úniky z nevyhovujících zádržných systémů. Většinou bodové zdroje představují komunální odpadní vody a průmyslové odpadní vody. U koncentrací polutantů u komunálních odpadních vod záleží na velikosti sídla, z kterého pochází a vybavenosti obyvatelstva. Běžně se ale předpokládá, že charakteristika splaškových vod v ČR je následující: BSK<sub>5</sub> – 400 mg/l, CHSK<sub>Cr</sub> – 800 mg/l, N<sub>C</sub> – do 70 mg/l, P<sub>C</sub> – do 15 mg/l. Průmyslové odpadní vody jsou samozřejmě svým složením velmi závislé na druhu provozu, ze kterého pochází a předpokládá se u nich, že budou čištěny separátně speciálními postupy, i když ne vždy je to podmínkou. U některých typů je kromě běžných polutantů nutno sledovat také toxicitu.

##### Plošné zdroje

Plošné zdroje jsou většinou ovlivňovány velkým množstvím faktorů a zahrnují zejména vlivy člověka na landuse a jeho změny (Novotny, 1999). Většinou nemohou být zpětně identifikovány jako zdroj jednoho původce, často jde o soubor procesů – např. voda z přívalových srážek, voda odtékající z městských ploch apod. (Shrestha, Kazama, Newham, 2008). Jako hlavní část těchto zdrojů však můžeme označit zemědělsky obdělávané půdy – a to především s rostlinnou výrobou. Díky postupnému snižování znečištění z bodových zdrojů představují plošné zdroje stále významnější složku celkové bilance znečištění povrchových vod. (Langhamer, 2002).

##### Difúzní zdroje

U některých autorů (zvláště v ČR a SR) se vyskytuje i tento třetí, přechodný typ znečištění, v anglické literatuře mají termíny „non-point source“ a „diffuse source“ význam plošného znečištění. Při definici zdroje jako difúzního záleží i na měřítku pohledu. Za difúzní zdroje znečištění jsou považovány rozptýlené bodové zdroje (komunální – např. horské samoty, či vývody OV z domů bez kanalizace, průmyslové i zemědělské), znečištění pocházející z dopravy výluhy ze skládek apod. (Langhammer, 1999). Typickým difúzním zdrojem je i zemědělská výroba (zvláště koncentrovaná intenzivní živočišná výroba, při které je potřeba nejen množství krmiv (např. z nevyhovujících silážních jam dochází k úniku velmi koncentrovaných silážních šťáv), ale které produkuje i značné množství organických opadů a odpadních vod. Většinou jsou vystopovatelné zpět k původci, někdy jim může chybět jedno vyústění, zaujímanou plochou mohou být většího rozsahu.

#### 2.1.1.1 Podíl plošných zdrojů na znečištění

Hodnocení a kvantifikace míry vlivu plošných zdrojů na znečištění tekoucích a stojatých vod naráží v praxi na řadu překážek. Zásadním problémem je nemožnost přímého změření (na rozdíl od bodových zdrojů) kvantity i kvality. Proto veškeré metody hodnocení

látkového odnosu z plošných zdrojů jsou metodami více či méně nepřímými. Protože ve světě ani u nás nejsou k dispozici přímá měření látkového odnosu z plochy povodí je nutné použít různé typy přepočtů.

Hejzlar (2002) poukazuje na dvě u nás nejvíce používané metody: aditivní a bilanční. Aditivní metoda počítá s procenty zastoupení různých typů ploch, které dává do vztahu s odnosovými koeficienty pro jednotlivé počítané látky. Ukázkou tohoto přístupu je např. hodnocení ploch s kritickými zdroji (Sharpley et al., 1994). Je to metoda založená na detailní analýze povodí, ve kterém jsou přírodní i antropogenní podmínky zahrnuty tak, aby determinovaly zdroje nutrientů na malé ploše. Pro tuto metodu doporučují často různí autoři (např. Rast, Lee, 1983) vypracovat regionální a lokálně specifické odnosové koeficienty. Bilanční metoda funguje na principu vzorce difúzní zdroj = látkový tok látky v závěrovém profilu povodí + retence této látky v tocích a nádržích – emise z bodových zdrojů – přímá atmosférická depozice na vodní hladiny. Langhammer (2002) doplňuje možné použitelné postupy o statistickou metodu a o metodu matematického modelování. Statistické metody použil např. Janský (1982), kdy využil vztahu koncentrací polutantu a průtoku recipientu. Ne ve všech případech je ale metoda spolehlivá.

Povrchové vody jsou ovlivňovány z mnoha zdrojů. Plošné zdroje jsou představovány z 90 % zemědělskými plochami a zemědělským ovlivněním (Feldwisch, Frede, 1999). Následující tabulka objasňuje jejich jednotlivé přínosy do tekoucích vod.

		Difúzní zdroje				Bodové zdroje		
N		460 tis. t (60%)				315 tis. t (40%)		
P		29 tis. t (50%)				29 tis. t (50%)		
Živiny v tis. t	srážky	zemědělství	drenážní voda	eroze	podzemní voda	Průmyslové OV	Použité dešťové vody	Komunální OV
N	20	20	45	45	330	60	20	235
%	3	3	6	6	42	7	3	30
P	1	7	1,5	18,5	1	6	6	17
%	2	12	3	31	2	10	10	30

Tab. č. 1: Podíl plošných a bodových zdrojů na znečištění povrchových vod (dle UBA, 1995)

Jako přírodní pozadí pro vnos prvků určují němečtí autoři (Brehm, Meijering, 1982; Sokollek et al., 1983) interval 0,05 – 0,1 kg P/ha/rok a 5 kg N/ha/rok, což má za následek (v závislosti na průtoku recipientu) koncentrace cca  $\leq 0,05$  mg P/l a 2,5 mg N/l (cca 10 mg NO<sub>3</sub>/l).

V českém povodí Labe se podíl plošných zdrojů na znečištění vody dusičnany a fosforem pohybuje mezi 70-80 %, což lze považovat spíše za dolní mez tohoto podílu (Behrnedt, Nesměrák, 1996). Původ 80 % dusíku v nádrži Švihov přisuzují Kronvang et al. (2005) také plošným zdrojům.

Podíl plošných zdrojů navíc stále roste úměrně klesajícímu objemu zátěže z přímých bodových zdrojů (Langhammer, 2002). Podle různých autorů na původ zdrojů se však značně různí – viz následující tabulka.

Zdroje	Straškrabová		Pitter
	přínos v %		
	celkově	Labe	celkově
Plošné a difúzní		49	75
Bodové	43-70		
Splaškové vody	<30	<20	17
Průmyslové zdroje	25-53	31	8

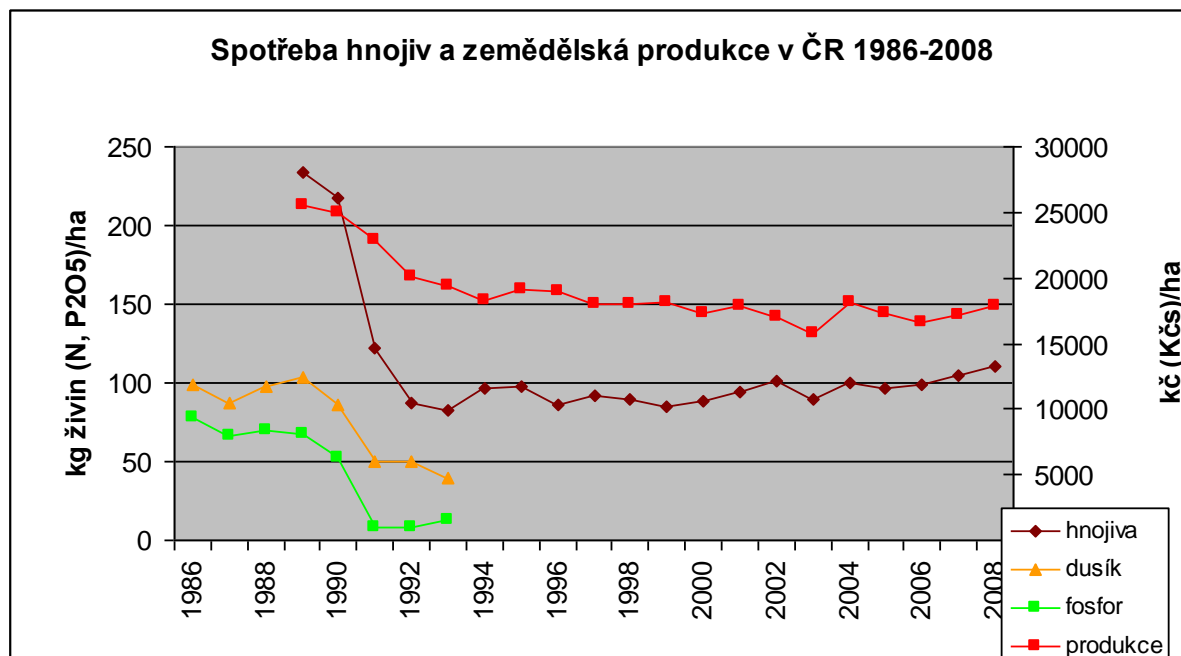
Tab. č. 2: Podíl zdrojů na znečištění povrchových vod dusíkem (dle Straškrabové (1995) a Pittera (2002))

Zvláště u určování podílu zdrojů v malých povodích se však mohou celkové statistiky velmi rozcházet s realitou malého území. Ovlivnění podílu je tak ovlivněno především využitím ploch v povodí a případnou velikostí sídla či sídel a způsob nakládání s odpadními vodami. Jedna z nejproblematictějších ploch na určení vnosu látek je zemědělské povodí, kde jsou změny nepředvídatelné a špatně kontrolovatelné (Kuusements, Mander, 2002). V mnoha malých povodích také mají zvýšený dopad i faktory, které jsou jinde zanedbatelné. Vytvoření univerzální typologie malých povodí, odhadující v detailním měřítku poměr vnosu polutantů z jednotlivých aktivit je proto málo pravděpodobné. Díky mnoha studiím lze však určit, že největšími zdroji znečištění v malých povodích jsou splachy ze zemědělských ploch a další zemědělské znečištění a nečištěné komunální vody.

### 2.1.1.2 Zemědělské znečištění

Úniky živin ze zemědělských ploch nelze zcela vyloučit, zemědělská praxe má však velký vliv na množství živin uvolněných do vodního prostředí. Za hlavní faktory ovlivňující uvolňování nutrientů je považován landuse a půdní pokryv (Sharpley et al., 1994, Pionke et al., 2000). Je důležité dbát rozdílů mezi dusíkem a fosforem. Odnos fosforu a dusíku je silně vázán na efektivitu využití těchto živin v zemědělské produkci. Isermann (1993) uvádí, že celková efektivita v zemědělství pro dusík je asi 30 %, u fosforu pak 50 %. Efektivitou je pak míněna míra zapojení dodaného prvku do konečného výrobku – u dusíku je tedy 70 % ztráta, u fosforu pak 50 %. Zvláště u využití hnojiv živočišného původu nedochází ke správnému načasování aplikace (vzhledem k fyziologické potřebě rostlin) ani k správnému dávkování těchto hnojiv (Wendland et al., 1993).

Od r. 1950 do 1978 se celkové dávky průmyslových hnojiv zvýšily více než osminásobně, u dusíkatých hnojiv došlo k nejprudším vzestupu – 10,9 x. (Janský, 1982). Po r. 1989 došlo naopak k výraznému poklesu, v posledních letech ale nastává opětovné zvyšování používání průmyslových hnojiv (viz následující obrázek):



Obr. č. 1: Spotřeba hnojiv (čistě živiny v kg/ha a N a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v kg N/ha) a zemědělská produkce v ČR v letech 1989 – 2008 (zdroj dat: ČSÚ, 2010; Buzek, 1995)

Ekonomická restrukturalizace devadesátých let měla obecně za následek snížení negativních dopadů na vodní prostředí, pokud však dojde k další intenzifikaci zemědělství, je pravděpodobné, že se tento pozitivní trend neudrží. (Langhammer, 2005). Dojde-li např. ke změně dotačního systému v živočišné výrobě, mohou se stavy hospodářských zvířat, snížené

po roce 1989 (viz obr. č. 2) opět zvýšit, což s sebou přinese negativní vliv na kvalitu vod zejména v malých zemědělských povodích.

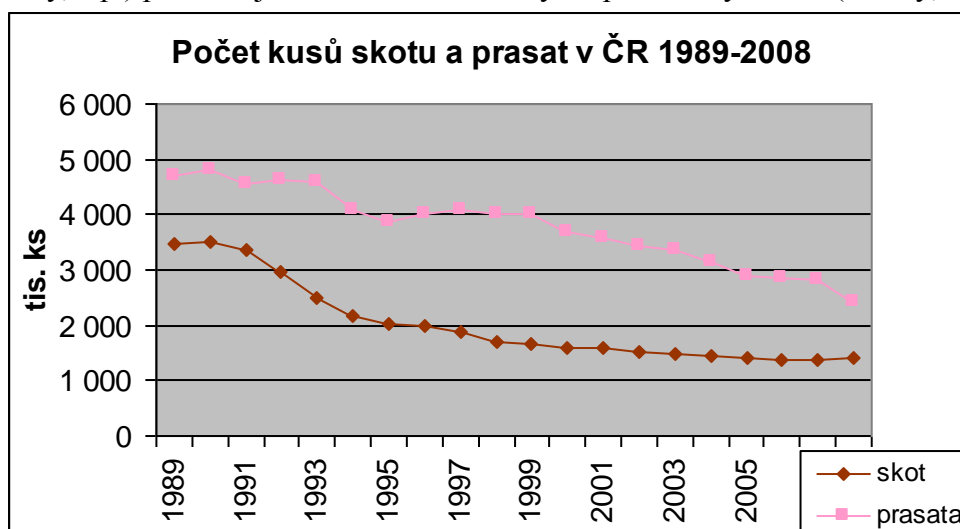
Odnos látek z povodí je územně velmi specifický a to i na velmi malém území. Nejvíce záleží na landuse, zemědělských praktikách, půdních podmínkách, reliéfu a hydrogeologických podmínkách. Landuse a zemědělské podmínky mají přímý dopad na ztrátu nutrientů. V podobných fyzikogeografických podmínkách se odtok dusíku a fosforu na malém území lišil až 10ti násobně v závislosti na zemědělské aktivitě a geomorfologii (Mander et al, 1998). I na velmi malém území (378 ha, povodí toku Vända, Estonsko), při stejných podmínkách hnojení se výluhy nutrientů velmi lišily – u dusíku od 18 do 233 kg /ha /rok a u P od 0,15 do 0.9 kg/ha/rok. V některých částech povodí navíc docházelo naopak i k retenci obou prvků. (Kuusements, Mander, 2002). Je tedy zřejmé, že místní podmínky jsou pro mobilitu živin velmi důležité. Zdroje a transport dusíku a fosforu v zemědělském prostředí

### 2.1.1.3 Zdroje a transport dusíku a fosforu

Dusík se převážně uvolňuje do vod z plošných zdrojů, převážně tedy ze zemědělských ploch a to erozí, melioracemi i přímým odtokem. Jeho vnos do podzemních vod ze zemědělských ploch je značný – děje se tak hlavně smýváním hnojiv (to platí i pro vnos do povrchových vod), vtokem silně znečištěných vod pocházejících z živočišné výroby a přítokem nekanalizovaných odpadních vod. Nejsilněji působícím faktorem ovlivňující znečištění dusíku se jeví poměr zorané půdy v povodí. Čím více jí je (spolu s intenzivnějším hnojením), tím větší je zatížení povrchové vody dusíkem (Kvítek et al., 2009).

Dusík je v půdě značně mobilní, proto je odplavován prosakující vodou. Znečištění podzemní vody dusíkem z plošných zdrojů záleží především na osevních postupech a na druhu, množství a načasování hnojení a na místních podmínkách (půdní kategorie, půdní sorpční kapacita a množství srážek). K přemísťování dusíku pak dochází zejména v zimním období při tání. Pro ochranu podzemní vody před dusíkem je nutno dusík z půdy před zimou v co největší míře odčerpat (Feldwisch, Frede, 1999).

Průsak dusíku z plošných zdrojů je vzhledem k značně nepravidelnému rozmístění chovů hospodářských zvířat také problematický. I přes snížení stavů hospodářských zvířat (viz obr. č. 2) stále vznikají problémy s exkrementy, neboť existuje málo orné půdy, kam se vyváží. Dalším problémem tvoří i přídavky do krmiv (kyseliny, baktericidní a fungicidní látky, antioxidanty, a p.) přecházejí do silážních šťáv a ty do povrchových vod (Janský, 1982).



Obr. č. 2: Počet kusů skotu a prasat v ČR v letech 1989 – 2008 (zdroj dat: ČSÚ, 2010)

Zemědělství dodává do půdy 50 % dusíku ve formě umělých hnojiv a 40 % ve formě zbytků ze zemědělských chovů, zbylých 10% připadá na biologickou fixaci a atmosférickou depozici. Janský (1982) určuje na základě výzkumů (většinou v menších experimentálních povodích) podíl N, který se dostane do půdy z hnojiv na 10-30 % celkového vnosu N. Část dusíku z hnojiv je vyplavována do podzemních i povrchových vod. Vyplavování je však dlouhodobé a může trvat až 40 let.

Zajímavý je malý vliv meliorací, pokud je půda zatravněná. Rovněž malý efekt přisuzuje Kvítek (2009) vodním plochám, pokud celkově pokrývají malou plochu (do 1,5 % plochy povodí).

V podzemních vodách pochází 80-90 % dusíku ze zemědělství (Feldwisch, Frede, 1999).

Fosfor zůstává zpravidla vázán v půdě a není podpovrchově vyplavován. Naopak od dusíku je ale vnášen do toků povrchovou erozí. Je-li půda chráněna před erozí, je tak chráněn i tok před vnosem fosforu. Koncentrace fosforu z plošných zdrojů se se zvyšujícím se průtokem také zvyšuje (Bowes et al., 2008). Protože je odnos fosforu ovlivněn i jeho obsahem v půdě, lze se jeho nadměrnému vyplavování vyhnout i snížením či neaplikováním P hnojiv na místa s jeho vysokým obsahem.

### **2.1.2 Změny kvality vody v EU a ČR**

Prakticky veškeré antropogenní chemické a fyzikální tlaky na biologický systém negativně ovlivňují kvalitu tekoucích vod. Hodnocení kvality vody jako celku je složité, neboť její změna je často způsobena mnoha faktory.

Vedle těchto příčinných faktorů hrají významnou roli geografické charakteristiky území – jak z hlediska prostorového měřítka, fyzickogeografických poměrů, struktury využití území a socioekonomických charakteristik. Nížinné evropské řeky byly významně pozměněny inženýrskými úpravami - došlo nejen ke zhoršení kvality vody, ale i k degradaci habitatu a úbytku mnoha druhů organismů. Charakteristiky toku, typické pro zmíněné ekosystémy byly přetvořeny k získání maximálního užítku z těchto řek (Pedroli, et al., 2002).

Téměř 30 let uplatňování evropského práva společně s dalšími iniciativami na národní i mezinárodní úrovni, zaměřenými na ochranu vodního prostředí, bylo příčinou mnoha úspěchů na poli zlepšování kvality povrchové vody. Na konci 80. let patřilo např. Labe k nejméně znečištěným řekám Evropy, od začátku 90.let můžeme pozorovat stále zlepšování kvality vody v Labi a v jeho hlavních přítocích především v důsledku markantního poklesu objemu průmyslové výroby (Janský, 2002). Průběžné informace o řekách naznačují, že kvalita vod se v rámci EU většinou zlepšuje. V celoevropském měřítku je však zaznamenáván nedostatek dostupných srovnatelných údajů. Lze však předpokládat, že se situace bude pomalu zlepšovat s postupnou implementací rámcové směrnice o vodě.

Ovlivňování kvality vody jak po její chemické, tak biologické stránce, se jeví jako nutné opatření vzhledem k velkému využití vody jako zdroje i vzhledem k ekologizaci myšlení celé společnosti. V současné době má většina rozvinutých zemí kontrolu nad vypouštěním odpadních vod. Díky mnoha rozdílným faktorům došlo na konci 20. století ke značné změně v kvalitě povrchových vod v Evropě. (Sweeting, 1994).

K nejmarkantnějšímu zlepšení kvality vody v evropských řekách došlo v městských a průmyslových oblastech, kam bylo směřováno nejvíce investic zejména do čištění odpadních vod. V řadě oblastí za zlepšením ale stojí spíše útlum průmyslových a zemědělských aktivit bez systémových opatření na ochranu vod (Langhammer, 2005). Navíc stále existuje mnoho velkých řek, které se potýkají se základními problémy kvality vody - např. Duero ve Španělsku (koncentrace BSK<sub>5</sub> a fosfátů stoupá již 25 let) či Wisla v Polsku (značný růst NH<sub>4</sub>). I převažující část povodí Labe ve většině hodnocených ukazatelů zaznamenává v průběhu

posledních 30 let kontinuální nárůst znečištění. V řadě oblastí od 2. ½ 90. let pozorujeme nárůst zátěže. (Langhammer, 2005).

Pokles úrovně aplikace průmyslových hnojiv a chemikálií se projevil také v poklesu celkového objemu zemědělské výroby a na její intenzitě při přepočtu na hektar zemědělské půdy. Řada produktů vykázala v průběhu let 1990-1999 pokles mezi 20-30 %, spotřeba čistých živin poklesla v letech 1988-1993 na 65 %, v letech 1991-1989 asi o 69 %, fosforečná hnojiva prokázala dvojnásobný úbytek (Bičík, Jančák, 2001). Kvůli sníženým výnosům lze očekávat větší intenzifikaci tohoto odvětví včetně známých negativ pro vodní prostředí. O opětovném nárůstu znečištění díky ekonomickému oživení již Langhammer (2005).

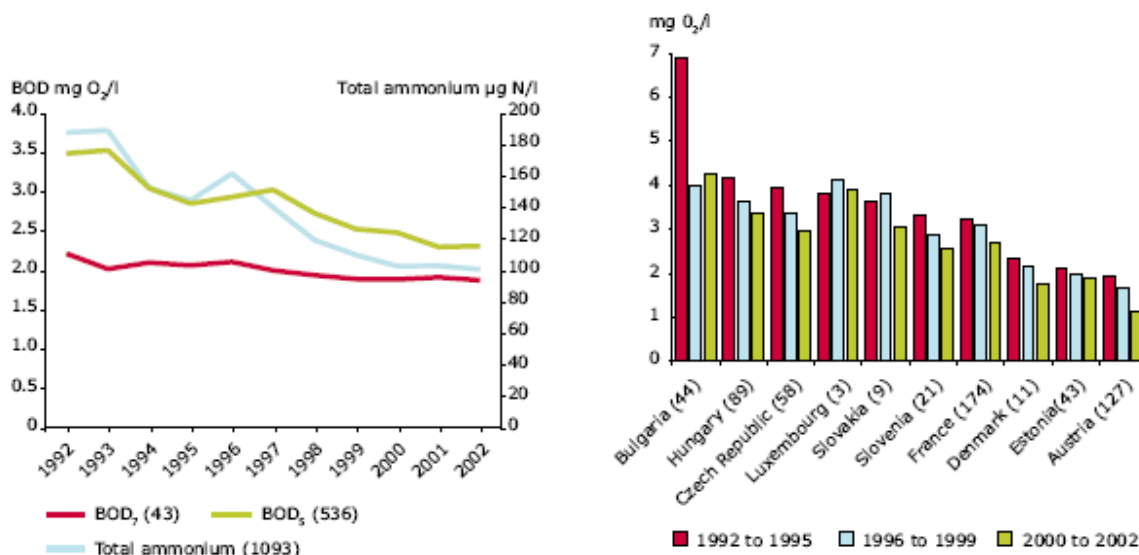
### **2.1.2.1 Organické znečištění**

Organické látky ve vodách mohou být jak přírodního, tak antropogenního původu. Mezi přírodní organické znečištění lze počítat výluhy z půd a sedimentů a produkty životních činností organismů (rostlinných, živočišných i bakterií). Antropogenního původu jsou zejména splaškové a průmyslové odpadní vody, rozličné zdroje ze zemědělství, skládkování odpadu a mnohé další.

Organické znečištění vede ve vodách k chemickým a biologickým změnám vodního prostředí, k nejdůležitějším patří rozkladné procesy, které vyžadují zvýšený přísun rozpuštěného kyslíku. Protože je jeho koncentrace ve vodě omezená, může při velkém znečištění docházet v určitých zónách až k jeho vyčerpání a nastavení anaerobních podmínek.

Pokud organické látky nevykazují specifické vlastnosti (např. karcinogenitu, mutagenitu, změnu organoleptických vlastností vody, tvorba povrchového filmu na hladině či ovlivnění komplexační kapacity aj.), není potřeba jejich podrobná identifikace a stačí postupy vedoucí k vystižení celkové koncentrace organických látek ve vodě. K jejich určení používáme stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK, dříve manganovou metodou, dnes spíše dichromanovou metodou) a stanovení organického uhlíku (TOC, DOC). V některých případech se pak stanovují zvláště i některé skupiny organických látek – stanovení biochemické spotřeby kyslíku (BSK, většinou za 5 dní), stanovení organicky vázaného dusíku či další stanovení huminových látek, tenzidů, nepolárních extrahovatelných látek, fenolů a dalších (Pitter, 1999).

K nejrazantnější změně koncentrace organických látek došlo během 90. let - na polovině evropských monitorovacích stanic klesla nejen jejich koncentrace, ale i koncentrace amoniaku. Tato změna byla zapříčiněna zlepšením čištění odpadních vod (zejména větší připojenost obyvatelstva na efektivní čistírny odpadních vod). Za stejnou dobu ale došlo u stejných indikátorů na 10 % těchto stanic naopak ke zvýšení koncentrací. Díky směrnici o odpadních vodách se zvýšil objem jejich čištění a tím došlo ke snížení koncentrací BSK a amonia. Existují však i takoví členové EU, kteří mají stále nízkou připojenost obyvatelstva k veřejným kanalizačním sítím a k dostatečnému čištění (často jde pouze o primární či sekundární stupeň). V těchto zemích (Španělsko, Portugalsko, Řecko) jsou koncentrace organického znečištění samozřejmě vyšší. Dlouhodobé průměry BSK v Evropě jsou zaznamenané na obr. č. 3 a 4.



Obr. č. 3: Koncentrace BSK a NH<sub>4</sub> v evropských řekách v letech 1992 – 2002. BSK<sub>5</sub> (BOD) data pocházejí z Rakouska, Bulharska, České Republiky, Dánska, Francie, Maďarska, Lucemburska, Slovenska a Slovinska. BSK<sub>7</sub> (BOD) data z Estonska. NH<sub>4</sub> data z Rakouska, Bulharska, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Německa, Maďarska, Litvy, Lucemburska, Polska, Slovenska, Slovinska, Švédska a Spojeného království. V závorkách uveden počet pozorovaných říčních stanic. Zdroj dat: EEA, 2008

Obr. č. 4: Koncentrace BSK<sub>5</sub> v řekách v různých zemích Evropy v letech 1992 – 2002. BSK<sub>5</sub> uvedeno u všech států, pouze u Estonska jde o BSK<sub>7</sub>. V závorkách je počet pozorovaných stanic. Zdroj dat: EEA, 2008

Nejnižší koncentrace BSK<sub>5</sub> jsou v řekách severní Evropy, huře jsou na tom státy bez dostatečného čištění odpadních vod. Snížení hodnot BSK<sub>5</sub> je patrné téměř u všech zemí, u kterých jsou dostupná data. Např. výrazné snížení emisí z přímých komunálních i průmyslových zdrojů (1991-1997) mělo za následek značné snížení BSK<sub>5</sub> v Labi. Změnila se struktura hlavních zdrojů znečištění a pořadí největších znečišťovatelů. (Langhammer, 1999). U nových členů EU k snížení BSK<sub>5</sub> navíc přispěl právě fakt, že část továren produkující znečištění byla z ekonomických důvodů zavřena. Nejmarkantnější snížení BSK<sub>5</sub> pak nastala u zemí, kde byly její hodnoty na začátku 90. let nejvyšší (Rödlová, 2007).

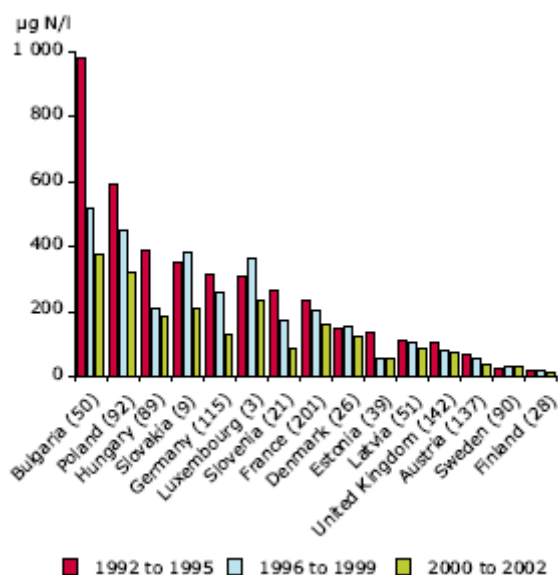
Do skupiny makrobiogenních prvků, které jsou nezbytné pro rozvoj organismů patří mezi jinými dusík a fosfor. Právě tyto dva prvky označujeme za nejdůležitější živiny, uplatňují se ve všech biologických procesech probíhajících ve vodách. V rámci této práce zastupují živiny právě tyto dva prvky.

### 2.1.2.2 Dusík

Sloučeniny dusíku mohou být buď anorganického či organického původu. Ve vodách nejčastěji určujeme celkový dusík, celkový anorganický (viz dále) a organicky vázaný dusík. Anorganický dusík se dále dělí na amoniakální dusík (jako primární produkt organických látek), dusitanový dusík (v povrchových vodách většinou vznikající nitrifikací) a dusičnanový dusík (jako sekundární produkt nitrifikace amoniakálního dusíku a ze splachů ze zemědělských ploch). Pro hydrobiologii je významná možnost disociace NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na NH<sub>3</sub> za vyšších teplot, což způsobuje toxické podmínky pro ryby.

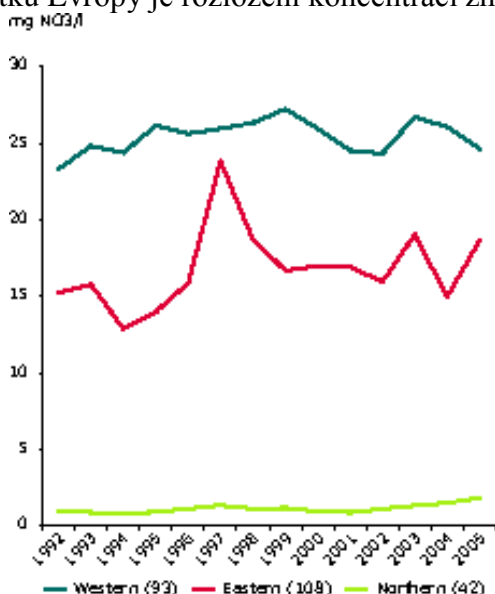
Hodnoty NH<sub>4</sub> mnohonásobně převyšují koncentrace přirozeného pozadí v mnoha řekách členů EU. Průměrné zvýšení koncentrací NH<sub>4</sub> v řekách oproti přirozenému pozadí představuje asi 15 µm N/l. Některé státy – Maďarsko, Česká republika, Polsko a Bulharsko mají nevyšší koncentrace NH<sub>4</sub>, ačkoli u nich došlo k prudkému poklesu koncentrací. Ke zřetelnému poklesu NH<sub>4</sub> však došlo i u některých starých členů EU.





Obr. č. 5: Koncentrace celkového dusíku v evropských řekách dle států v letech 1992-2002. Zdroj dat: EEA, 2008

Jedním z největších problémů je kontaminace vody dusičnany, jejich koncentrace přesahuje normu pro pitnou vodu ve velké části evropských podzemních vod. Tato situace je typická zejména pro zemědělské oblasti, kde navíc kvalita vody nemusí být ani pravidelně monitorována, protože se jedná o zajištění pitné vody pro menší počet obyvatel. Navíc až 70 % dusíku je v našich řekách vázáno právě v této formě (Straškrabová, 1995), což je důležité zejména při úpravě na pitnou vodu (60 % jí pochází právě z povrchové vody). Na grafu č. X je patrné zvyšování koncentrace dusičnanů v podzemních vodách v Evropě (celkem 257 vzorků). Průměrná koncentrace dusičnanů v podzemních vodách Evropy je nad přirozeným pozadím (<10 mg NO<sub>3</sub>/l). V severovýchodních zemích dosahují koncentrace méně než 2 mg NO<sub>3</sub>/l, ve zbytku Evropy je rozložení koncentrací značně nerovnoměrné, viz obr. č. 6.



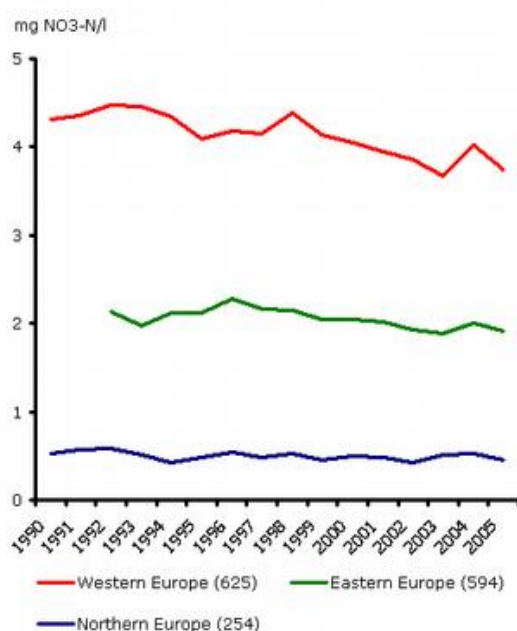
Obr. č. 6: Koncentrace NO<sub>3</sub> v podzemních vodách v různých regionech Evropy v letech 1992-2005. Zdroj: Waterbase, 2008.

Koncentrace dusičnanů zůstávají v podzemních vodách celkem stabilní, v některých oblastech jsou zvýšené. Země s větším podílem zemědělských ploch a vyšší hustotou osídlení (např. Belgie, Dánsko, Německo, Spojené Království Velké Británie a Irsko) mají obecně

vyšší koncentrace dusičnanů v podzemních vodách. Naproti tomu severské země mají nejnižší koncentrace, což odráží vliv zemědělství (EEA, 2008).

V některých evropských řekách zaznamenaly dusičnany v 90. letech stejný trend jako fosfor – jejich koncentrace se snížila, ovšem zřetelně méně, než tomu bylo u fosforu (obr. č. 8). Tento nestejný pokles byl způsoben jednak pouze částečným plněním evropských požadavků týkajících se dusičnanů a také určitým časovým posunem mezi realizací opatření a začátkem jeho působení.

U 15 evropských zemí (z celkového počtu 25), u kterých jsou k dispozici informace o dusičnanech, byla překročena hranice 25 mg NO<sub>3</sub>/l. U tří z těchto zemí byla překročena i maximální povolená hranice 50 mg NO<sub>3</sub>/l. I problémy spojené s čistírenstvím, které se zatím nepodařilo vyřešit, stojí za vysokými hodnotami nitrátů v evropských řekách, které jsou prakticky na stejné úrovni, na jaké byly na začátku 90 let 20. stol – viz graf pod tímto odstavcem. Od poloviny 90. let se koncentrace dusičnanů v evropských řekách snížila o 11 % v západní Evropě, o 8 % v severní Evropě a o 6 % ve východní Evropě (kam dle různých výročních zpráv EU patří i ČR).



Obr. č. 7: Koncentrace N-NO<sub>3</sub> v řekách v regionech Evropy v letech 1992 – 2005. Zdroj: Waterbase, 2008

Nejvyšší hodnoty dusičnanů mají země s nejvyšším procentem zemědělské půdy a velkou hustotou obyvatelstva (Dánsko, Německo, Maďarsko a Spojené království). Na opačné straně pak stojí Estonsko, Norsko, Finsko a Švédsko. Koncentrace dusičnanů ve východní Evropě přibližně dvakrát vyšší, než v západní Evropě (EEA, 2008). I hodnoty celkového dusíku jsou vyšší ve východních zemích Evropy a nižší v západních, i když např. Polsko a Bulharsko mají průměrné hodnoty 300 µg N/l, což je mediánní hodnota pro Evropu, průměrné hodnoty pro Estonsko a Litvu jsou dokonce rovny 100 µg N/l. kde je méně intenzivní zemědělství, které je největším zdrojem dusíku. Do konce 80. let aplikace umělých hnojiv rostla, poté se zřetelně snížila, ale v současnosti se opět zvyšuje. Ve „starých“ státech EU je množství aplikovaného dusíku na hektar stále vyšší než v nových zemích EU.

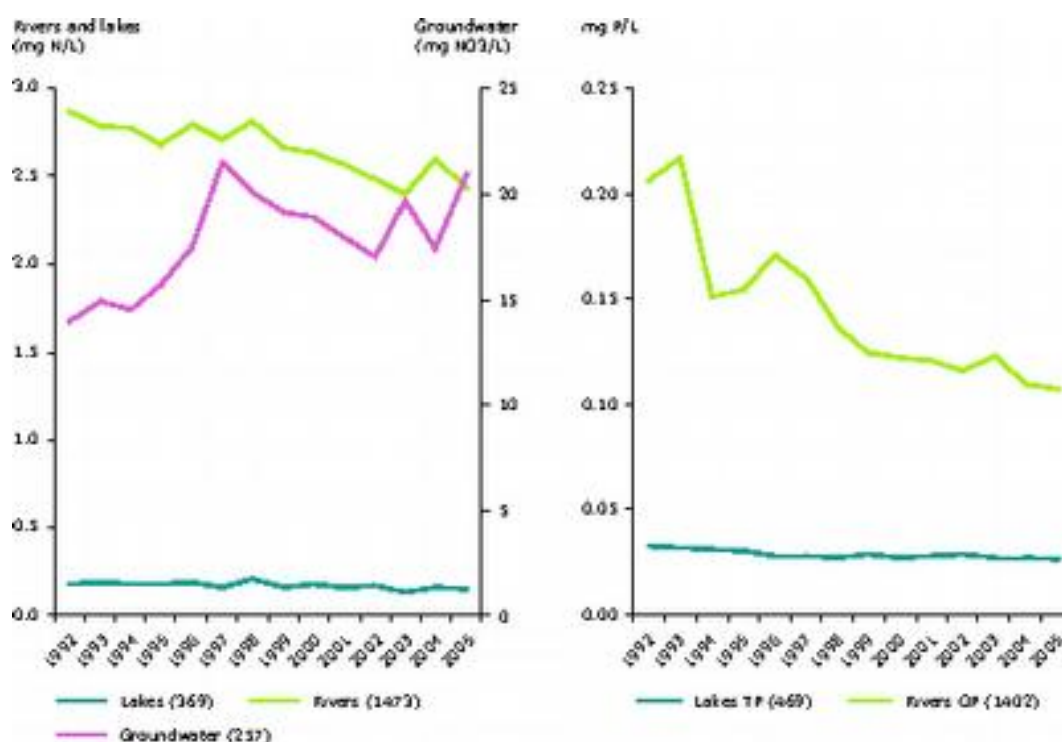
### 2.1.2.3 Fosfor

Stejně jako dusík může být i fosfor ve vodách původu přírodního (vyluhování některých minerálů) a antropogenního (především fosforečná hnojiva a odpadní vody). Specifická produkce na obyvatele se pohybuje od 2 do 5 mg P/den, i když fyziologicky člověk

vyloučí pouze kolem 1,5 g P/den (Pitter, 1999). Zdrojem organického fosforu jsou živočišné odpady a rozkládající se biomasa. Fosfor se ve vodách objevuje v rozpuštěné a nerozpuštěné formě. Rozpuštěná forma se skládá z organicky a anorganicky vázaného fosforu (ten dále na orthofosforečnanový a polyfosforečnanový).

Spolu s dusíkem představuje fosfor nejdůležitější část živin, která se dostává do vodního prostředí. (Feldwich, Frede, 1999). Navýšení těchto živin ve vodním prostředí může způsobit eutrofizaci a jí způsobené negativní jevy, snížení druhové rozmanitosti, vymizení některých druhů vlivem nárůstu řas a sinic, znemožnění či znesnadnění úpravy vody na pitnou, znemožnění či nedoporučení používat vodu na koupání či zvýšenou toxicitu (zvýšení amoniaku).

Koncentrace zvláště ortofosfátů se během posledních 10 – 12 let v Evropě stabilně snižuje – viz obr. č. 8. U nejvyspělejších států EU je tento trend zapříčiněn novou evropskou politikou – přísnějšími nařízeními v čištění odpadních vod. V mnoha čistírnách byl dobudován třetí stupeň čištění, který odbourává z vody nutrienty. U novějších členů EU bylo snížení ortofosfátů způsobeno taktéž efektivnějším čištěním odpadních vod, i když ne v takové míře jako u starších členů. Významnějšími důvody bylo zavírání některých průmyslových podniků a tudíž snížení objemu odpadních vod a také snížení intenzity zemědělského hospodaření (zejména nižší používání hnojiv. Na konci ekonomické regrese byly již v zemích nových členů postaveny nové průmyslové čistírny, ale také se znovu začaly používat hnojiva. Tím se zemědělství stalo hlavním zdrojem fosforu v povrchových vodách.

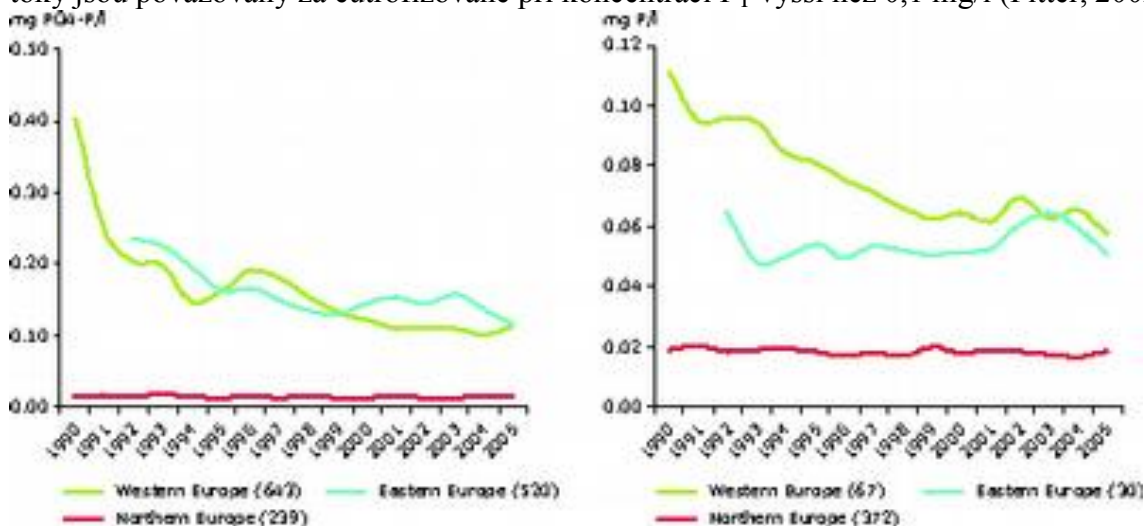


Obr. č. 8: Průměrné roční koncentrace dusíku (celkového dusíku v jezerech a řekách a  $\text{NO}_3$  v podzemní vodě) - vlevo a fosforu (celkového fosforu v jezerech a ortofosfátů v řekách) - vpravo v Evropě v letech 1992 – 2005. Zdroj: Waterbase, 2008

Nízké koncentrace fosforu v řekách a jezerech jsou zejména v severních státech a v alpských zemích. Nejnižší koncentrace fosforu jsou v zemích s nízkou populací, nízkou zemědělskou aktivitou a vysokou připojeností obyvatel k vyspělým čistírnám odpadních vod – tedy v zemích severní Evropy. Státy střední a jižní Evropy mají celkově větší počet řek s vysokou koncentrací fosforu. Zcela nejvyšší průměrné koncentrace fosforu jsou v Belgii.

Vyšší koncentrace fosforu jsou také v povodích s vyšším procentem zemědělsky obdělávané půdy. Vysoké hodnoty fosforu jsou ale i v tocích, které protékají velkými městy (EEA, 2008).

Během 90. let obecně poklesla koncentrace fosforu v povrchových vodách zhruba o jednu třetinu. Zvláště markantní byl tento pokles v zemích střední a východní Evropy. V bývalé NDR došlo mezi roky 1990-1992 k razantnímu snížení koncentrací fosforečnanů v toku Saaly až o 80 %, v případě Rýna poklesla zátěž toku fosforem o 70 % již na konci 80. let (Langhammer, 1999). I přes výrazný pokles jsou povrchové vody ale stále eutrofizovány – toky jsou považovány za eutrofizované při koncentraci  $P_T$  vyšší než 0,1 mg/l (Pitter, 2002).



Obr. č. 9: Koncentrace  $P-PO_4$  v řekách (vlevo) a  $P_C$  v jezerech (vpravo) v regionech Evropy v letech 1990 – 2005. Zdroj: Waterbase, 2008

Statisticky signifikantní snížení koncentrací fosforu v období 1992 – 2005 se v řekách ( $P-PO_4$ ) a jezerech ( $P_C$ ) Evropy projevilo na 34 %, resp. 18 % měřicích stanic. Zvláště u snížení fosforu v jezerech ale mohou být výsledky zavádějící, protože se jedná o jezera zvláště ze severní Evropy).

Odvedením odpadních vod na ČOV se bodové zdroje fosforu staly méně důležité. Naopak se zvyšujícím se trendem hnojení v zemědělství vystupují plošné zdroje opět do popředí zájmu. Snížení koncentrace fosforu v jezerech se děje pouze velmi pozvolna díky fosforu v sedimentu (EEA, 2008).

Jedním z důvodů poklesu fosforu bylo zlepšení čištění odpadních vod – tedy zavedení terciárního stupně čištění, odstraňujícího z vody nutrienty. Dalším významným zdrojem bylo omezení používání sloučenin fosforu v pracích prostředcích a jiných detergentech, které je považováno za důvod významného poklesu fosforu např. v Seině (Garnier, Laroche, Pinault, 2006).

### 2.1.3 Vývoj kvality vody v malých povodích

Obtíže při zpracování hydrologických dat obecně, včetně dat o jakosti povrchových vod, sílí s posunem do menších povodí. Vzhledem k velkému počtu malých toků nikdy nebude možné komplexně pokrýt drobné toky dostatečným počtem vodoměrných stanic. Přepočítání průtoků z profilů na velkých tocích na malá povodí je obecně značně nespolehlivé (Kašpárek, 1982).

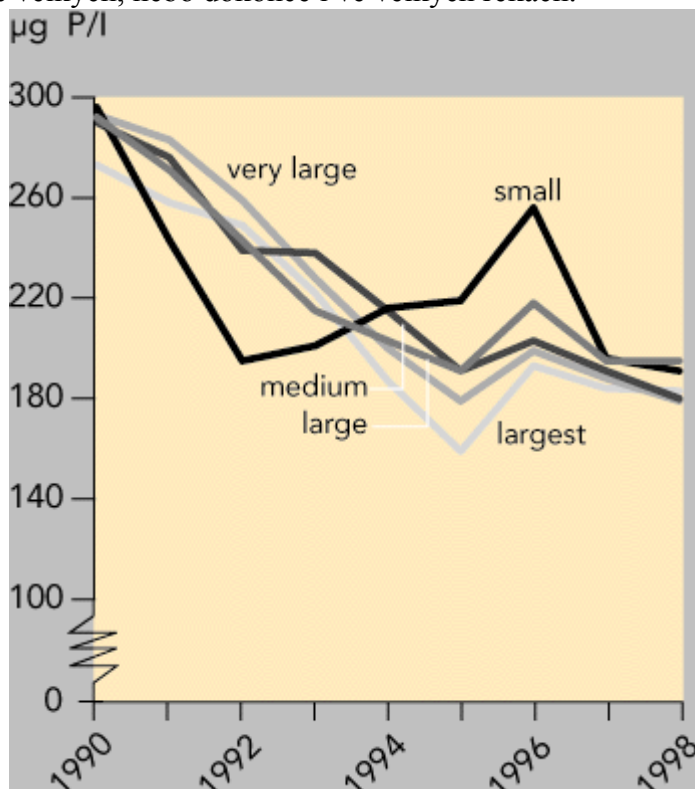
Závažným problémem je také nedostatek informací o změnách kvality vody v malých a středně velkých povodích. Tato povodí nejsou systematicky sledována, nebo jsou u nich krátké či neúplné časové řady. Chybí tak ale důležité informace o prostorovém rozložení zátěže vodních toků a tím i možnost identifikace a následné sanace zdrojů emisí (Langhammer, Kliment, 2006).

Velké množství malých povodí a s nimi související různá specifika a zároveň požadavek velmi detailních informací má za následek nedostatek sumarizačních přehledů týkající se malých povodí. Definované cíle monitoringu mohou značně ovlivňovat i jeho samotné principy. Ellis a Lacey (1980) definovali 9 základních cílů monitoringu kvality vody, z nichž tři následující můžeme považovat za klíčové:

1. Zhodnocení stavu řek a variabilitu jejich kvality.
2. Určení kroků (pokud je to nutné), vedoucích ke zlepšení kvality vody.
3. Zhodnocení efektivity takovýchto kroků.

Finančně náročný cílený detailní monitoring malých povodí ale probíhá většinou v rámci krátkodobých projektů, datové řady jsou proto časově omezené a často i málo kompatibilní. Počet takto prozkoumaných povodí je také velmi omezené.

Zlepšení kvality vody ve velkých tocích Evropy i ČR bylo podmíněno výše uvedenými opatřeními, které byly směřovány především na velké vodní toky. Charakter změn kvality vody v malých vodních tocích je však výrazně heterogenní. Malé vodní toky totiž nejsou pouhou zmenšeninou velkých řek - na znečištění zde má vliv rozmanitější škála procesů, v malých povodích mají některé faktory ovlivňující kvalitu vody silnější charakter a naopak některá ovlivnění, fungující u velkých toků, chybí. Na obr. č. 10 je patrné, že koncentrace znečištění v malých tocích (zde  $P_T$ ) může být v některých případech vyšší než ve středně velkých, nebo dokonce i ve velkých řekách.



Obr. č. 10: Mediánové roční koncentrace  $P_T$  v různě velkých řekách Evropy v letech 1990 – 1998. Zdroj: EEA, 2008

Nejvýznamnějšími zdroji znečištění jsou v malých povodích splachy ze zemědělských ploch a odpadní vody z drobných sídel bez sanace. V zemědělských oblastech s menšími sídly se situace příliš nezměnila, v některých případech došlo dokonce ke zhoršení. Hlavním zdrojem v malých povodích je tedy zemědělství - jak plošné, tak difúzní zdroje lze těžko postihnout a pravidla správné zemědělské praxe ještě nejsou zcela používána. Bodové zdroje znečištění představují menší obce, které prozatím kvůli nedostatku financí nemohou podniknout nápravné kroky v čištění odpadních vod.

Pozitivní vývoj, který byl nastartován v první polovině 90. let a který vedl k razantnímu snížení zátěže toků se výrazně zpomalil. Trend investic (systémově nejdříve směřován do velkých sídel) nepokračoval u zdrojů regionálního a lokálního významu (Langhammer, 2005). Neřešení těchto menších bodových zdrojů bylo navíc usnadněno odkladem plnění environmentální legislativy EU v oblasti drobných komunálních zdrojů pro obce od 2 – 10 tis. EO do roku 2010. U velmi malých obcí je navíc čištění OV legislativně těžce vynutitelné (Janský, Judová, 2005).

Výsledky monitoringu ZVHS v r. 2006 (ZVHS, 2010) na 317 profilech malých vodních toků ukazují, že největší podíl znečištění pochází z komunálních a zemědělských zdrojů. Celých 15,3 % rozborů ukazatele „enterokoky“ spadá do 5. třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221, což poukazuje na fekální znečištění, které je dlouhodobým problémem malých vodních toků. U ukazatelů kyslíkového režimu jsou výsledky také neuspokojivé. Ostatní indikátory jsou v tab. č. 3:

ČSN 75 7221 - frekvence (%)			Třída jakosti - Česká republika				
skupina látek	ukazatel	jednotka	I	II	III	IV	V
Kyslíkový režim	O <sub>2</sub>	mg/l	77.9	7.3	7.3	5.3	2.2
	BSK-5	mg/l	25.0	37.8	25.1	8.1	4.1
	CHSK-Cr	mg/l	25.3	39.0	27.1	3.8	4.8
	TOC	mg/l	46.7	26.7	18.4	3.6	4.6
Základní živiny	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	60.1	16.0	12.7	5.1	6.1
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	39.0	32.9	19.6	5.0	3.6
	P <sub>C</sub>	mg/l	7.0	34.2	34.7	15.6	8.5

Tab. č. 3: Frekvence rozborů spadajících do I.-V. jakostní třídy dle ČSN 75 7221 (převzato ze ZVHS, 2010)

Zvýšené hodnoty byly zaznamenány i u N-NH<sub>4</sub>, což bývá často problematickým indikátorem – celkem spadá do 5. třídy přes 6 % měření ZVHS v malých tocích. Ve většině zemědělsky obdělávaných povodí je největší podíl N-NH<sub>4</sub> transportován z polí a pastvin do toku během srážkových epizod povrchovým odtokem (Cirimo, McDonnell, 1997). Nejvíce se N-NH<sub>4</sub> uvolňuje v oblastech, kde je umístěna živočišná zemědělská výroba.

I celkový fosfor je charakteristicky vyššími hodnotami - do 5. třídy náleží 8,5 % měření. Velké prostorové diference obsahu fosforu do povodí záleží z velké míry na charakteru využití území. Jako největší zdroje se jeví bodové a difúzní zdroje, odnos může být však velmi rozdílný – Langhammer (2002) udává pro různá subpovodí Berounky vnos difúzních zdrojů od 5 do 285 kg P<sub>C</sub>/ha/rok.

Dle NV 61/2003 Sb. byl nejhůře hodnocen právě ukazatel celkového fosforu, kde byla mezní hodnota překročena v 57,1 % případů. Jako nevyhovující uvedenému nařízení dopadlo i 34,6 % rozborů amoniakálního dusíku.

NV 61/2003 Sb. - frekvence (%)				Oblast povodí								
skupina látek	ukazatel	imisi standard	jednotka	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	ČR
Kyslíkový režim	O <sub>2</sub>	>6	mg/l	18.4	7.9	7.3	4.1	9.5	16.7	11.4	12.3	<b>11.5</b>
	BSK-5	6	mg/l	13.5	25.2	16.6	23.1	20.1	35.7	16.4	24.6	<b>20.6</b>
	CHSK-Cr	35	mg/l	14.1	27.7	7.0	6.6	13.9	20.6	8.9	18.3	<b>15.5</b>
	TOC	13	mg/l	8.7	27.9	10.3	11.7	21.3	20.9	1.4	3.9	<b>13.9</b>
Základní živiny	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.5	mg/l	26.8	24.4	23.2	17.9	21.8	57.9	33.6	42.3	<b>29.3</b>
	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7	mg/l	34.9	11.4	9.9	31.5	11.5	21.2	18.3	30.6	<b>21.1</b>
	P <sub>C</sub>	0.15	mg/l	41.7	55.3	41.5	37.7	30.7	66.6	50.3	62.8	<b>47.7</b>

Tab. č. 4: Frekvence rozborů překračujících mezní hodnoty dle NV 229/2007 Sb. Oblasti povodí: I – Horní a střední Labe, II. – Horní Vltava, III. – Berounka, IV. – Dolní Vltava, V. – Ohře a Dolní Labe, VI. – Odra, VII. – Morava, VIII. – Dyje (převzato ze ZVHS, 2010)

U dusičnanového dusíku potvrzují různí autoři menší zatížení v méně zemědělsky obhospodařovaných povodích – např. Holoubkovský potok (přítok Klabavy, jejíž povodí je

relativně méně zemědělsky využívané) dosahuje bezproblémově hodnot 3. třídy jakosti vody (Volaufová, Langhammer, 2006), stejně jako Loučka, kde zátěž dusičnany dlouhodobě stagnuje. V 2. polovině 90. let došlo např. ve velmi kontaminované Šlapance k mírnému poklesu, ikdyž množství použitých hnojiv kleslo velmi výrazně - poukazuje to na dlouhodobé vymývání dusičnanů z půdy (Janský, Judová, 2005). Čistší toky - např. Blšanka a Olšava dosahují hodnot 2. třídy, v Olšavě ale od 90. let 20. stol. dochází opět k nárůstu zatížení. V obou případech vidí autoři za současným pozitivním trendem spíše útlum ekonomických aktivit než nedostatečné investice do sanace zdrojů a výstavby ČOV (Langhammer, Kliment, 2006). Problematika dusičnanů se tak dotýká nejen malých investic do eliminace bodových zdrojů, ale zejména dlouhodobého vyplavování a tudíž nedostatečné ochrany vod před znečištěním z plošných zdrojů. Přímou závislost dusičnanů (a nerozpuštěných látek) na průtocích potvrdili i Janský a Pivokonský (2001) na Cidlině.

V nádržích bývá kvalita vod značně ovlivněna jejich využíváním. Zvláště chovné rybníky bývají zatížené organickými látkami a nutrienty z krmiv a hnojiv a navýšené rybí obsádky. Změna kvality vody a intenzivního rybářského managementu způsobily v rybnících např. i druhové změny původních organismů. Složení vodního květu se za 40 pozorovaných let změnilo - původní druhy tvořící velké i malé kolonie byly nahrazeny společenstvy obsahující převážně vláknité druhy či druhy tvořící kolonie. Zvýšený tlak rybního společenstva na zooplankton (a tudíž snížený potravní tlak zooplanktonu na fytoplankton), nízký poměr N:P a další faktory tak měly za následek masový rozvoj odlišných druhů sinic (Pechar, 1995). Rybníky bez intenzivního rybářského využití jsou často zatíženy nejen splachy látek z povodí, ale i vlastními sedimenty, které nejsou z důvodu velké finanční náročnosti a problematické upotřebitelnosti odstraňovány.

Po porovnání mediánových ročních hodnot základních ukazatelů z let 2005 a 2006 je možné konstatovat, že ve sledovaných profilech dochází všeobecně ke zlepšování stavu jakosti tekoucích vod (ZVHS, 2010).

#### **2.1.4 Čištění odpadních vod v malých povodích**

Evropské i národní zákony (91/271/EEC, 274/2001 Sb., 61/2003 Sb.) dávají jasné pokyny k nakládání s odpadními vodami od jejich shromažďování, stokování, čištění až po jejich vypouštění. Zahrnují pravidla pro čištění odpadních vod na různých úrovních – např. v citlivých oblastech (v těch, v kterých jsou vody ohroženy eutrofizací) vyžadují terciární stupeň čištění odpadních vod, při kterém dochází k odstranění nutrientů (N a P).

##### **2.1.4.1 Čistírny odpadních vod**

Pro zabránění zdravotních, biologických a estetických závad je nutno odpadní vody čistit. Samočisticí schopnost toků je schopna odstranit pouze část znečištění, ale některé látky nejsou tímto způsobem odstranitelné a navíc množství odpadních vod, které je často o toků vpouštěno je z hlediska možnosti samočištění neúměrné. V recipientu pak zanikají některé formy života a samočisticí procesy se tak dále zpomalují. Z tohoto důvodu je ukazuje nutnost čistit odpadní vody i v malých sídlech.

Čistírny odpadních vod intenzivně odstraňují látky, které do vod dodal člověk svou činností. Jejich snahou je odstranit z vody co největší podíl těchto látek, i když ne vždy se to daří. Procesy v běžných komunálních čistírnách probíhají ve třech základních stupních:

##### Primární stupeň čištění (mechanický)

Představuje odstranění nerozpuštěných plovoucích i neplovoucích částic unášených vodou, suspendovaných částic, tuků apod.

### Sekundární stupeň čištění (biologický, mechanicko-biologický)

Odstraňuje z vody většinu organických látek a část nutrientů. Je charakterizován aerobním či anaerobním prostředím. Pro optimální odstraňování látek platí několik zásad – např. doba zdržení vody či poměr mezi jednotlivými živinami.

Procento odstranění látek z odpadních vod samozřejmě závisí na použité technologii čištění, na koncentracích látek v přitékající odpadní vodě i na obsluze čistírny, která může některé automatické kroky modifikovat pro lepší výkony. Mnoho autorů proto uvádí průměrná procenta odstranění látek - následující graf zobrazuje hodnoty dle autorů Šálek (1996) a Herle (1990):

ukazatel	snížení o % (včetně 3. stupně).
BSK <sub>5</sub>	80-98
P <sub>C</sub>	až o 50
PO <sub>4</sub>	60-95
N <sub>C</sub>	až o 50
NO <sub>3</sub>	25-50
NH <sub>4</sub>	20-40
NL	90-98

Tab. č. 5: Snížení některých vybraných ukazatelů v ČOV (dle Šále, 1996 a Herle, 1990)

Někteří autoři však pro NH<sub>4</sub> určují v 2. stupni až 75 % odstranění, pro nutrienty naopak jen 20 – 30 %.

Stejnými principy, dle kterých fungují sekundární stupně čištění OV v čistírnách, se prakticky řídí i samočisticí procesy v tocích, nádržích či mokřadech. Postupným zachycováním a odstraňováním polutantů dochází k zlepšování kvality vody. Přírodní postupy jsou pouze pomalejší a odehrávají se na větší ploše.

### Terciární stupeň čištění (odstranění nutrientů)

Významně snižuje především hlavní nutrienty – fosfor a dusík. Děje se tak buď chemickou cestou (použití srážedel) či biologickou cestou (pomocí rychle rostoucích nižších či vyšších rostlin v mnoha možnostech uspořádání). Významně snižuje i zbylé organické látky měřené pomocí BSK<sub>5</sub> (až 8x). Může eliminovat až 90% dusíku a přibližně stejné množství nitrifikačních bakterií, které se uvolňují z 2. stupně čištění a v případě jejich úniku do recipientu mohou způsobit vážné snížení rozpuštěného kyslíku. Právě tyto rychle rostoucí velké bakterie představují 70 % biomasy na odtoku z ČOV (Garnier, Laroche, Pinault, 2006). Při vhodném poměru mezi jednotlivými živinami (doporučený poměr C:N:P je odhadován na 40:10:1) dochází k odbourání dusičnanů až 100 %, nevýhodou je ale až 5 týdenní doba zdržení, při 3 týdnech je pak odstranění na úrovni 40 – 60 % (Šálek, 1996). Pro odstranění fosforu ve vodní nádrži se v našich podmínkách považuje vhodná doba zdržení na 35 dní. Protože odbourávání zajišťuje fytoplankton, je důležitým kritériem i výška eufotické vrstvy – tedy většinou 0,5 – 1,5 m.

### Vliv ČOV na kvalitu vody v recipientu

Protože žádná čistírna není schopná odstranit z odpadní vody 100% znečištění, působí odtok přečištěných odpadních vod zpět do recipientu jako bodový zdroj znečištění. Jeho význam určuje množství a kvalita jak vyčištěné vody, tak i recipientu. Vlivem dostatečného naředění může být čistírna jako zdroj opomíjena, v jiné lokalitě však může při nedostatečné vodnosti recipientu působit značné znečištění. Je proto nutné hodnotit čistírny značně individuálně. Dalším problémem může být i změna vodnosti recipientu v průběhu roku.

Ve většině ekosystémů jsou organické látky autochtonní (původcem je často fytoplankton), avšak do řek, které protékají lidskými sídly, ústí odpadní vody, které



představují velký zdroj organického znečištění. Odstranění organických látek na čistírně je proto často bráno jako hlavní proces vedoucí k udržení dostatečné koncentrace kyslíku v recipientu (Garnier, Laroche, Pinault, 2006). Další možné snížení koncentrací rozpuštěného kyslíku představuje nadměrné vypouštění či úniky biomasy (zejména nitrifikačních bakterií) z ČOV. Při vhodných podmínkách pak dochází v recipientu ke zvýšené nitrifikaci a tím ke snížení množství kyslíku (Brion et al., 2000).

Díky často chybějícímu čištění nutrientů však nejvíce dochází k zvyšování koncentrací fosforu a dusíku a následně k eutrofizaci recipientu. Koncentrace fosforu se pod čistírnami zvyšují především v době letních minimálních průtoků, kdy také díky vegetaci dochází k známým projevům eutrofizace – vodním květům a vegetačnímu zbarvení. (House, Denison, 1997).

Malé čistírny odpadních vod jsou častými zdroji znečištění – recipienty jsou většinou málo vodné, nedochází proto k potřebnému naředění. Třetí stupně čištění kvůli nedostatečným financím často chybí, proto jsou významnými zdroji nutrientů. Dalším problémem je často málo odborná obsluha a tím způsobený méně efektivní provoz či dokonce nefunkčnost systému, v některých případech se odhaduje, že zvláště u malých čistíren představuje neoptimální fungování či dokonce odstávky až čtvrtinu roku (Siegl, 1998).

#### 2.1.4.2 Vývoj čištění odpadních vod v Evropě

Čištění odpadních vod se od 80. let výrazně zlepšilo v celé Evropě a to i přesto, že procento obyvatel připojených k čistírně je zvláště v jižní a východní Evropě stále relativně nízké. Kromě zvýšeného počtu obyvatel připojených k ČOV se také změnila technologie a účinnost čištění. Implementace směrnice o čištění odpadních vod pak celý proces urychlila. Bodové zdroje znečištění tak přestaly být v celkovém pohledu dominantní.

Směrnice o čištění odpadních vod (z r. 1991) ustanovuje standardy pro sběr, čištění i vypouštění OV. Tyto standardy jsou různé podle velikosti sídla, ke kterému se vztahují a podle klasifikace oblasti, do které bude vyčištěná odpadní voda (stále bude zdrojem znečištění, pouze menším) vypouštěna. Čištění odpadních vod (nejen odstraňování nutrientů) je často pouze důsledkem možných sankcí a finanční nedostatek proto způsobuje, že ne všude jsou odpadní vody adekvátně čištěny (Paul, Mayer, 2001). I proto u „nových“ členů EU byly některé termíny plnění posunuty do konce r. 2010. Tabulka pak ukazuje ostatní termíny, které směrnice požaduje.

termín plnění požadovaný typ čištění	Počet obyvatel				
	do 2 tis.	2 - 10 tis.	10 - 15 tis.	15 - 150 tis.	nad 150 tis.
citlivé oblasti	31.12.2005 odpovídající	31.12.2005 sekundární *	31.12.1998 dodatečné	31.12.1998 dodatečné	31.12.1998 dodatečné
normální oblasti	31.12.2005 odpovídající	31.12.2005 sekundární *	31.12.2005 sekundární	31.12.2000 sekundární	31.12.2000 sekundární
méně citlivé oblasti (pobřežní)	31.12.2005 odpovídající	31.12.2005 odpovídající	31.12.2005 primární či sekundární	31.12.2000 primární či sekundární	31.12.2000 primární (vyjímečně) či sekundární

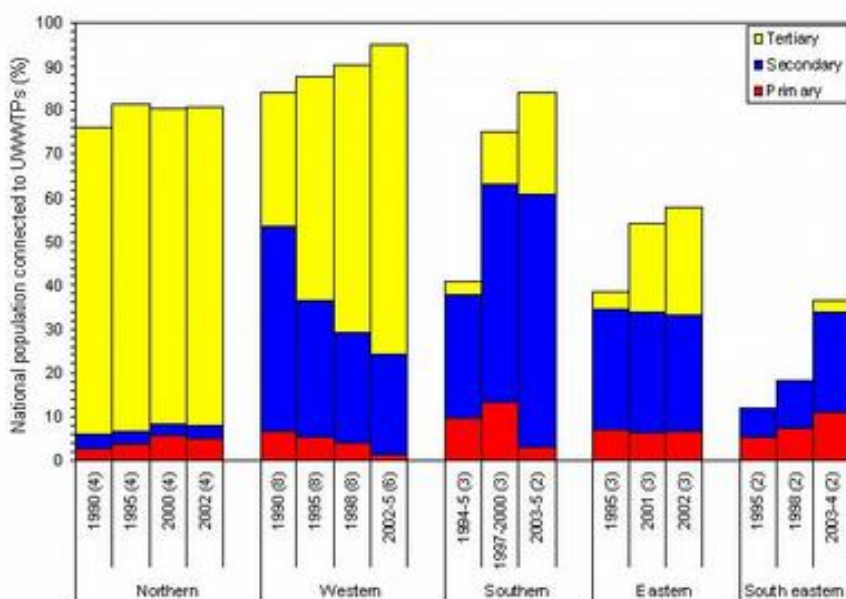
Tab. č. 6: Konečné datum pro uskutečnění čištění odpadních vod (Směrnice o čištění OV). \*dostatečné, pokud je recipientem moře. Dodatečné čištění – odstranění nutrientů či desinfekce

Mnoho ze zemí EU stále nesplnilo požadavky dané směrnicí. Největšími nedostatky jsou neúplný monitoring vodních toků a neurčení jejich ekologického stavu (určení sensitivních oblastí). Stále chybí mnoho čistíren, které byly požadovány do r. 1998 či 2000. Některé země proto žádaly o odklad a plná implementace této směrnice byla u starých členů EU stanovena na r. 2005 a u nových členů na roky 2008 – 2015.

Přestože směrnice není plněna na 100 %, v mnoha státech již téměř eliminovala bodové zdroje znečištění – v Dánsku, Nizozemí a Estonsku se jejich počet snížil o 90 %, velké zlepšení kvality vody dosáhlo Rakousko, Dánsko, Německo a Nizozemí. Dosavadní úspěchy si již vyžádaly mnohé investice, přesto je většina států s implementací směrnice o čištění odpadních vod pozadu. Některé z nich si dokonce požadavky vykládají jiným způsobem než Komise.

Velmi zajímavý je způsob náhledu na „nově přistoupivší členy EU“ ze strany hodnotících zpráv EU. Zřetelně patrný mírně opovrhující tón je zřetelný nejen z popisů, ale i ze zvláštního geografického vymezení (pro geografy místy až komické – např. centrální Evropa = Německo, Rakousko, Nizozemí, Dánsko, Švýcarsko, Belgie a Irsko). Všemi zprávami (alespoň těmi týkající se vody) je navíc důrazně připomínáno rozdělení na „staré“ a „nové“ členy EU. Zůstává otázkou, zda jde pouze o názory autorů těchto zpráv, nebo o celkový dojem „starých členů EU“.

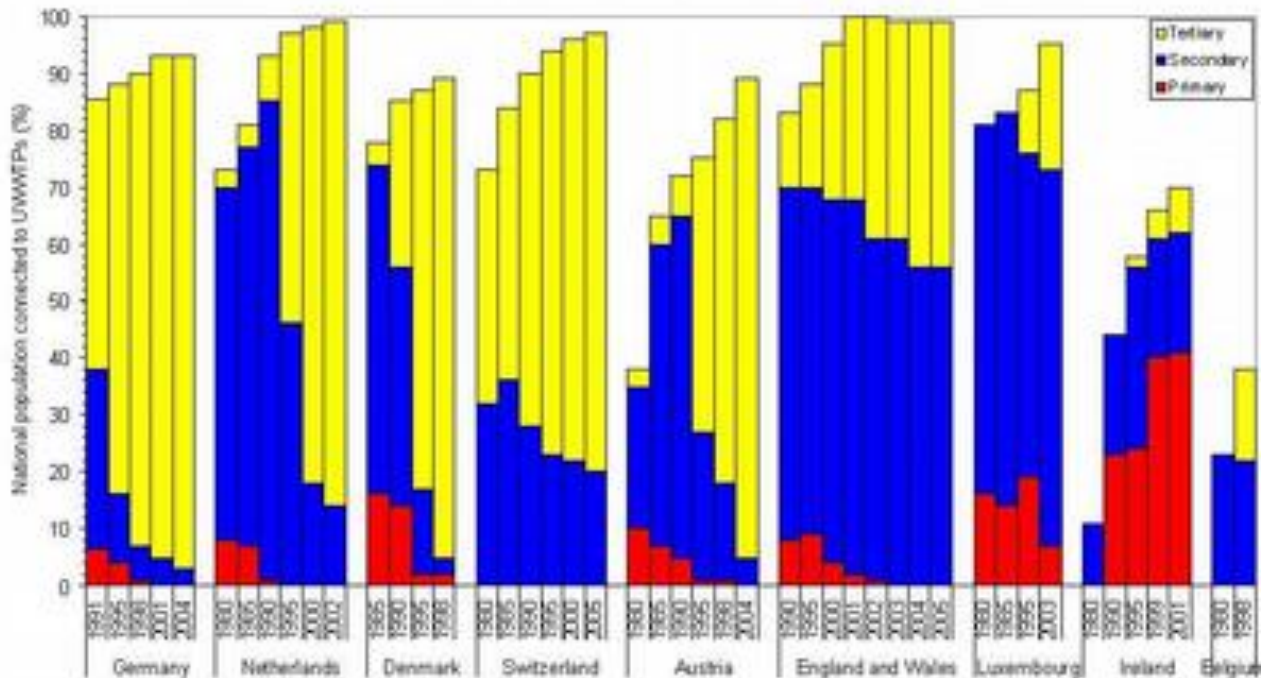
Nejčastější indikátory pro určení snížení vypouštění nutrientů a organických látek z odpadních vod do evropských toků je procento populace připojené na čistírny odpadních vod a procento čistěných vod v rámci 3. stupně čištění. Následující graf ukazuje připojenost a poměr jednotlivých druhů čištění v regionech Evropy.



Obr. č. 11: Změny v čištění vody v regionech Evropy v letech 1990-2005, počty zemí v závorkách. (zdroj: EEA-ETC/WTR, 2010)

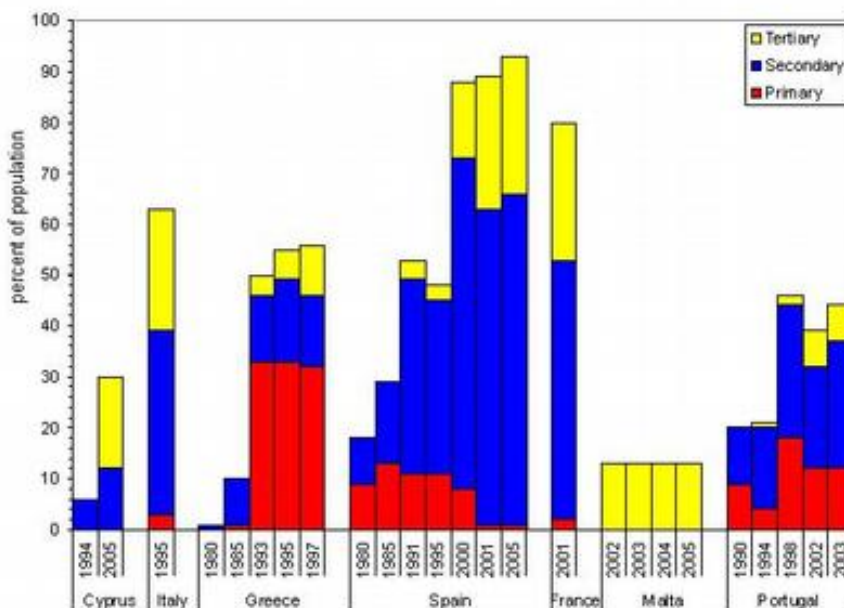
V severní Evropě je připojeno více než 80 % obyvatel k ČOV. Procento připojených obyvatel je závislé na počtu obyvatel stěhujících se do měst a ovlivněné i trendem pořizování malých soukromých čistíren v zemědělských a řídko osídlených oblastech. Výjimku tvoří Island, kde je připojena pouze polovina populace a to k čistírnám, které disponují jen primárním stupněm.

V Německu, Rakousku, Švýcarsku, Nizozemí a Dánsku je připojená většina populace k terciárnímu čištění. V Irsku více než 30 % obyvatelstva není připojeno k ČOV a 40 % obyvatelstva je připojeno pouze k primárnímu čištění. Belgie zaznamenala velké zlepšení na poli čištění odpadních vod, v době poslední velké evidence (v r. 1998) však 60 % jejich obyvatel nebylo připojeno k čistírně – viz obr. č. 12.



Obr. č. 12: Změny v čištění vody v zemích západní Evropy v letech 1980-2005, (zdroj: EEA-ETC/WTR, 2010).

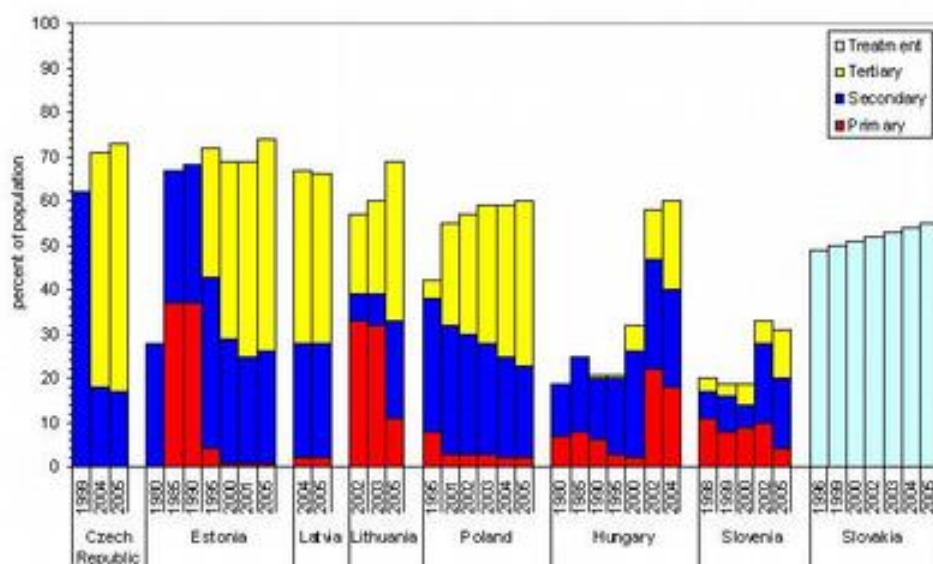
Nejlépe hodnocenou zemí jižní Evropy je Španělsko s 90 % připojením populace k čistírnám. Nejhorší je naopak Malta, kde stejné procento populace čištění odpadních vod nemá. Ve Francii dosahuje připojenost 80 % obyvatelstva, v Itálii více než 60 %, v Řecku okolo 50 % a v Portugalsku asi 40 %. Terciárního stupně čištění se ale dostává maximálně 20 % čištěným vodám v Itálii, Francii a Španělsku a méně než 10 % v Řecku a Portugalsku.



Obr. č. 13: Změny v čištění vody v zemích jižní Evropy v letech 1980-2005, (zdroj: EEA-ETC/WTR, 2010).

V pobaltských republikách (Lotyšsko, Litva, Estonsko) je čištěno více než 65 % odpadních vod, a asi 35 % obyvatel je připojeno k 3. stupni čištění. V Polsku je připojenost více než 60 % a z více než poloviny čištěných vod jsou odstraňovány nutrienty, v Maďarsku

je připojenost stejná, ale terciární čištění se vztahuje pouze na 10 % čištěných odpadních vod. Ve Slovinsku je připojenost pouze 30 %.



Obr. č. 14: Změny v čištění vody v zemích střední Evropy v letech 1980-2005, (zdroj: EEA-ETC/WTR, 2010).

V Bulharsku a Rumunsku je pouze 40 % komunálních odpadních vod čištěno v ČOV, 3. stupeň prakticky nefunguje. V Turecku je připojenost obyvatelstva podobná a terciární stupeň čistí asi 5 % OV.

Podle posledních hodnotících výsledků z r. 2007 se z 571 evropských měst, větších než 150 tis. obyvatel, čistila odpadní voda dle platných směrnic pouze ve 349 městech. 17 z těchto měst nedisponovalo žádnou ČOV (např. Brusel, Milán, Barcelona, Brighton, Bukurešť). Tato města představovala v r. 2000 55 % znečištění organickými látkami z odpadních vod v Evropě.

Další výraznou hrozbou znečištění vody je uskladnění čistírenského kalu, jehož množství narůstá spolu s objemem čištěné vody. Ten se většinou zneškodňuje jako hnojivo na polích, na skládkách či ve spalovnách. Problematika odstraňování kalu stále není dořešena.

### 2.1.4.3 Vývoj čištění odpadních vod v ČR

Česká republika se nachází v přelomovém roce 2010, ve kterém musí dostát čištění městských odpadních vod z obcí od 2 000 do 10 000 EO. Je zřejmé, že tento termín nestihne min. 13 obcí (76 tisíc EO). Ještě v r. 2009 však byl tento počet 36 obcí. V tomto počtu však není zahrnuta rekonstrukce a rozšíření největší české čistírny – Ústřední ČOV Praha (Čistička – info, 2010). ČR tak hrozí ze strany EU vysoké sankce.

Zvláště v posledních letech počet připojených obyvatel na veřejnou kanalizaci prudce vzrostl a procento čištěných vod se tak zvýšilo. Průvodním jevem šetření s vodou je také i snižující se využití kapacity některých čistíren odpadních vod – viz. tabulka:

Kanalizace pro veřejnou potřebu	1989	1992	1995	1998	2001	2004	2007	2008
Podíl obyvatel bydlících v domech napojených (%)	72,4	72,7	73,2	74,4	74,9	77,9	80,8	81,1
Vypouštěné odpadní vody (mil. m <sup>3</sup> )	.	.	.	.	571	540	519	509
Čištěné odpadní vody bez srážkových (mil. m <sup>3</sup> )	628	641	581	566	545	510	498	485
Podíl čištěných odpadních vod (%)	71,5	77,8	89,5	91,3	95,5	94,4	95,8	95,3
Počet ČOV	.	.	.	.	1 122	2 006	2 065	2 037
Celková kapacita ČOV (tis. m <sup>3</sup> /den)	.	.	.	.	3 969	3 865	3 834	3 876

Tab. č. 7: Kanalizační sítě a ČOV v ČR v letech 1989 – 2008 (zdroj: ČSÚ, 2010)

K uváděným datům pocházejícím z Českého statistického úřadu nutno podotknout, že údaje pochází asi od 92 % obyvatel bydlících v domech napojených na veřejné kanalizace v ČR.

Výstavbou nových a intenzifikací stávajících čistíren odpadních vod se udržuje vysoký podíl čištěných odpadních vod z celkového množství vypouštěných odpadních vod, který v roce 2000 dosáhl 94,8 %. Je důležité si uvědomit, že ve statistikách jsou většinou uvedena procenta čištěných vod z vod stokovaných a ne z celkově vyprodukovaných odpadních vod. V r. 2008 byl rozdíl mezi obyvateli připojenými na kanalizaci a na kanalizaci s ČOV více jak půl milionu obyvatel (přes 5 %) – viz následující tabulka

Obyvatelé			Počet obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci s ČOV		
střední stav obyvatel (osoby)	bydlící v domech napojených na kanalizaci (osoby)	podíl obyvatel v domech napojených na kanalizaci (%)	celkem	v tom	
				na mechanicko- u ČOV	na mechanicko- - biologickou ČOV
10 491 492	8 529 847	<b>81,3</b>	8 000 514	18 463	7 982 051
% z čištěné vody			100	0,23	99,77
% obyvatelstva celkem			<b>76,26</b>	<b>0,18</b>	<b>76,08</b>

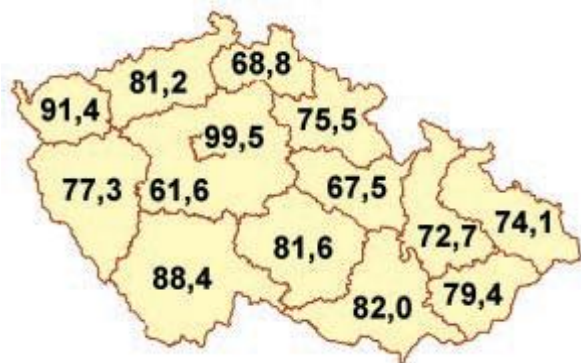
Tab. č. 8: Počet obyvatel ČR připojených na různé typy ČOV v r. 2008 (zdroj: ČSÚ, 2010)

Odstraňování nutrientů probíhá v méně než polovině čistíren. Společné odstranění dusíku i fosforu pak pouze na 20 % čistíren – viz tabulka:

Počet ČOV celkem	Celková kapacita ČOV (m <sup>3</sup> /den)	Počet ČOV				
		mechanických	celkem	mechanicko-biologických		
				N	P	N+P
<b>2 158</b>	<b>3 832 673</b>	<b>50</b>	<b>2 108</b>	<b>496</b>	<b>35</b>	<b>429</b>

Tab. č. 9: Počet čistíren v ČR v r. 2008 (zdroj: ČSÚ, 2010)

Značný význam v počtu současných, ale především plánovaných čistíren odpadních vod v malých obcích má sídelní struktura ČR. V obcích do 2 000 obyvatel žije v ČR 26,1 % a v obcích do 1 000 obyvatel 17,2 % obyvatel. Meziroční pohyb je velmi malý. I když je průměrná velikost obcí v ČR 1 635 obyvatel, mediánová hodnota je pouze 328 – tj. že polovina obyvatelstva žije v obcích s méně než 328 obyvateli! Rozmístění obcí je poněkud jiné v Čechách, kde převládají malé obce (200-500 obyvatel) ve vzdálenostech 2-5 km od sebe. V pahorkatinách a podhorských oblastech je osídlení řidší s mnoha drobnými lokalitami, které jsou často využívány nárazově k rekreaci, v horských oblastech pak převažuje údolní osídlení, ve kterém je mnoho opuštěných domů. Na Moravě a ve Slezsku převládají spíše větší obce (1 500-3 000 obyvatel) s většími vzdálenostmi mezi sebou. Ve více průmyslových oblastech je pak patrná větší urbanizace (Velikostní struktura obcí, ČSÚ). Nejvíce obyvatel v obcích do 2000 obyvatel tak žije ve Středočeském kraji (43 % obyvatelstva) a na Vysočině (42,4 % obyvatel), nejméně naopak v Moravskoslezském kraji (14,8 % obyvatel). Procento připojenosti je patrné z obrázku:



Obr. č. 15: Podíl obyvatel bydlících v domech připojených na kanalizaci pro veřejnou potřebu v roce 2004 v jednotlivých krajích ČR. Zdroj: Voda v ČR, 2008

Právě v malých obcích totiž často vznikají problémy s nečištěnými odpadními vodami – díky nedostatečným financím nelze sjednat nápravu a časté spoléhání na státní či projektovou grantovou pomoc vhodné řešení ještě oddaluje. EU také často dotace pozastavuje a má připomínky ke smlouvám mezi radnicemi a čistírenskými firmami. Jako odůvodnění neposkytnutí či nutnosti přepracování projektu jsou často uváděny příliš dlouhé a nepřehledné smlouvy, které jsou navíc pro města a obce nevýhodné. EU se tak zdráhá finančně přispívat na výstavby čistíren soukromým firmám, které kanalizace a čistírny provozují (Besperát, 2008).

Rozvoj kanalizací a čistíren odpadních vod v ČR je v současné době prioritním úkolem v oblasti ochrany vod, protože díky vyjednanému přechodnému období za zavedení požadavků směrnice č. 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod (r. 2010) musí být zajištěny tyto požadavky:

- všechny aglomerace s populačním ekvivalentem vyšším než 2 000 EO budou vybaveny stokovými soustavami městských odpadních vod
- městské odpadní vody odváděné stokovými soustavami v aglomeracích s populačním ekvivalentem vyšším než 2 000 EO budou před vypouštěním podrobeny sekundárnímu nebo jinému ekvivalentnímu čištění
- městské odpadní vody odváděné stokovými soustavami v aglomeracích menších než 2 000 EO budou před vypouštěním podrobeny „přiměřenému čištění“
- městské odpadní vody odváděné stokovými soustavami v aglomeracích s populačním ekvivalentem vyšším než 10 000 EO budou před vypouštěním čištěny podle přísnějších požadavků, a to vzhledem k tomu, že celé území ČR je označeno jako citlivá oblast a proto se zvýšil požadavek na přísnější zadržení sloučenin dusíku a fosforu

Vysoká investiční náročnost opatření na výstavbu kanalizací a čistíren odpadních vod umožnila odklad do roku 2010, již nyní je však jisté, že směrnice nebude ani do konce tohoto roku naplněna.

## 2.2 Metodika řešení

### 2.2.1

#### 2.2.2 Použitá data

Stěžejní data pro tuto práci představují časové řady chemických analýz vybraných základních ukazatelů jakosti vody z programu „Monitoring významných bodových zdrojů znečištění na drobných vodních tocích“ (dříve program „Monitoring drobných vodních toků“) provozovaný Zemědělskou vodohospodářskou správou (ZVHS). Zdrojem dat je ZVHS. Doplňkové informace k prováděným odběrům poskytli pracovníci lokálních pracovišť ZVHS.

Doplňková data tvoří chemické analýzy některých základních ukazatelů jakosti vody prováděných v rámci kontroly na čistírnách ve zvolených lokalitách. Zdrojem těchto dat a informační zdroje týkající se stavu, provozu a dalších informací o čistírnách a kanalizacích jsou jednotliví provozovatelé čistíren a kanalizací:

lokality	poskytovatel dat
Čejkovice	Obec Čejkovice
Černošín	Jihočeský vodárenský svaz, a. s.
Dolní Bousov	Obec Dolní Bousov
Dolní Třebonín	Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a. s.
Tochovice	Vodovody a kanalizace Beroun, a. s.

Tab. č. 10: Poskytovatelé dat vybraných chemických analýz na čistírnách odpadních vod

Data průměrných dlouhodobých průtoků poskytla místní pracoviště Českého hydrometeorologického ústavu.

Informační data týkající se jednotlivých lokalit byla pro maximální zabezpečení aktuálnosti získána na obecních úřadech dotčených obcí. Informace o zdrojích zemědělského znečištění pocházející ze živočišné výroby byly získány od místních soukromých zemědělců a provozů:

lokality	poskytovatel dat
Čejkovice	Zemědělská a. s. Čejkovice Templářské sklepy Čejkovice
Černošín	Zemědělské družství Vlčák Černošín
Dolní Bousov	v dotčeném povodí není živočišná výroba
Dolní Třebonín	Zemědělské družstvo Třebonín
Tochovice	Zemědělské obchodní družstvo Starosedlský Hrádek

Tab. č. 11: Poskytovatelé informací o zemědělské živočišné výrobě

Při výběru lokalit byly použity Registr komunálních zdrojů znečištění a Evidence odběrů a vypouštění, vedených v rámci Hydroekologického informačního systému Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

V práci byly dále použité mapy krajinného pokryvu, zpracované na základě databáze Corine 2006, 1: 25 000, zdrojem je Cenia (2010). Legenda k mapám je znázorněna na obr. č. 16.

## CORINE 2006

### corine\_clc\_06.LEVEL3

	1.1.1. Souvisla mestska zastavba
	1.1.2. Nesouvisla mestska zastavba
	1.2.1. Prumyslove a obchodni arealy
	1.2.2. Silnicni a zeleznicni sit s okolim
	1.2.3. Pristavy
	1.2.4. Letiste
	1.3.1. Oblasti soucasne tezby surovin
	1.3.2. Haldy a skladky
	1.3.3. Staveniste
	1.4.1. Mestske zelene plochy
	1.4.2. Sportovni a rekreacni plochy
	2.1.1. Nezavlazovana orna puda
	2.2.1. Vinice
	2.2.2. Sady, chmelnice a zahradni plantaze
	2.3.1. Louky a pastviny
	2.4.2. Smesice poli, luk a trvalych plodin
	2.4.3. Zemedelske oblasti s prirodzenou vegetaci
	3.1.1. Listnate lesy
	3.1.2. Jehlicnate lesy
	3.1.3. Smisene lesy
	3.2.1. Prirodni louky
	3.2.2. Stepi a kroviny
	3.2.4. Nizky porost v lese
	3.3.2. Skaly
	4.1.1. Mokriny a mocaly
	4.1.2. Raseliniste
	5.1.1. Vodni toky
	5.1.2. Vodni plochy

Obr. č. 16: Legenda k mapám na obrázcích č. 17 – 25.



## 2.2.3 Metody zpracování a hodnocení

### 2.2.3.1 Metodika výběru lokalit

Jako zdroj pro výběr sledovaných povodí byl vybrán „Monitoring drobných vodních toků“ (nyní pod jménem Monitoring významných bodových zdrojů znečištění na drobných vodních tocích) ZVHS, který se specializuje na malé toky a zároveň zahrnuje relativně dlouhé časové období. Výběr z jednoho monitorovacího souboru zabezpečuje stejné metodické postupy odběru a chemického rozboru daných vzorků. Další soubory státní monitorovací sítě nebyly vhodné zejména kvůli větší ploše sledovaných povodí.

Hlavním kritériem bylo umístění monitorovacího bodu pod obcí, jejíž velikost nepřesahuje 2 000 obyvatel. Tato velikostní hranice byla vybrána v souladu se Směrnicí č. 91/676/EC o čištění městských odpadních vod, která udává počet 2 000 ekvivalentních obyvatel (EO) jako horní hranici pro obce s požadavkem odpovídajícího čištění odpadních vod. Upřednostňovány byly nejmenší povodí (max. 20 km<sup>2</sup>), v kterých se nacházela pouze jedna obec z důvodu minimalizace dopadů dalšího komunálního znečištění a samočištění v toku s převažujícím zemědělským charakterem. Z takto vybraných obcí poté byly další selekcí vyloučeny ty, ve kterých se po dobu monitoringu udála význačná změna ve využívání ploch, v kterých nebyla postavena ČOV, byl přítomen průmyslový provoz, nebo kde doba provedeního monitoringu nezahrnovala tři zvolené hodnocené období:

- stav kvality vody při stavu, kdy není odpadní voda čištěna a prakticky volně se vsakuje do vodoteče (pro zjednodušení dále označováno jako období „před“)
- stav toku při zkušebním provozu čistírny (obvykle kolem 12 měsíců), kdy je nová čistírna uváděna do provozu (dále uváděno jako „během“)
- stav kvality vody v toku po kolaudaci čistírny, tedy při běžném provozu (dále označováno jako „po“)

Při těchto kritériích výběru bylo z celého monitorovacího programu vyselektováno celkem pouze 5 vhodných lokalit. Důvodů nízkého počtu vybraných profilů je několik:

1. Monitorovací programy ZVHS jsou založeny za účelem sledování narušení akvatických ekosystémů vodních toků. Změny, které se dějí v povodí jsou ve vztahu k monitoringu nezávislé a náhodné
2. Výpadky monitoringu v rozhodujících časových obdobích
3. Chyby v databázích v době výběru – např. vyústění čistírny bylo reálně odvedeno jinam, než do měřeného toku, uvedená čistírna nebyla v provozu apod.

Přehledný souhrn vybraných kritérií povodí uvádí následující tabulka:

Obec tok	Trvání monitoringu	Rozloha povodí v km <sup>2</sup>	Počet obyvatel	Průměrný Průtok toku v l/s	Zemědělská půda v %	Orná půda v %	Les v %	Počet ks skotu
Čejkovice Prušánka	1995-2008	16	2 571	17	83	60	8	420
Černošín Černošínský potok	2001-2008	8,34	917	29	63	42	25	390
Dolní Bousov Bousovský potok	1993-2009	4,9	1 800	8,7	56	56	33	0
Dolní Třebonín Třebonínský potok	1995-2009	4,27	1 000	24	82	65	8	400
Tochovice Modřejka	2001-2008	6,6	600	17	83	83	4	240 + 1 000 prasat

Tab. č. 12: Přehled základních charakteristik vybraných povodí

### 2.2.3.2 Výběr indikátorů

Pro účely práce bylo zvoleno 10 základních indikátorů jakosti vody dle normy ČSN 75 7221 „Jakost vody – Klasifikace jakosti povrchových vod“:

#### 1. rozpuštěný kyslík ( $O_2$ )

Rozpuštěný kyslík ovlivňuje většinu biochemických procesů a bývá limitujícím faktorem pro život vodních organismů. Jeho koncentrace ve vodách je indikátorem čistoty a je závislá na teplotě vody, atmosférickém tlaku, slunečním svitu, fotosyntetické aktivitě řas a na dýchání vodních organismů. Proto jsou vzorky odebírané ZVHS prováděny zhruba ve stejnou hodinu. Následkem chemické a biochemické oxidace znečišťujících látek ve vodě může při nízkých průtocích a vyšších teplotách klesnout obsah kyslíku až pod 3 mg/l, což je kritický stav pro většinu organismů a prakticky ustává i samočistící schopnost toku (Hvízdal, Zachařová, 2001).

#### 2. biologická spotřeba kyslíku za 5 dní ( $BSK_5$ )

Stanovení vychází z určení množství rozpuštěného kyslíku, které je spotřebováno při biologické oxidaci organických látek při aerobních podmínkách. Vyjadřuje míru znečištění biologicky rozložitelnými organickými látkami. Patří mezi nejdůležitější kritéria hodnocení povrchových a odpadních vod.

#### 3. chemická spotřeba kyslíku ( $CHSK_{Cr}$ )

Chemická spotřeba kyslíku představuje množství biologicky rozložitelných i nerozložitelných organických látek ve vodě oxidovatelných silným činidlem. Detekuje znečištění ze zemědělství (z rostlinné a živočišné výroby) a z průmyslu.

#### 4. celkový organický uhlík (TOC)

Stanovení celkového organického uhlíku představuje množství veškerých organických látek. Je vždy větší než CHSK.

#### 5. konduktivita, vodivost ( $\kappa$ )

Konduktivita dává informaci o koncentraci rozpuštěných, zejména anorganických látek. Představuje minerální znečištění vody – tedy součet amonných, vápenatých, draselných a sodných solí a chloridů, síranů a fosforečnanů.

#### 6. amoniakální dusík ( $N-NH_4$ )

Určení amoniakálního dusíku patří mezi stěžejní stanovení, indikuje fekální znečištění z obcí a z živočišné zemědělské výroby, případně i úniky některých hnojiv (statková hnojiva, ledek, močovina) z polí.

#### 7. dusitanový dusík ( $N-NO_2$ )

Dusitanový dusík je většinou přechodným oxidačním stupněm vznikající biochemickou oxidací (nitrifikací) mezi amonnými ionty a dusičnany. Vyšší obsah může znamenat fekální znečištění či průmyslové znečištění ze specifických provozů. V oxických podmínkách přírodních vod je nestálé. Je zdravotně závadný, způsobuje methemoglobinemii projevující se sníženým přenosem kyslíku v krvi.

#### 8. dusičnanový dusík ( $N-NO_3$ )

Stanovení dusičnanového dusíku patří také k základním analýzám jakosti vody. Je konečnou formou oxidace dusíkatých látek a proto indikuje úniky hnojiv ze zemědělských ploch, případně staré fekální znečištění. Po redukci v zažívacím traktu se mění na dusitany, způsobuje methemoglobinemii a je zdrojem tvorby látek, majících karcinogenní charakter. Dusičnany ve vodách jsou v současné době velmi sledované.

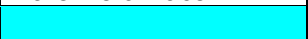









#### 9. celkový fosfor ( $P_C$ )

Celkový fosfor je tvořen anorganickými ortofosforečnany, polyfosforečnany a organicky vázaným fosforem. Organicky vázaný fosfor pochází z rozkladných procesů biomasy a z chemických přípravků používaných v zemědělství.

#### 10. fosforečnanový fosfor ( $P-PO_4$ )

Zjednodušeně se označuje jako fosforečnanový fosfor, při stanovení je však zachycena i část fosforu z labilních vazeb organických i anorganických sloučenin (Pitter, 1999). Anorganické ortofosforečnany jsou indikátorem fekálního znečištění, polyfosforečnany pochází z hnojiv, pracích a čistících prostředků a z průmyslu.

Grafické informace týkající se zvolených indikátorů jsou v rámci této práce pro přehlednost značeny vždy přiřazenou barvou, viz tabulka:

Indikátor	Barevné označení	Indikátor	Barevné označení
O <sub>2</sub>		N-NH <sub>4</sub>	
BSK <sub>5</sub>		N-NO <sub>2</sub>	
CHSK <sub>Cr</sub>		N-NO <sub>3</sub>	
TOC		P <sub>C</sub>	
koduktivita		P-PO <sub>4</sub>	

2.2.3.3 Tab. č. 13: Barevné označení zvolených indikátorů

#### 2.2.3.4 Metodika odběrů a analýz vzorků

Odběry a převoz vzorků vody na profilech ZVHS byly odebírány proškolenými pracovníky místních pracovišť ZVHS podle platné metodiky (Skočovský, Pavliš a kol., 2001). Ve většině případů byla frekvence odběru vzorků 1 měsíc. V některých případech došlo k přerušení monitoringu (přesně definované doby monitoringu jsou v úvodu výsledků každé lokality). Analýzy vzorků byly prováděny v akreditovaných laboratořích dle schválené metodiky (Hvízďal, Zachařová, 2001). Následující přehled podává základní informace o odběrech a analýzách zvolených indikátorů v rámci monitoringu ZVHS:

##### 1. rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Vzorek se odebírá do speciálních skleněných kalibrovaných vzorkovnic se zábrusem. Voda se odebírá volně v toku, ve vzorkovnici nesmí zůstat vzduchové bubliny. Po odběru se ihned fixuje Winklerovým činidlem I a II, vzorek se uloží do chladna a zpracuje se do 24 hodin. V alkalickém prostředí reaguje rozpuštěný kyslík s hydroxidem manganatým na hydroxidy manganu. Přídavkem jodidu vzniká manganitý ion a jod, který se titruje thiosíranem na indikátor škrob.

##### 2. biologická spotřeba kyslíku (BSK<sub>5</sub>)

Vzorek je volně nabrán do skleněné nebo plastové vzorkovnice bez konzervace a udržuje se v chladnu a temnu. Určuje se jako rozdíl koncentrací rozpuštěného kyslíku v čase t=0 a čase t=5 dní.

##### 3. chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

Odběry vzorků se provádějí stejně jako u BSK, jako silné oxidační činidlo se používá dichroman draselný.

##### 4. celkový organický uhlík (TOC)

Vzorek se odebírá do plastové nebo skleněné vzorkovnice bez konzervace. Zpracovává se termickou oxidací látek při 900 – 1 000 °C za přítomnosti katalyzátoru, kdy se oxidují veškeré organické látky na oxid uhličitý. Vzniklý oxid uhličitý se stanovuje v infračervené oblasti spektra (Pitter, 1999). Laboratoře spolupracující se ZVHS zpracovávají vzorky TOC dle normy ČSN EN 1484 IR spektrometrie.

##### 5. koduktivita (κ)

Stanovuje se z ostatních vzorků v laboratoři, případně v terénu přenosným koduktometrem. Při stanovení je postupováno dle normy ČSN EN 27888 Metoda potenciometrická

##### 6. amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

Vzorek se odebírá do tmavých skleněných lahví s přídavkem kyseliny sírové nebo do plastových lahví, kdy se kyselina přidává až v laboratoři. Převáží se v chladnu a temnu. Stanovuje se souhrnná koncentrace NH<sub>3</sub> a NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ve výsledcích analýz se ale většinou uvádí

přepočet označený jen  $\text{NH}_4^+$ . Určuje se spektrometricky s Nesslerovým činidlem a vínanem sodno-draselným podle normy ČSN ISO 7150 Manuální spektrometrická metoda

7. dusitanový dusík (N- $\text{NO}_2$ )

Odběr a převoz vzorků se provádí stejně jako u amoniakálního dusíku. Po přidavku činidel se spektrofotometricky stanovuje jako červenofialové azobarvivo podle normy ČSN EN 26777 Metoda spektrofotometrická

8. dusičnanový dusík (N- $\text{NO}_3$ )

Odběr a převoz vzorků se provádí stejně jako u amoniakálního a dusitanového dusíku. Stanovuje se spektrometricky dle ČSN ISO 7890-3 Metoda spektrometrická s kyselinou sulfosalicylovou

9. celkový fosfor ( $\text{P}_C$ ) a fosforečnanový fosfor ( $\text{P-PO}_4$ )

Odběr se provádí do čistých vzorkovnic bez konzervačního činidla nebo s kyselinou sírovou. Koncentrace se určují dle normy ČSN EN 1189 Spektrometrická metoda s molybdenanem amonným.

Vzorky vody z vybraných čistíren byly odebírány pracovníky provozu jednotlivých ČOV a dopravovány do akreditovaných laboratoří k analýzám. V některých případech byly vzorky odebírány velmi nepravidelně či ve velkých časových intervalech (více ve výsledcích u jednotlivých lokalit). U vzorků BSK<sub>5</sub> byla inhibována nitrifikace z důvodu potlačení oxidace dusíkatých anorganických látek (Pitter, 1999). Biologická spotřeba kyslíku tak mohla ve výsledcích vycházet menší než v toku. Vzorky z toku takto upravovány nebyly.

### **2.2.3.5 Statistické zpracování a hodnocení**

Vývoj změn koncentrací indikátorů v důsledku postavení ČOV je možno kvantifikovat více možnými způsoby. Metodika zpracování práce je zaměřena spíše na důkladnou popisnou statistiku než na statistiku induktivní (testování hypotéz). V práci bylo použito několik grafických porovnání – pomocí spojnicových grafů, krabicových grafů (box plots) a sloupcových grafů. Každý způsob grafického porovnání přináší výstupy z jiného pohledu. Pro posouzení závislosti mezi koncentracemi indikátorů v toku a na ČOV byla použita korelační analýza na základě Spearmanových korelačních koeficientů (R). I přes zjevný vliv koncentrací v toku a v čistírně, patrný často z kombinovaného spojnicového grafu, mohou být korelační koeficienty nízké. Důvodem je časový posun (i několik dní) odběru vzorků z čistírny a z toku (odběry byly prováděny na sobě nezávislými organizacemi).

#### Posouzení trendového vývoje koncentrací indikátorů v celé časové řadě na základě spojnicových grafů

Dlouhodobý trend vývoje koncentrací indikátorů v celé sledované časové řadě před, během a po uvedení čistírny do provozu je možno sledovat prostřednictvím spojnicových grafů. Období zkušebního provozu je v grafu znázorněno červeným obdélníkem.

#### Porovnání změn koncentrací indikátorů na základě krabicových grafů (Box plots)

Grafické porovnání vývoje změn koncentrací bylo provedeno pomocí krabicových grafů (box plots). Dolní a horní konec vousu znázorňují minimum a maximum souboru dat. Dolní okraj krabice odděluje 25 % nejnižších hodnot (dolní kvartil). Horní okraj krabice odděluje 25 % nejvyšších hodnot (horní kvartil). Čára uvnitř krabice znázorňuje medián. Body mimo vousy krabice jsou extrémně vysoké či nízké hodnoty u dat, které vybočují ze souboru. Za odlehlou hodnotu (znázorněnou kolečkem) se považuje hodnota, která je ve vzdálenosti delší než 1,5 násobek délky boxu (mezikvartilové rozpětí). Za extrémně odlehlou hodnotu (znázorněnou hvězdičkou) pak hodnota ve vzdálenosti delší než trojnásobek délky boxu (Hendl, 2006). V každém obrázku jsou znázorněny vždy krabicové grafy pro období před zavedením čistírny, zkušební období a období po zavedení čistírny rozdělené po 12 měsících (označené 1. po – první rok normálního provozu, 2. po – druhý rok normálního

provozu atd.). Výhodou box plotů je znázornění celého souboru dat v jednom grafu a tedy možnost posouzení rozptylu dat během sledovaného období.

#### Porovnání změn koncentrací indikátorů na základě zastoupení v jednotlivých třídách ve sloupcových grafech

V každém grafu jsou znázorněny vždy tři pravo-levé řady sloupců, vyjadřujících početní zastoupení měření v daných třídách jakosti vody v období před, během a po spuštění zkušebního provozu čistírny. Absolutní hodnoty měření byly přiřazeny k jednotlivým třídám jakosti podle mezních hodnot tříd jakosti vody (ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod). Dle výšky jednotlivých sloupců je možno sledovat přesun počtu měření v daných třídách jakosti v časových úsecích vymezených postavením a provozem čistírny.

#### Korelační analýza závislosti mezi koncentracemi indikátorů a sledovanými faktory

Závislosti mezi koncentracemi indikátorů v toku a na odtoku z čistírny byly posouzeny pomocí korelačních koeficientů uspořádaných do korelační matice. Protože u některých indikátorů nebyla na základě Shapiro-Wilkova testu normality potvrzena normalita dat a v souborech dat byly zastoupeny odlehle hodnoty, byl použit neparametrický Spearmanův koeficient pořadové korelace.

Korelační koeficient (R) nabývá vždy hodnot v rozmezí -1 až 1. Pokud je R blízko -1, znamená to nepřímou závislost mezi indikátory. Pokud vyjde R blízko +1, znamená to přímou závislost. Pokud vyjde R blízko 0, znamená to, že veličiny jsou na sobě nezávislé.

Podstatou Spearmanova koeficientu pořadové korelace je, že nepočítá přímo se samotnými čísly, ale každé hodnotě přiřadí pořadí dle obou veličin. Čím více se tato pořadí shodují, tím je koeficient blíže 1. Hodnota 1 by nastala, kdyby obě sledované veličiny seřadily data shodně. Naopak - 1, kdyby veličiny seřadily data úplně obráceně. Pro výpočet Spearmanova korelačního koeficientu  $\rho$  se užívá vzorce:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

kde  $n$  znamená počet dvojic měření a  $d_i$  rozdíl (diferenci) pořadí pro každou  $i$ -tou dvojici měření (Zvára, 2004).

V korelačních maticích je první číslo daný korelační koeficient. Druhé číslo je signifikance (významnost) testu, který ověřuje nulovou hypotézu, že mezi danými parametry neexistuje závislost oproti hypotéze, že jsou závislé. Je-li tato hodnota menší než 0,05 (značeno \*), lze považovat závislost za statisticky průkaznou. Pokud je tato hodnota dokonce menší než 0,01 (značeno \*\*), lze považovat závislost za statisticky vysoce průkaznou.

Pro zpracování bylo použito programů MS Word, MS Excel a SPSS 15.

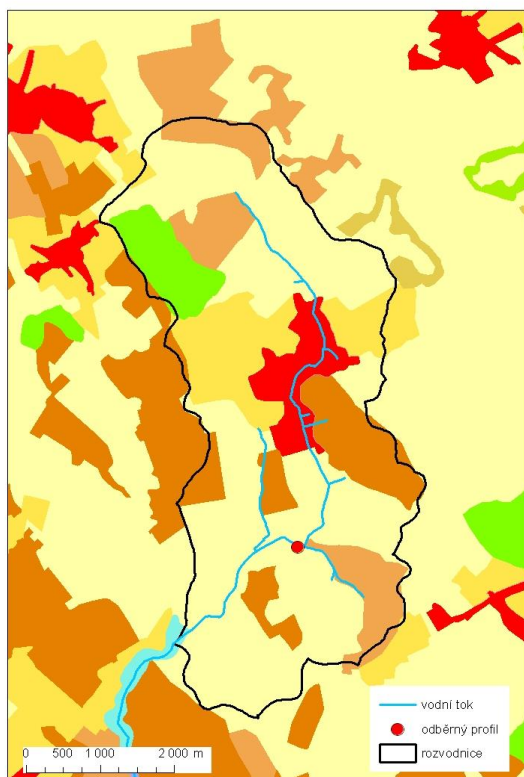
## 2.2.4 Modelová povodí

### 2.2.4.1 Prušánka, profil Čejkovice

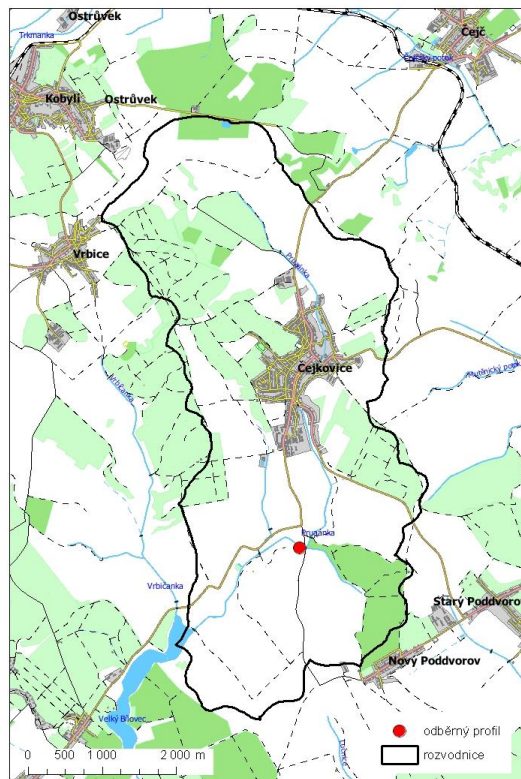
Povodí Prušánky leží na jižní Moravě v Kyjovské pahorkatině v okrese Hodonín. Plocha povodí v definovaném profilu v Čejkovicích je 16 km<sup>2</sup>. Prušánka pramení ve výšce 229 m n. m. a je přítokem Kyjovky. Délka toku k odměrnému profilu je 6,2 km, odměrný bod je ve výšce 194 m n. m. a je vzdálen 1,2 km od obce, dlouhodobý průměrný průtok je 17 l/s, specifický odtok z povodí je 1,06 l/s/km<sup>2</sup>. V povodí bývají velké výkyvy průtoků při bouřkách, v letních měsících nad obcí tok dokonce vysychá. Prušánka má v celém definovaném povodí charakter upravené lichoběžníkové strouhy s úzkým pásem travnatého břehu.

Povodí Prušánky je převážně zemědělské (83 % plochy je zemědělská půda, z toho 51 % orná půda, 9 % vinice, 9 % směsice polí, luk a trvalých plodin a 14 % sadů), listnatý les zaujímá 8 % a intravilán 9 % plochy povodí (viz obrázek č. 17). 9 % plochy povodí je odvodněno.

V obci Čejkovice žije 2 571 obyvatel, mechanicko-biologická čistírna byla postavena v r. 2004 pro 3 200 ekvivalentních obyvatel (EO). Provozovatelem čistírny je obec. Nová jednotná kanalizace byla stavěna od r. 2000, převážná část se postavila v letech 2002 – 2004. Odkanalizováno je 99,5 % obce. V obci jsou umístěny vinařské provozy, které ovlivňují kvalitu odpadní vody nárazově oplachovými vodami převážně v podzimních a zimních měsících. Zemědělská akciová společnost má na území povodí ustájeno trvale 410 krav.



Obr. č. 17: Krajinný pokryv, povodí Prušánky, Čejkovice



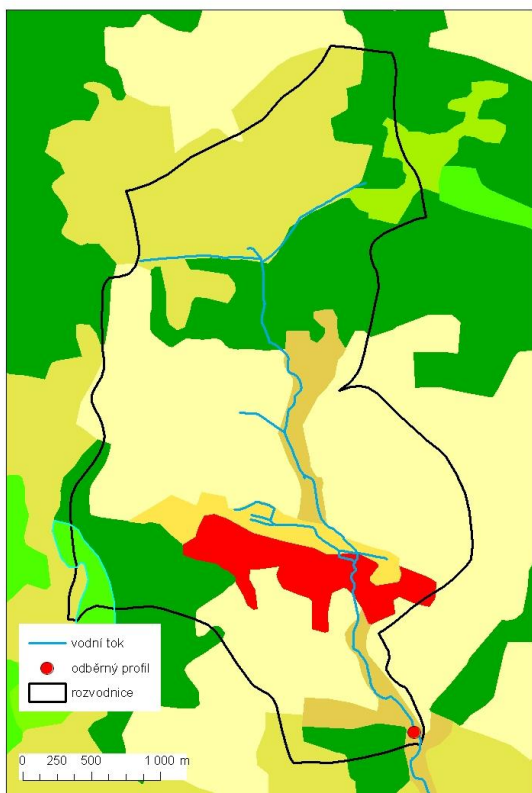
Obr. č. 18: Digitální model území, povodí Prušánky, Čejkovice

### 2.2.4.2 Černošinský potok, profil Černošín

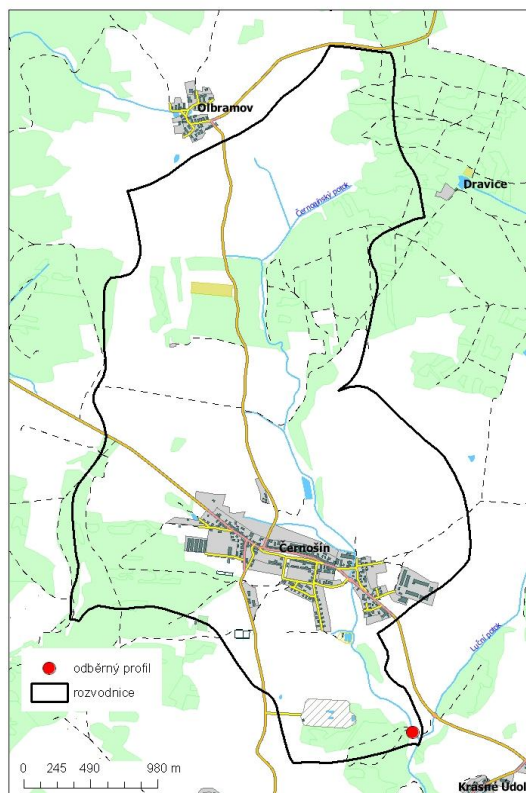
Povodí Černošinského potoka leží v západních Čechách v okrese Tachov v Plaské pahorkatině. Povodí zaujímá plochu 8,34 km<sup>2</sup>, délka Černošinského potoka v rámci vymezeného povodí je 4,2 km, dlouhodobý průměrný průtok je 29 l/s, specifický odtok je 10,84 l/s/km<sup>2</sup>. Černošinský potok pramení v nadmořské výšce 555 m n. m., odměrný profil je v 478 m n. m., v 383 m n. m. se pak vlévá do Mže. Asi 300 m pod pramenem je vybudována malá nádrž, značně zanesená sedimenty. Necelý kilometr nad obcí je vybudována sedimentační nádrž s objemem 4 tis. m<sup>3</sup> s obvodovou struhou. Na západním okraji obce je vybudována menší nádrž na přibližně 1 800 m<sup>2</sup>. Černošinský potok má na většině území charakter přirozeně meandrujícího toku s bohatým stromovo – keřovým břehovým porostem.

V povodí Černošinského potoka je 63 % plochy pokryto zemědělskou půdou (41 % orná půda, 18 % louky a pastviny, 4 % směsice polí, luk a trvalých plodin) a 25 % lesem. Intravilán obce pokrývá 6 % plochy a 6 % zaujímají zemědělské oblasti s přirozenou vegetací (příbřežní pásmo potoka) – viz. obr. 19. Meliorace jsou na 13 % plochy povodí.

Obec Černošín je umístěna asi 600 m nad odměrným profilem, má 917 stálých obyvatel. Mechanicko-biologická čistírna odpadních vod byla postavena v r. 2002 pro 950 EO. Provozovatelem čistírny je Jihočeský vodárenský svaz, a. s. Dlouhý zkušební provoz (ukončen v r. 2005) byl způsoben velkým přítokem balastních vod na čistírnu a dlouhé úpravy technologií na ČOV. Asi 40 % kanalizace je betonové a pochází z r. 1911, protože vyhověla všem požadavkům, je používána i nadále. 60 % chybějící kanalizace bylo dobudováno spolu s dosazovacími rybníčky po r. 1980 (celkem 4 rybníčky pod obcí), fungovaly až do výstavby nové čistírny v r. 2002). Celkově je obec odkanalizována asi z 98 %. V obci je umístěna provozovna firmy EMZ Hanauer, provádějící montáž elektroniky a textilní firma Ri-Vaj s. r. o., ani jedna z těchto firem výrazně neovlivňuje složení odpadních vod svým provozem. Na území obce je ustájeno 390 krav Zemědělského družstva Vlčák Černošín.



Obr. č. 19: Krajiný pokryv, povodí Černošinského potoka, Černošín



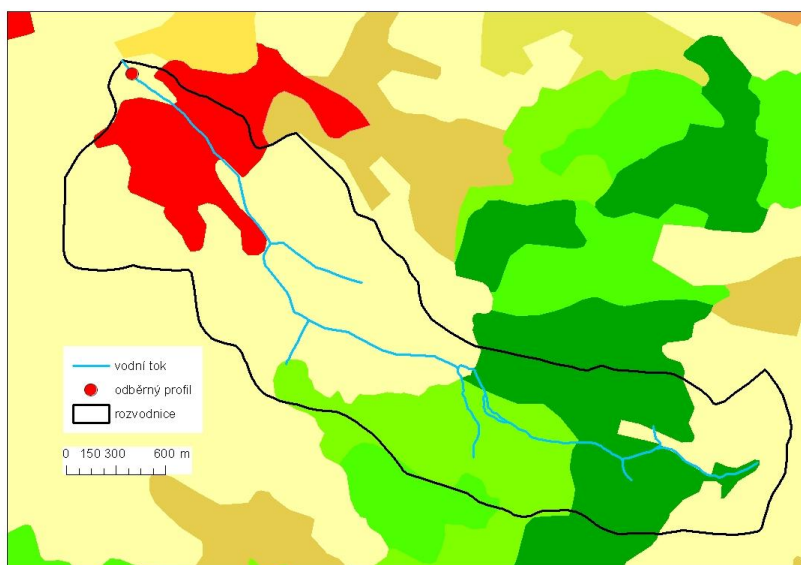
Obr. č. 20: Digitální model území, povodí Černošinského potoka, Černošín

### 2.2.4.3 Bousovský potok, Dolní Bousov

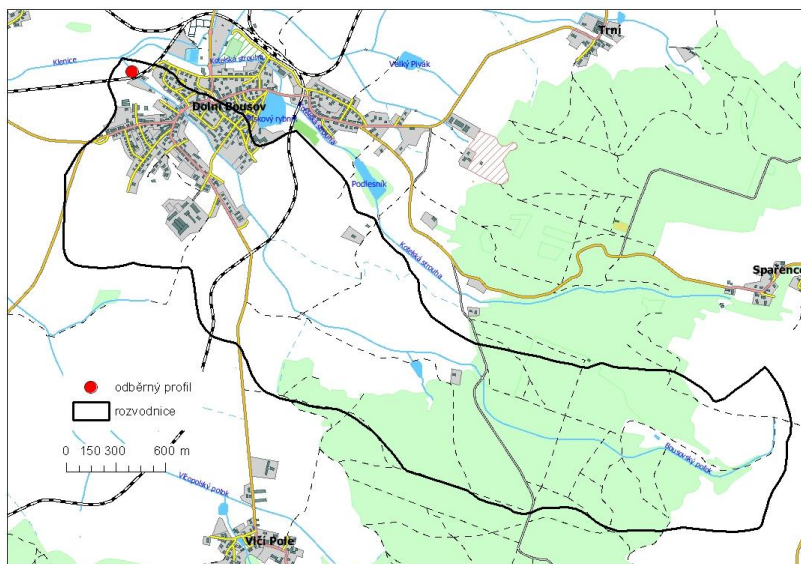
Bousovský potok se nachází v Jičínské pahorkatině, v okrese Mladá Boleslav. Zaujímá 4,9 km<sup>2</sup> velké povodí, ve kterém má délku 3,95 km. Dlouhodobý průtok je 8,7 l/s a specifický odtok je tak 1,78 l/s/km<sup>2</sup>. Tok pramení v 318 m n. m. a ústí v 296 m n. m. do Klenice. Závěrový profil toku je v tomto případě i odměrným profilem. V intravilánu obce a mezi poli má tok charakter upravené lichoběžníkové strouhy s travnatým břehem, v lese (přibližně ¼ délky toku) má pak charakter přirozeného neupraveného meandrujícího toku. V povodí jsou dvě malé nádrže (4 800 a 1 600 m<sup>2</sup>) na bočním levostranném lesním přítoku Bousovského potoka.

Plocha povodí je pokryta z 56 % ornou půdou, z 32 % lesy a 12 % plochy tvoří intravilán obce (obr. č. 21). 33 % plochy povodí je odvodněno.

Obec Černošín se nachází v těsné blízkosti profilu (nejbližší budovou je ČOV, jejíž vyústění je 50 m od profilu). V Černošíně trvale žije 1994 obyvatel. Mechanicko-biologická čistírna byla postavena v r. 2004 pro 2200 EO. Jednotná kanalizace je vybudována zhruba pro 70 % obyvatel obce. V obci se nenachází žádný průmyslový provoz ani živočišná zemědělská výroba.



Obr. č. 21: Krajinný pokryv, povodí Bousovského potoka, Dolní Bousov



Obr. č. 22: Digitální model území, povodí Bousovského potoka, Dolní Bousov

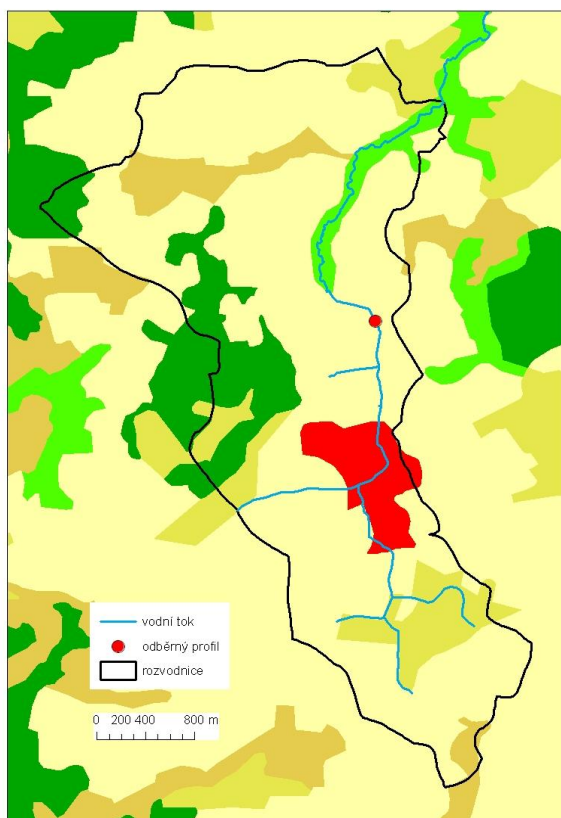


#### 2.2.4.4 Třebonínský potok, Dolní Třebonín

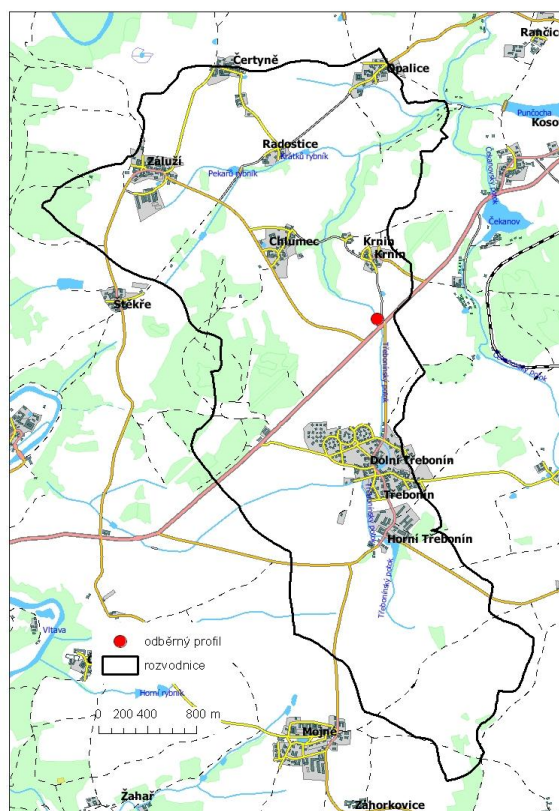
Povodí Třebonínského potoka se nachází v Novohradském podhůří v okrese Český Krumlov. Plocha povodí je 4,27 km<sup>2</sup>, a tok je v rámci zvoleného povodí dlouhý 4,4 km. Dlouhodobý průtok je 24 l/s, a specifický odtok pak 5,62 l/s/km<sup>2</sup>. Pramen se nachází v 553 m n. m. a monitorovací profil v 509 m n. m., Třebonínský potok ústí po dalších 6 km do Vltavy. Tok je téměř po celé své délce narovnaný a břehy jsou zatravněny. Nad obcí je vybudována nádrž s plochou asi 8 000 m<sup>2</sup>.

Povodí je z 82 % zastoupeno zemědělskou plochou (65 % orná půda, 16 % louky a pastviny), 10 % plochy tvoří intravilán obce a 8 % jehličnaté lesy (obr. č. 23). 34 % plochy povodí je odvodněno.

Dolní Třebonín je vzdálen asi 800 m nad odměrným profilem, žije v něm 1 000 stálých obyvatel. Do r. 2003 žilo v obci pouze 450 trvalých obyvatel, od r. 2003 do r. 2005 se přistěhovalo 550 obyvatel do nové zástavby na severním okraji obce. Nová biologicko-mechanická čistírna Envipur s předřazenou denitrifikací byla vybudována v r. 2004 pro 1 000 EO. Odkanalizováno je 95 % obce, více jak polovina kanalizace (převážně v nové zástavbě) je nová. V obci není přítomen průmysl. Zemědělské družstvo Třebonín má v Třeboníně dlouhodobě ustájeno 400 krav. Do r. 2000 byla na území i malá drůbežárna.



Obr. č. 23: Krajiný pokryv, povodí Třebonínského potoka, Dolní Třebonín



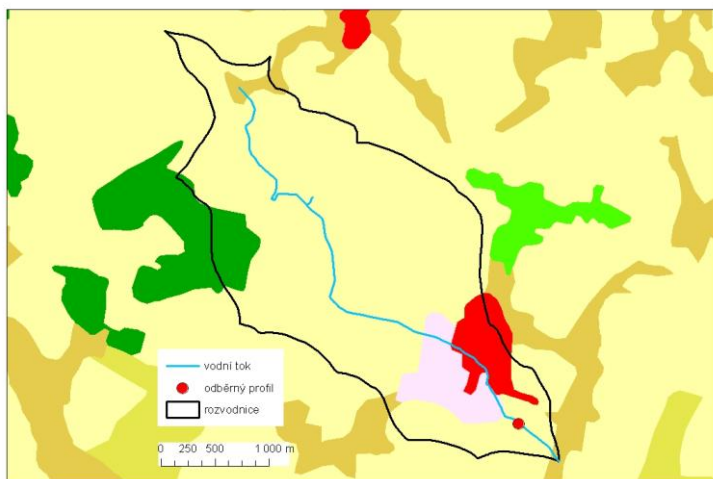
Obr. č. 24: Digitální model území, povodí Třebonínského potoka, Dolní Třebonín

### 2.2.4.5 Modřejka, Tochovice

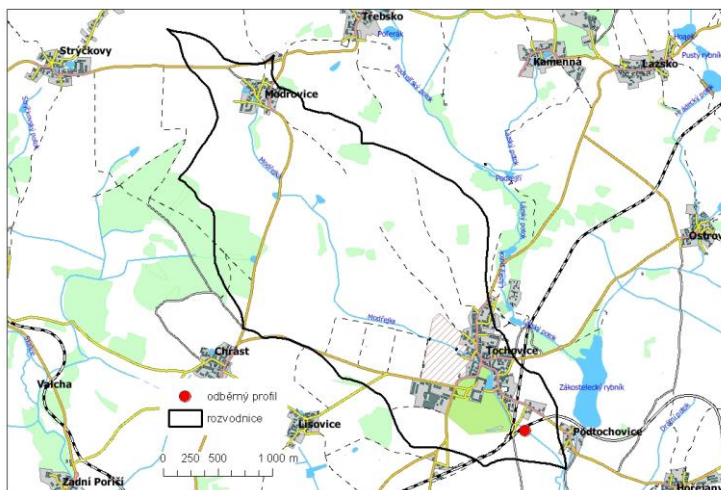
Povodí Modřejky leží v Benešovské pahorkatině v okrese Příbram. Plocha povodí je 6,6 km<sup>2</sup> a délka toku v něm 6,1 km. Modřejka se vlévá do Hrádeckého potoka (někdy nazývaného také Drážní potok). Průměrný dlouhodobý průtok je 17 l/s a specifický odtok z povodí pak 2,58 l/s/km<sup>2</sup>. Pramen Modřejky se nachází v 570 m n. m. a měřený profil ve 476 m n. m. U pramene Modřejky v cípu obce Modřejevice byly vybudovány na toku 3 malé nádrže, na 1,3 km je vybudována další nádrž (přibližně 3 000 m<sup>2</sup>), 300 m po toku pak ještě jedna, neprůtočná, stejně velká nádrž. Zhruba 500 m nad odběrným profilem leží zámecký rybník s obvodovou stokou (přibližně 8 000 m<sup>2</sup>). Modřejka má charakter upraveného narovnaného toku s travnatým břehem, pod obcí je břeh doprovázen stromy.

Plochu povodí Modřejky zaujímá z největší části orná půda (83 %), dále pak sportovní a rekreační plochy - 7 % (dostihové závodiště a zámecký park). Intravilán obce zaujímá 7 % a 3 % představuje les (viz obr. č. 25). V povodí Modřejky nebyly prováděny meliorační zásahy.

Obec Tochovice leží v jižní části povodí zhruba 500 m nad odběrným profilem (asi 50 m nad vyústěním ČOV). V obci žije trvale 600 osob. Mechanicko-biologická čistírna byla postavena v r. 2004 pro 800 EO. Je přetížena balastními vodami a připravuje se její intenzifikace. Obec je odkanalizována asi ze 60 %. V obci se nenachází průmyslové provozy. Zemědělské družstvo Starosedlský Hrádek má v obci ustájeno 240 prasnic a 1 000 prasat na výkrm (kolem 25 k), do r. 2002 bylo v obci ustájeno i 100 krav. Dlouhodobě je v obci umístěn



Obr. č. 25: Krajiný pokryv, povodí Modřejky, Tochovice



Obr. č. 26: Digitální model území, povodí Modřejky, Tochovice

## 3 Výsledky

### 3.1 Změny kvality vody v modelových povodích

Tato kapitola prezentuje grafické, statistické a analytické hodnocení měřených indikátorů v jednotlivých zvolených lokalitách.

Indikátory jsou hodnoceny nejprve samostatně několika metodami a na konci každé subkapitoly je zhodnocena celková změna kvality vody v rámci sledovaných indikátorů.

V grafech, u kterých to software nedovolil, jsou indexy uvedeny normálním písmem. Ze stejných důvodů je v některých případech symbol „κ“ zaměněn za obyčejné „k“.

V grafech absolutních hodnot je graficky znázorněn zkušební provoz červeným obdélníkem.

Grafy koncentrací daného indikátoru v toku a v ČOV často vykazují malou závislost. To může být mimo jiné způsobeno i mírným posunem obou časových řad – odběry z toku a z čistírny jsou prováděny dvěma na sobě nezávislými a nekooperujícími subjekty, proto je nutné vnímat graf jako orientační znázornění koncentrací, ne jako ukázkou párových měření.

Komentář ke každé tabulce či grafu je vždy umístěn nad touto tabulkou či grafem a jakékoli zmiňování „tabulky“ či „grafu“ je směřováno k objektu přímo pod komentářem (není-li uvedeno jinak).

#### 3.1.1 Čejkovice

Monitoring kvality povrchové vody toku Prušánka v obci Čejkovice probíhal v období od 6.11.1995 do 11.3. 2008. Monitorování bylo dočasně přerušeno na 12 měsíců v období od 6.3.2001 (poslední odběr) do 2.4.2002 (opětovně obnovený odběr).

Zkušební provoz čistírny odpadních vod (ČOV) započal v září 2004 a skončil v říjnu 2005. ČOV byla uvedena do normálního provozu v listopadu 2005. Monitoring na čistírně začal 15.8.2004, přičemž k dispozici jsou data od začátku monitoringu do 15.12.2009. Hodnoty byly měřeny 1x měsíčně.

Statistické hodnoty průtoků, ČOV Čejkovice					hodnoty v l/s	
minimum	maximum	průměr	medián	90% percentil	95% percentil	
3,287	8,681	5,398	5,382	6,694	6,862	

Tab. č. 14: Statistické hodnoty průtoků, ČOV Čejkovice

Počet měření sledovaných indikátorů včetně vyjimek je uveden v následující tabulce:

období	počty měření	výjimečné počty měření		
		O <sub>2</sub>	TOC	P-PO <sub>4</sub>
před	94	91	64	34
během	14		13	
po	29			
1. po	12			
2. po	12			
3. po	5			

Tab. č. 15: Počet měření, Čejkovice

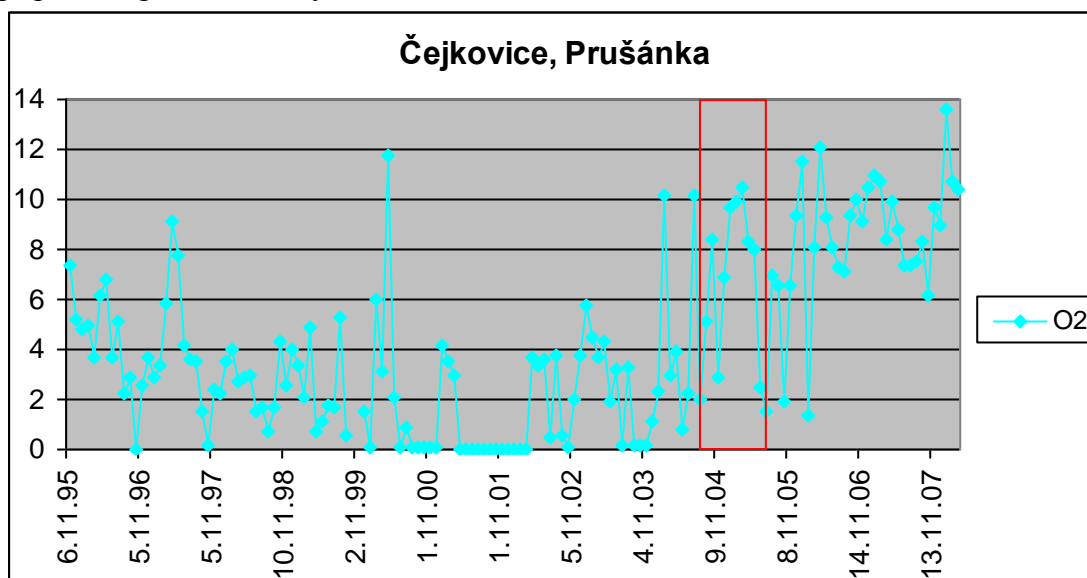
#### Rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Průměrná hodnota rozpuštěného kyslíku se v období po postavení čistírny zvýšila oproti období bez ČOV téměř 3x (o 288 %), medián za stejné období se zvýšil dokonce více než trojnásobně.

Čejkovice, O <sub>2</sub>			hodnoty v mg/l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,099	1,500	1,400	1,4	6,2	9
max.	11,800	10,500	13,600	12,1	11	13,6
průměr	3,095	6,371	8,928	8,358	8,767	10,68
medián	3,000	6,950	9,100	8,7	8,6	10,4
90%perc.	5,880	9,840	11,100	11,35	10,68	12,44
95%perc.	7,600	10,110	11,860	11,77	10,835	13,02

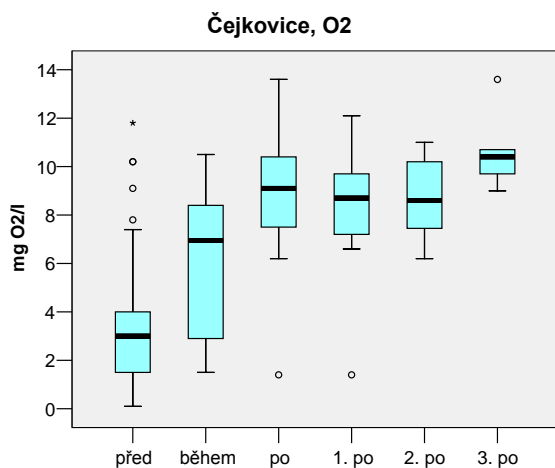
Tab. č. 16: Statistické hodnoty, Čejkovice, O<sub>2</sub>

Z průběhu absolutních hodnot koncentrací O<sub>2</sub> je jasně zřetelné výrazné zlepšení sledovaného parametru v období po postavení čistírny a dlouhodobou stagnaci hodnot v období před postavením čistírny pod 4 mg O<sub>2</sub>/l. Zlepšení kyslíkových poměrů je tak možné připsat fungování čistírny.



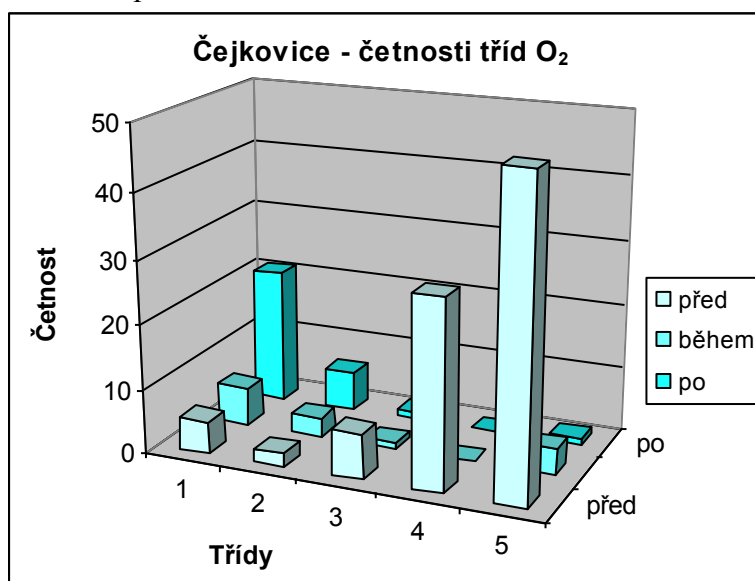
Obr. č. 27: Absolutní hodnoty O<sub>2</sub> v mg/l, Čejkovice

Na krabicovém grafu je patrné výrazné zlepšení koncentrací kyslíku – mediány (včetně mediánů jednotlivých let v období „po“) jsou ve všech případech výše, než maxima původních hodnot (období „před“). Minima nových hodnot se nacházejí v intervalu 2. třídy jakosti vody.



Obr. č. 28: Zastoupení koncentrací O<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Analýza četností tříd kvality vody (obr. č. 29) ukazuje dramatický posun od 4. a 5. třídy, kde bylo lokalizováno přes 80% naměřených hodnot, k 1. a 2. třídě, v rámci kterých se po postavení ČOV objevilo před 90% veškerých měření. I zde je patrné výrazné zlepšení měřeného parametru.



Obr. č. 29: Četnosti tříd O<sub>2</sub>, Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, O <sub>2</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	5	2	7	29	48
%	5,49	2,20	7,69	31,87	52,75
během	6	3	1	0	4
%	42,86	21,43	7,14	0,00	28,57
po ČOV	21	6	1	0	1
%	72,41	20,69	3,45	0,00	3,45

Tab. č. 17: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření O<sub>2</sub> dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Množství rozpuštěného kyslíku v toku se za sledované období výrazně zvýšilo. Toto zlepšení lze připsat ČOV – změna nastala rychle v souvislosti s uvedením ČOV do provozu.

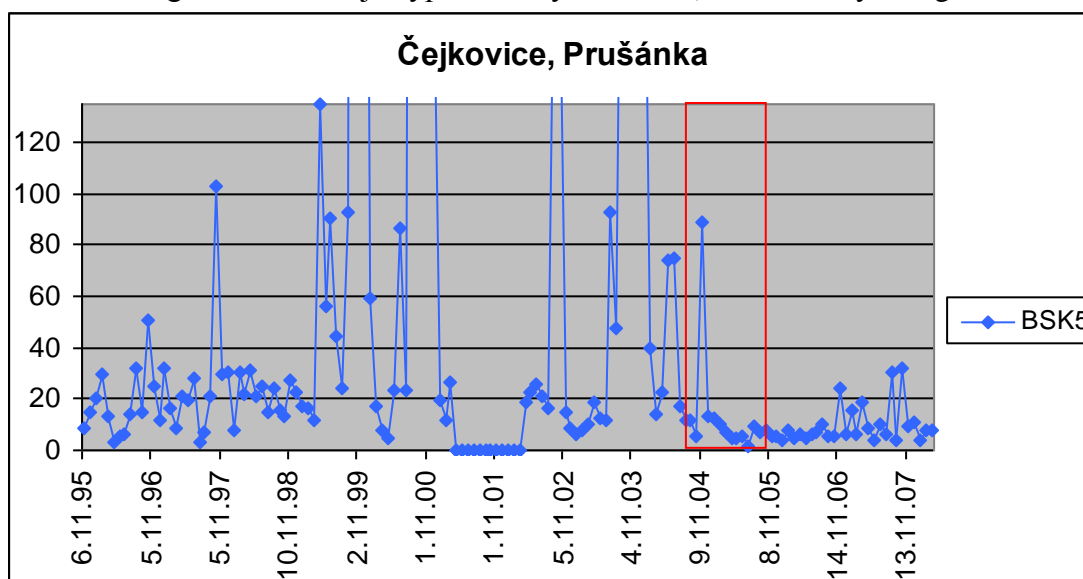
### Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK<sub>5</sub>)

Průměrné hodnoty koncentrací BSK<sub>5</sub> jsou výrazně ovlivněny odlehlými vysokými hodnotami – zejména v období před postavením čistírny. I medián v tomto období je umístěn v rámci 5. třídy, zatímco v období jejího fungování je umístěn do 3. třídy – je tedy patrné výrazné zlepšení. Rovněž výška dosažených maxim se výrazně snížila.

	Čejkovice, BSK <sub>5</sub>			hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l		
	před	Během	po	1.po	2.po	3.po
min.	3,4	1,9	3,7	4,21	3,7	4,1
max.	1640	88,9	32,2	10	32,2	10,8
Průměr	101,859	13,543	9,621	6,134	13,8	7,96
medián	22,95	7,3	6,5	5,75	9,4	8,1
90%perc.	264,3	13,07	19,5	8,01	29,57	10,16
95%perc.	474,85	39,825	27,68	8,955	31,1	10,48

Tab. č. 18: Statistické hodnoty, Čejkovice, BSK<sub>5</sub>

Absolutní koncentrace BSK<sub>5</sub> dosahují v období před výstavbou ČOV často velmi vysokých hodnot (obr. č. 30). Naopak po jejím uvedení do provozu je patrné rychlé a trvalé snížení spolu s eliminací odlehlých hodnot. I zde lze označit funkci čistírny za pozitivní. V tabulce za grafem následuje výpis odlehlých hodnot, nezobrazených v grafu

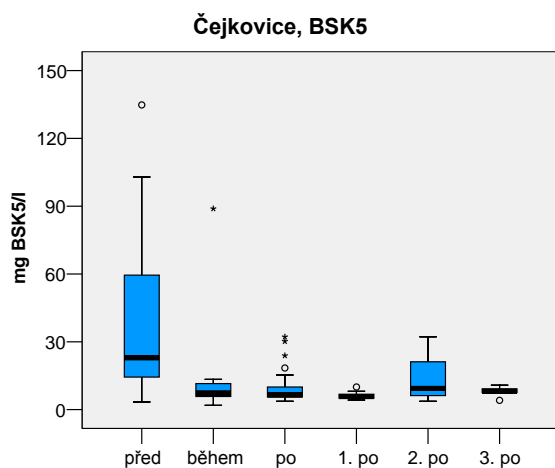


Obr. č. 30: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> v mg/l, Čejkovice

Čejkovice, BSK <sub>5</sub> , nezobrazené hodnoty					datum		
					mg BSK <sub>5</sub> /l		
5.10.99	2.11.99	1.12.99	1.8.00	5.9.00	3.10.00	1.11.00	5.12.00
1080	721,4	378	521	580	450	394	182
8.10.02	3.9.02	1.9.03	1.10.03	4.11.03	1.12.03	6.1.04	
182	209	288	386	1640	200	179	

Tab. č. 19: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 30

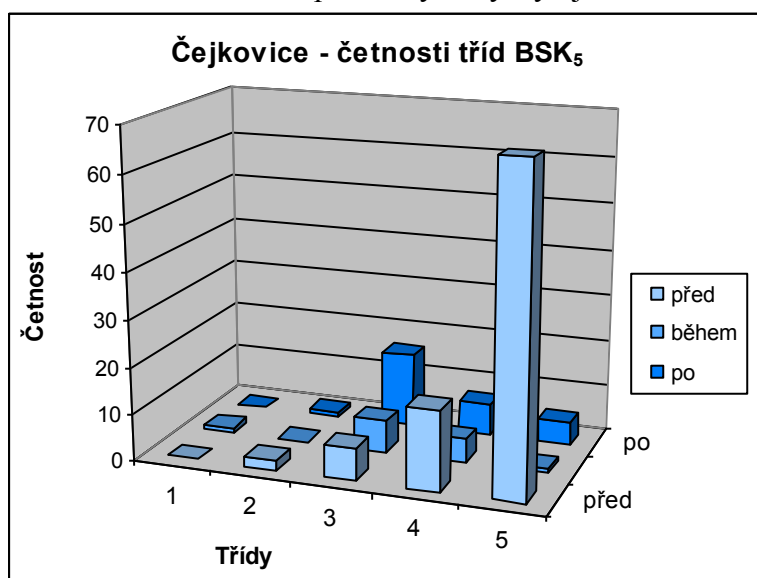
Na krabicovém grafu je jasně patrné téměř řádové snížení maximálních hodnot měřených po postavení čistírny. Zejména vyšší hodnoty tak byly eliminovány její funkcí, dalším pozitivním jevem je celková nízká variabilita měření. Druhý rok po postavení ČOV byly naměřené hodnoty sice mírně vyšší, další trend však ukazuje opětovné snížení.



Obr. č. 31: Zastoupení koncentrací BSK<sub>5</sub> v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Snížení počtu hodnot v nejhorší třídě a navýšení počtu hodnot ve třetí třídě je velmi zřetelné. Změna situace může být opět připsaná ČOV, protože trend započatý ve zkušebním

provozu pokračuje i v normálním provozu – tedy zvyšování počtu hodnot od 5. ke 3. třídě. V 1. a 2. třídě se měření prakticky nevyskytují.

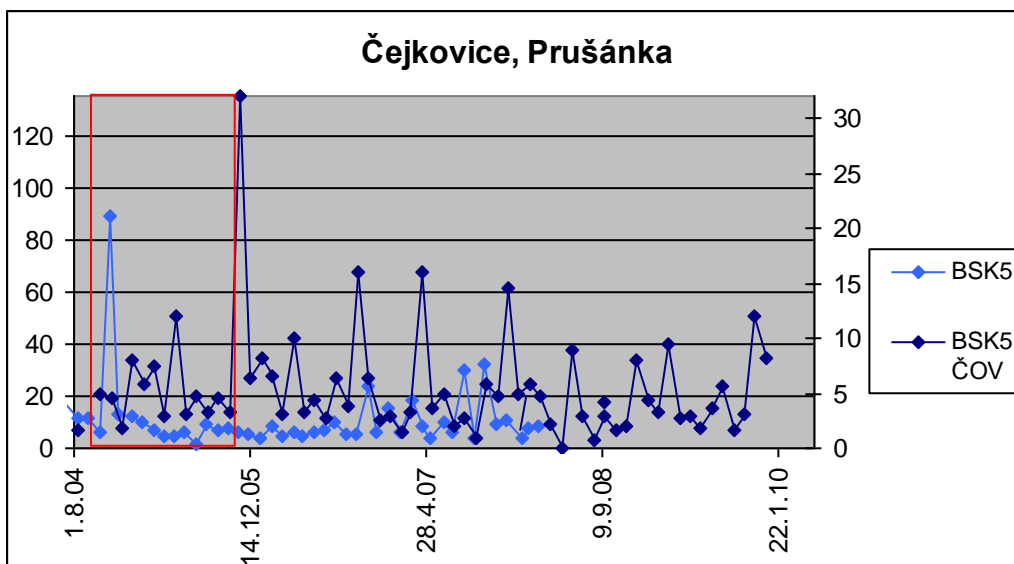


Obr. č. 32: Četnosti tříd BSK<sub>5</sub>, Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, BSK <sub>5</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	2	7	17	68
%	0,00	2,13	7,45	18,09	72,34
během	1	0	7	5	1
%	7,14	0,00	50,00	35,71	7,14
po ČOV	0	1	16	7	5
%	0,00	3,45	55,17	24,14	17,24

Tab. č. 20: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření BSK<sub>5</sub> dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Koncentrace BSK<sub>5</sub> ve vodě odtékající z ČOV jsou výrazně nižší než v toku samotném (obr. č. 33). Odebrané vzorky vody z čistírny podléhají při zpracování potlačení nitrifikace, vzorky z toku nikoli, jejich hodnoty proto vychází vyšší. Zajímavé je nepotvrzení závislosti těchto dvou hodnot (korelační koeficient 0,002), což je pravděpodobně způsobeno časovým posunem odběrů vzorků v toku a na čistírně.



Obr. č. 33: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> a BSK<sub>5</sub> ČOV v mg BSK<sub>5</sub>/l, Čejkovice

Hodnoty BSK<sub>5</sub> s provozem čistírny výrazně poklesly a to prakticky naráz a skokově. Můžeme proto předpokládat, že tuto změnu vyvolal právě provoz čistírny. V druhém roce jejího fungování se sice objevilo několik mírně zvýšených hodnot, i přes to ale platí, že nastalo i značné snížení variability měření.

#### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

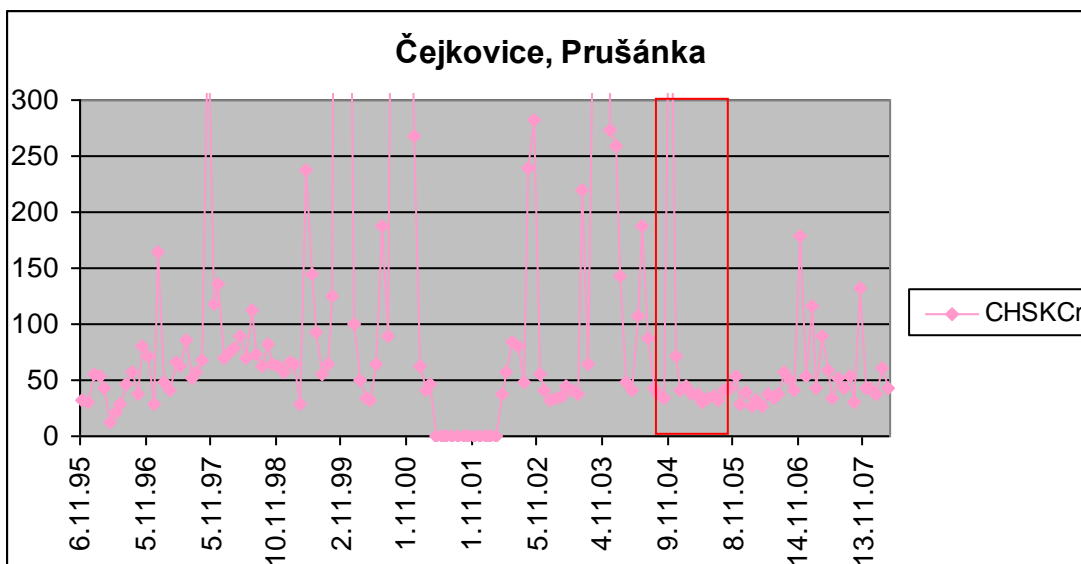
Statistické hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> ukazují na výrazné snížení koncentrací v průběhu sledovaného období. Velké množství velmi vysokých hodnot (viz 90 % a 95 % percentily) bylo eliminováno, průměrná hodnota byla snížena více jak o 2/3 a mediánová hodnota se také výrazně snížila (při přiřazení do intervalů tříd jakosti vody by nastal posun o 2 třídy).

Čejkovice, CHSK <sub>Cr</sub>			hodnoty v mg CHSK <sub>Cr</sub> /l			
	Před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	12	30,8	26,6	26,6	29,9	37,2
max.	2450	487	179	56,9	179	60,8
průměr	167,106	71,957	54,228	38,692	73,592	45,04
medián	65,2	37,75	42,5	37,5	53,3	42,4
90%perc.	417,39	62,93	94,64	52,49	130,4	53,48
95%perc.	619,55	216,405	125,6	54,645	153,15	57,14

Tab. č. 21: Statistické hodnoty, Čejkovice, CHSK<sub>Cr</sub>.

Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> vykazují podobné vlastnosti jako hodnoty BSK<sub>5</sub>, zejména je to značný počet velmi vysokých hodnot před postavením ČOV. Zajímavé jsou také relativně nízké hodnoty v prvních letech měření (stejně jako u BSK<sub>5</sub>) se značným nárůstem vysokých hodnot od r. 1999. Většina měření se před spuštěním ČOV pohybovala kolem hodnoty 50 mg CHSK<sub>Cr</sub>/l, provoz ČOV však způsobil rázné eliminování vysokých hodnot (až na ojedinělé případy v 2. roce fungování).



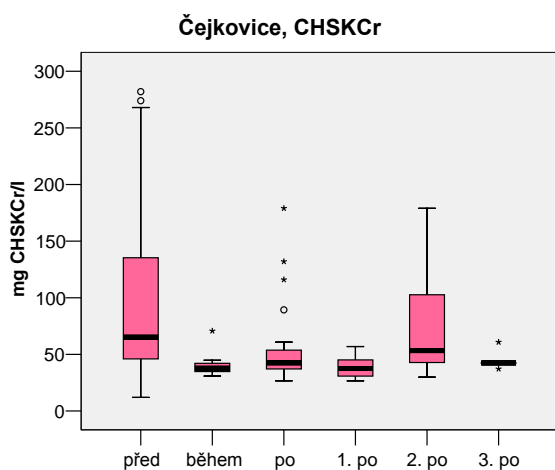


Obr. č. 34: Absolutní hodnoty  $CHSK_{Cr}$  v mg/l, Čejkovice

Čejkovice, $CHSK_{Cr}$ , nezobrazené hodnoty									datum		
									mg $CHSK_{Cr}$ /l		
1.10.97	5.10.99	2.11.99	1.12.99	1.8.00	5.9.00	3.10.00	1.11.00	1.9.03	1.10.03	4.11.03	9.11.04
376,3	1335,9	751	485	571	693	706	580	435	454	2450	487

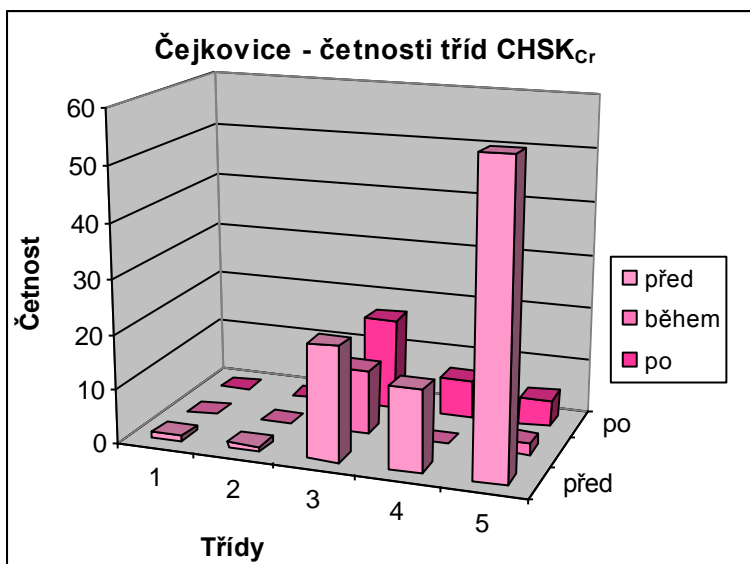
Tab. č. 22: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 34

Krabicový graf ukazuje zejména na celkové snížení výšky měřených hodnot a dále na celkové snížení jejich variability. Opět se projevují zvýšené hodnoty v 2. roce fungování ČOV, celkově je ale změna pozitivní.



Obr. č. 35: Zastoupení koncentrací  $CHSK_{Cr}$  v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Přiřazením hodnot do intervalů tříd jakosti vody získáme u  $CHSK_{Cr}$  podobný výsledek jako u  $BSK_5$ . Jasný přesun z převládající 5. do 3. třídy potvrzuje pozitivní vliv ČOV.

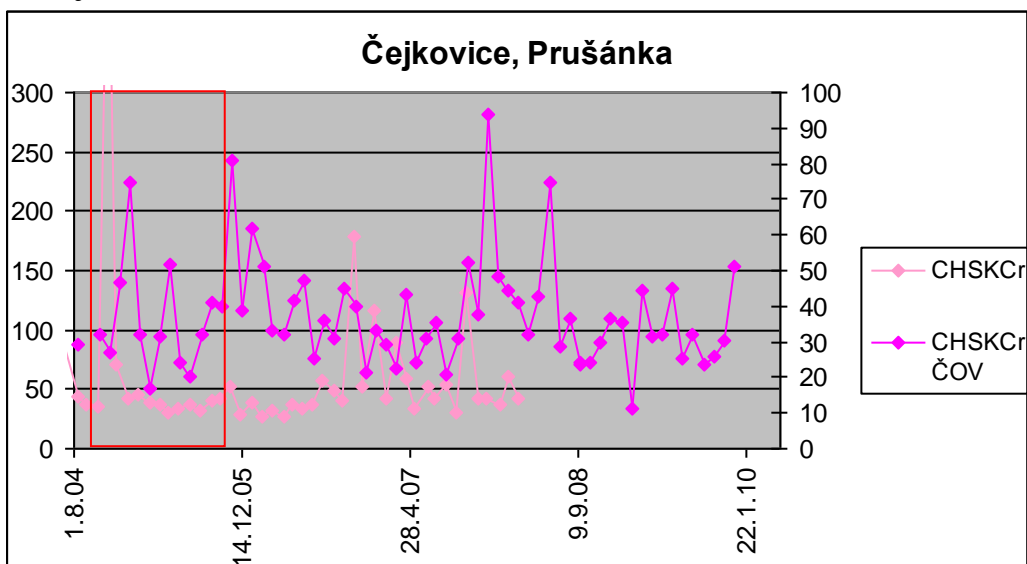


Obr. č. 36: Četnosti tříd  $CHSK_{Cr}$ , Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, $CHSK_{Cr}$					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	1	21	15	56
%	1,06	1,06	22,34	15,96	59,57
během	0	0	12	0	2
%	0,00	0,00	85,71	0,00	14,29
po ČOV	0	0	17	7	5
%	0,00	0,00	58,62	24,14	17,24

Tab. č. 23: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření  $CHSK_{Cr}$  dle tříd jakosti vody, Čejkovice

I v případě  $CHSK_{Cr}$  na odtoku z čistírny a v toku není korelace potvrzená (korelační koeficient 0,015), což může být způsobeno posunem datových řad. Stejně jako na příkladu  $BSK_5$  je koncentrace  $CHSK_{Cr}$  na odtoku z ČOV nižší, než v toku samotném.



Obr. č. 37: Absolutní hodnoty  $CHSK_{Cr}$  a  $CHSK_{Cr}$  ČOV v  $mg\ CHSK_{Cr}/l$ , Čejkovice

Měřené hodnoty  $CHSK_{Cr}$  potvrzují příznivý vliv ČOV na kvalitu povrchové vody v Prušánce. I u tohoto indikátoru došlo nejen k celkovému snížení hodnot, ale i k jejich konsolidaci a omezení extrémních měření.

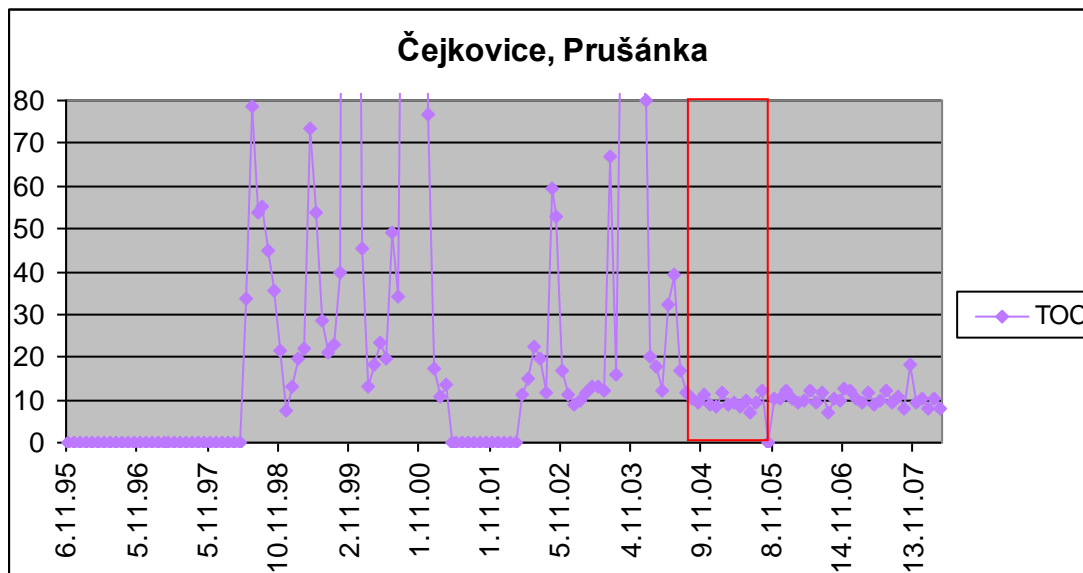
### Celkový organický uhlík (TOC)

Největší změnu ve dvou pozorovaných obdobích vykazují kromě maximální hodnoty koncentrace TOC (která je spíše informační, než statisticky významná) hodnoty obou zvolených percentilů. Velká blízkost těchto hodnot v období po postavení ČOV také poukazuje na konsolidovanost hodnot, stejně jako podobné hodnoty průměru a mediánu, které v tomto období rovněž značně poklesly.

Čejkovice, TOC			hodnoty v mg TOC/l			
	Před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	7,4	7,1	6,92	6,92	8,1	8,02
max.	600	12	18,3	12,3	18,3	10,3
průměr	66,68	9,638	10,415	10,22	11,138	9,148
medián	23,25	9,4	10,1	10,1	10,55	9,29
90%perc.	190,4	11,64	12,3	12,16	12,66	10,22
95%perc.	233,695	11,82	12,54	12,245	15,22	10,26

Tab. č. 24: Statistické hodnoty, Čejkovice, TOC

Průběh absolutních hodnot zcela zřetelně dokazuje pozitivní vliv čistírny na tento indikátor – skokové a trvalé snížení TOC jasně kopíruje uvedení ČOV do provozu. Toto snížení hodnot je navíc oproštěno od extrémů či jen zvýšení a to i v 2. roce fungování čistírny, který vykazoval u předešlých indikátorů občasné zvýšené hodnoty.

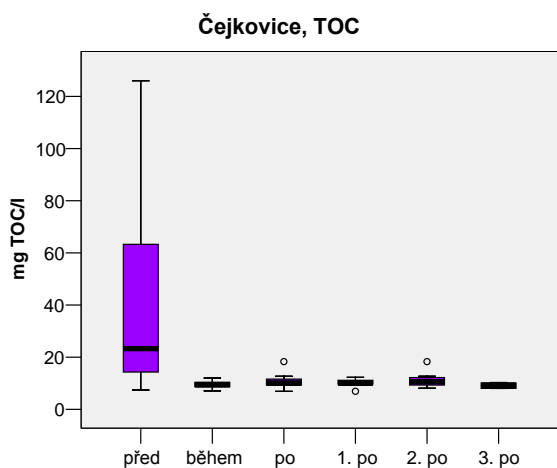


Obr. č. 38: Absolutní hodnoty TOC v mg/l, Čejkovice

Čejkovice, TOC, nezobrazené hodnoty								datum		
								mg TOC/l		
5.10.99	2.11.99	1.12.99	1.8.00	5.9.00	3.10.00	1.11.00	1.9.03	1.10.03	4.11.03	1.12.03
420,7	226,3	175	197	270	235	216	126	166	600	87

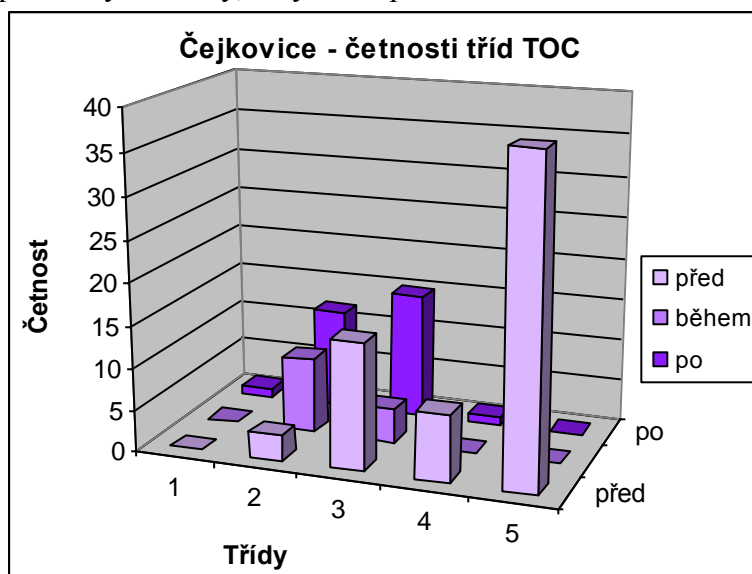
Tab. č. 25: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 38

Na boxplotovém zobrazení TOC je, stejně jako u předešlých hodnocení, jasné kladné působení ČOV – trvalý pokles jak absolutních hodnot, tak i variability měření je naprosto zřejmé.



Obr. č. 39: Zastoupení koncentrací TOC v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Zastoupení jednotlivých tříd získané přiřazováním hodnot ukazuje eliminaci 5. a prakticky i 4. třídy, tedy zcela pozitivní změnu.



Obr. č. 40: Četnosti tříd TOC, Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, TOC					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	3	15	8	38
%	0,00	4,69	23,44	12,50	59,38
během	0	9	4	0	0
%	0,00	69,23	30,77	0,00	0,00
po ČOV	1	12	15	1	0
%	3,45	41,38	51,72	3,45	0,00

Tab. č. 26: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření TOC dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Rovněž v případě ukazatele TOC po postavení čistírny v Čejkovicích došlo k významnému poklesu koncentrací. Důležitou změnou je zvláště eliminace hodnot patřících do 4. a 5. třídy kvality vody a ustálení hodnot na hladinách odpovídajících 2. a 3. třídě. Ukazatelem funkčnosti čistírny je také absence extrémních měření.

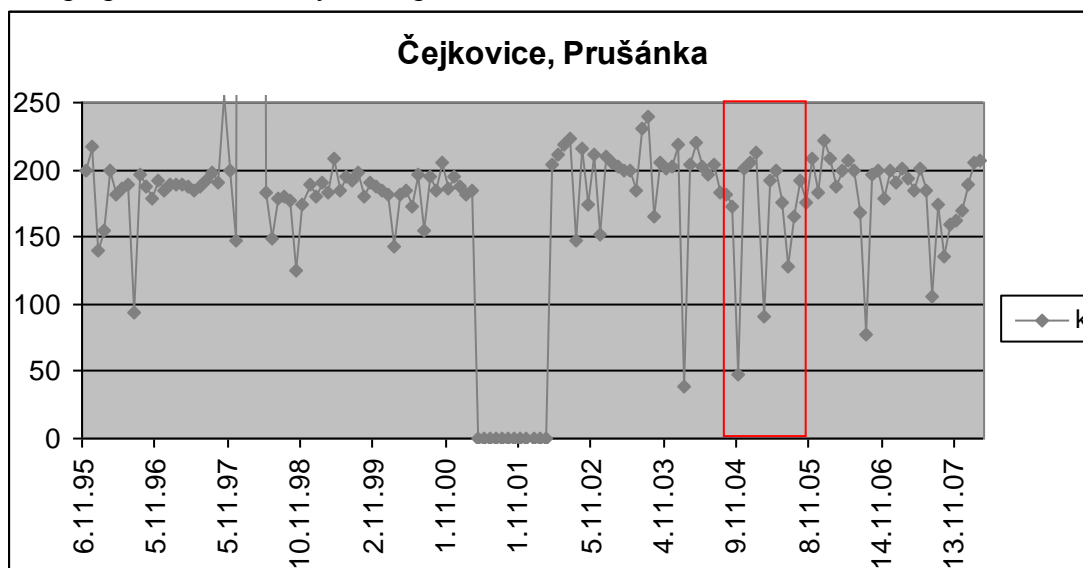
## Konduktivita ( $\kappa$ )

Významné statistické ukazatele signalizují stagnaci hodnot  $\kappa$ . Velmi malé rozdíly jsou nevýznamné a pohybují se nad hranicí 5. třídy jakosti vody.

Čejkovice, $\kappa$			hodnoty v mS/m			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	39	48	77,3	77,3	105,28	162,82
max.	1887	213	222	222	201	206,53
průměr	250,353	167,064	182,615	187,992	175,642	186,444
medián	189,15	178,7	191	199,5	184,345	188,48
90%perc.	218,82	203,8	207,2	208	200,513	206,11
95%perc.	245,09	207,8	208	214,3	200,764	206,32

Tab. č. 27: Statistické hodnoty, Čejkovice,  $\kappa$

Graf absolutních hodnot ukazuje malé změny, situaci lze však popsat jako stagnaci hodnot, které se až na nemnoho výjimek pohybují v nejhůřší 5. třídě. Do roku 2001 lze pozorovat celkově mírně nižší hodnoty, od r. 2002 pak zvýšené. Signifikantní pokles hodnot však po postavení čistírny nelze pozorovat.

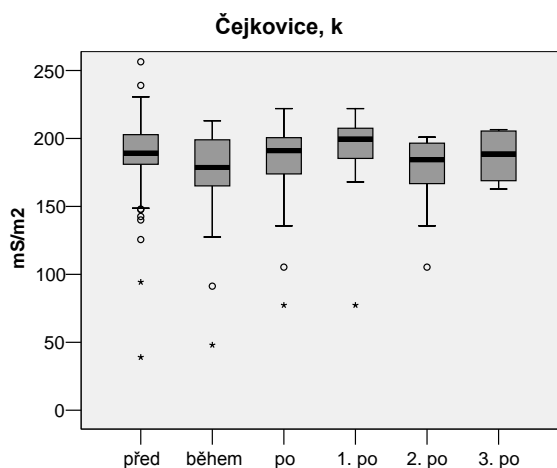


Obr. č. 41: Absolutní hodnoty  $\kappa$  v mS/m, Čejkovice

Čejkovice, $\kappa$ , nezobrazené hodnoty		datum	
		mS/m	
7.1.98	4.2.98	4.3.98	8.4.98
1842	1199	1887	1766

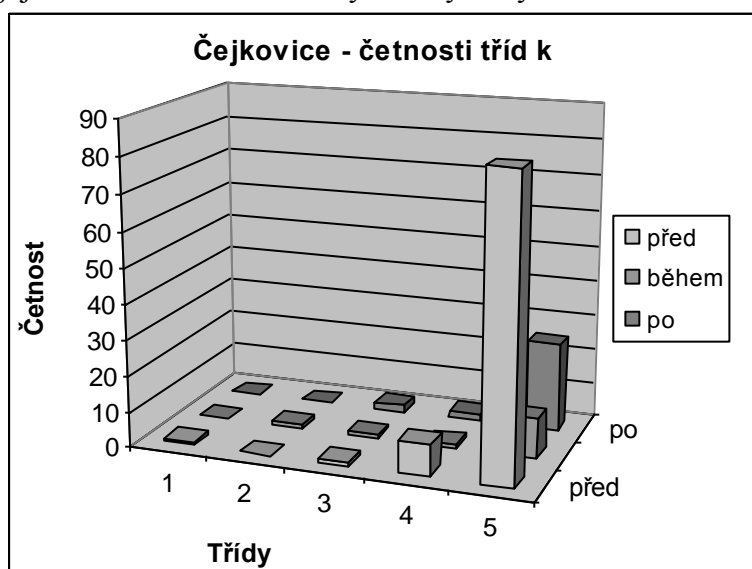
Tab. č. 28: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 41

Zobrazení  $\kappa$  pomocí krabicového grafu potvrzuje minimální změnu měřených hodnot, stejně jako minimální změnu variability. Prakticky lze mluvit o stagnaci měřených hodnot.



Obr. č. 42: Zastoupení koncentrací  $\kappa$  v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Stejně jako jiná hodnocení ukazuje i graf četnosti tříd stagnaci měřených hodnot a jejich soustředění do 5. třídy kvality vody.



Obr. č. 43: Četnosti tříd  $\kappa$ , Čejkovic.

Čejkovice, Prušánka, $\kappa$					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	0	1	9	83
%	1,06	0,00	1,06	9,57	88,30
během	0	1	1	1	11
%	0,00	7,14	7,14	7,14	78,57
po ČOV	0	0	2	2	25
%	0,00	0,00	6,90	6,90	86,21

Tab. č. 29: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření  $\kappa$  dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Hodnocení  $\kappa$  podle všech použitých metod je jednotné - měřené hodnoty během celého sledovaného období vykazují pouze malé změny, a to téměř výhradně v intervalu 5. třídy kvality. Vliv čistírny je nepozorovatelný.

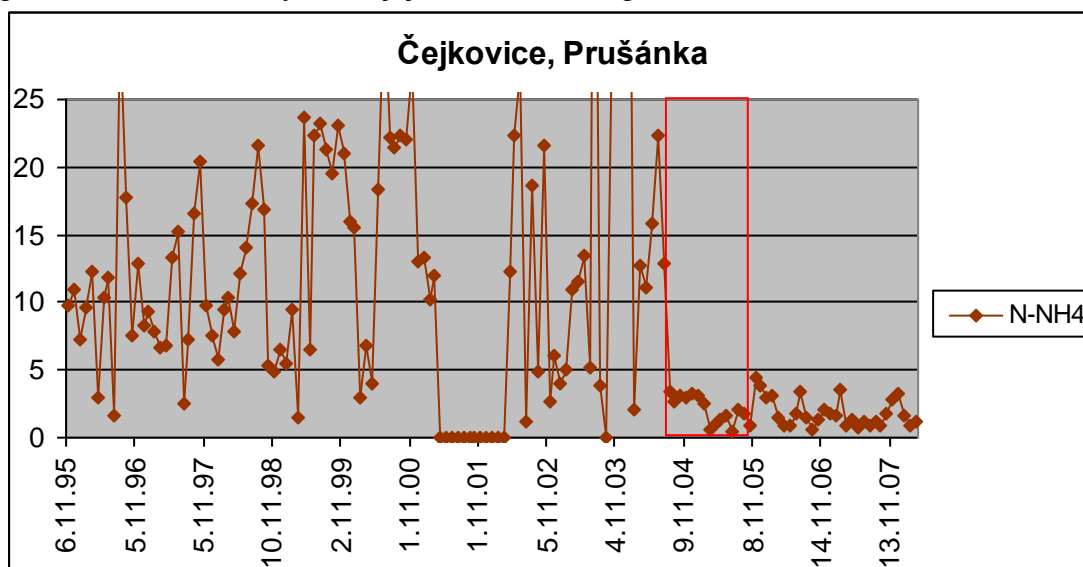
### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

Statistické ukazatele odhalují výrazný pokles hodnot – jak průměr, tak medián poklesly o řád, v jednotlivých následných letech se hodnoty také udržovaly na snížené hladině téměř výhradně v rámci 3. třídy. Velmi vysoké hodnoty poklesly celkově – viz hodnoty obou percentilů.

Čejkovice, N-NH <sub>4</sub>			hodnoty v mg N-NH <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,029	0,44	0,62	0,62	0,81	0,89
max.	57,1	3,28	4,44	4,44	3,56	3,2
průměr	13,641	1,954	1,853	2,185	1,479	1,956
medián	11,92	1,935	1,48	1,64	1,23	1,63
90%perc.	23,533	3,137	3,456	3,853	2,014	3,068
95%perc.	30,14	3,189	3,764	4,143	2,724	3,134

Tab. č. 30: Statistické hodnoty, Čejkovice, N-NH<sub>4</sub>

Razantní pokles hodnot může být připsán čistírně. Eliminace vysokých hodnot je také datována na začátek fungování ČOV, její vliv je v tomto případě zcela jasný. Výšku některých naměřených hodnot před spuštěním ČOV bylo kvůli jejich extremitě a přehlednosti grafu zanechat do tabulky místo jejich zobrazení v grafu.

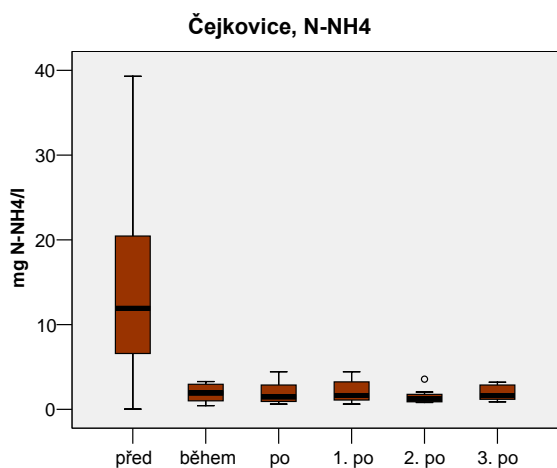


Obr. č. 44: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> v mg/l, Čejkovice

Čejkovice, N-NH <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty						datum		
						mg N-NH <sub>4</sub> /l		
6.8.96	6.6.00	1.11.00	4.6.02	1.7.03	1.10.03	4.11.03	1.12.03	6.1.04
30,4	32,6	27,3	27	57,1	30,5	28,3	30	39,3

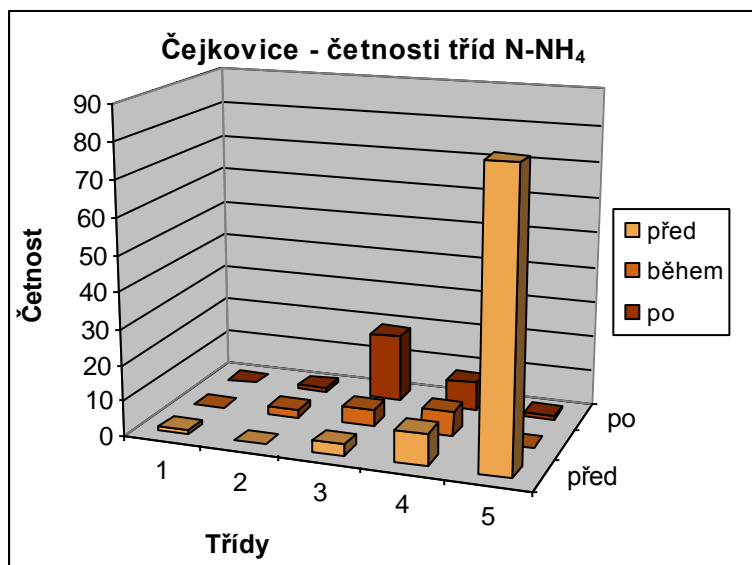
Tab. č. 31: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 44

Krabicový graf potvrzuje zjištění z předchozích hodnocení – razantní pokles hodnot zřetelně souvisí s provozem v čistírně. Snížení doznaly i extrémní hodnoty a celkově došlo v měření ke značné konsolidaci.



Obr. č. 45: Zastoupení koncentrací N-NH<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Přesun měření z 5. třídy do 3. a z menší míry i do 4. třídy je velký – zvláště významná je téměř celková eliminace počtu měření v 5. třídě. 1. a 2. třída zůstávají celou dobu konaného monitoringu prakticky nezastoupené.



Obr. č. 46: Četnosti tříd N-NH<sub>4</sub>, Čejkovice

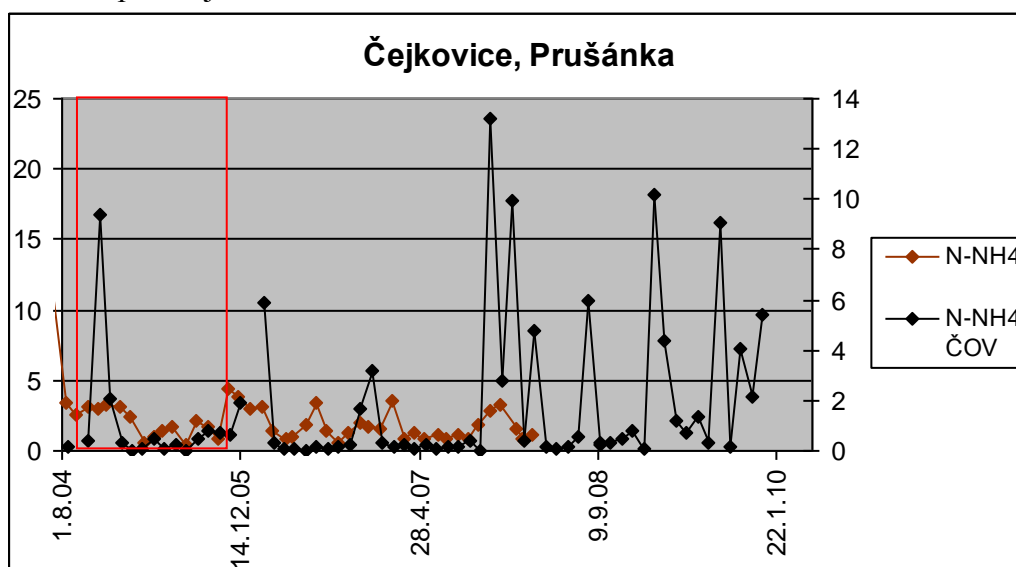
Čejkovice, Prušánka, N-NH <sub>4</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	0	3	9	81
%	1,06	0,00	3,19	9,57	86,17
během	0	2	5	7	0
%	0,00	14,29	35,71	50,00	0,00
po ČOV	0	1	19	8	1
%	0,00	3,45	65,52	27,59	3,45

Tab. č. 32: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NH<sub>4</sub> dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Medián ve vyčištěné odpadní vodě je 0,32 mg N-NH<sub>4</sub>/l, tedy výrazně nižší, nejen než medián N-NH<sub>4</sub> v Prušánce za odpovídající období, ale dokonce než minima v toku naměřená.



Naměřené hodnoty spolu statisticky souvisí pouze velmi mírně –  $R = 0,361$ . Z obr. č. 47 však závislost patrná je.



Obr. č. 47: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> a N-NH<sub>4</sub>ČOV v mg N-NH<sub>4</sub>/l, Čejkovic.

U N-NH<sub>4</sub> došlo po postavení čistírny (a jejím uvedení do provozu) k výraznému poklesu (o řád) měřených hodnot. Značně se snížila i variabilita měření a počet extrémních hodnot poklesl na nulu.

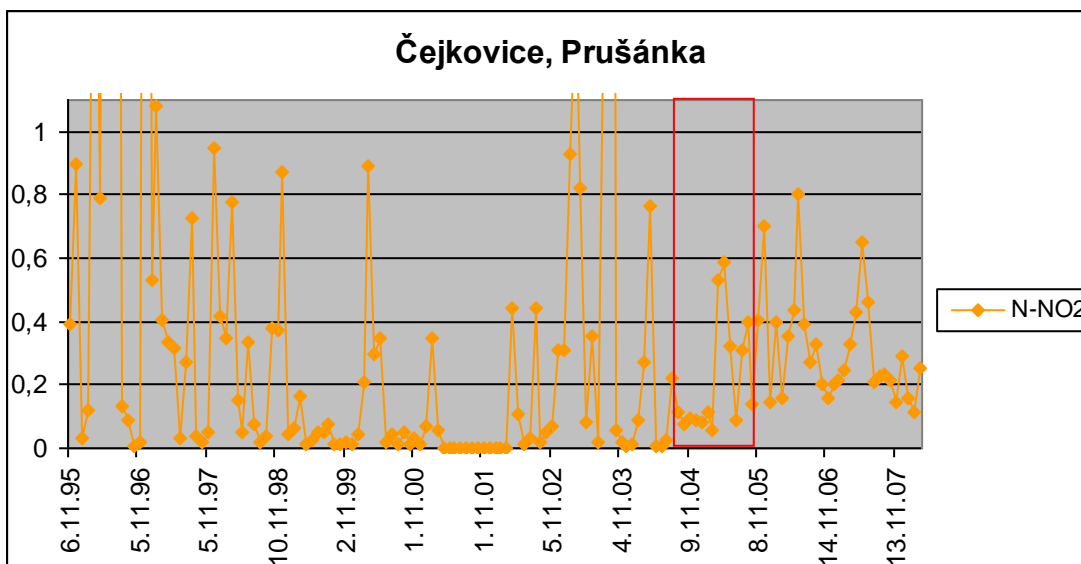
### Dusitanový dusík (N-NO<sub>2</sub>)

Změna hodnot N-NO<sub>2</sub> po postavení čistírny v Čejkovicích je zajímavá – ačkoli průměrně došlo k poklesu, týká se snížení spíše velmi vysokých hodnot, protože medián se naopak zvýšil – a to téměř 3x. V průběhu jednotlivých let po spuštění ČOV sice dochází k jeho postupnému snižování, původní hodnoty však nedosáhne. Průměr se v tomto období snižuje také – z hodnot percentilů je zřejmé, že počet extrémních hodnot se také postupně snižuje.

Čejkovice, N-NO <sub>2</sub>			hodnoty v mg N-NO <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,004	0,057	0,115	0,144	0,155	0,115
max.	9,07	0,591	0,804	0,804	0,654	0,288
průměr	0,601	0,214	0,315	0,383	0,299	0,191
medián	0,088	0,114	0,251	0,372	0,232	0,155
90%perc.	0,944	0,492	0,501	0,673	0,460	0,273
95%perc.	3,184	0,553	0,681	0,746	0,549	0,281

Tab. č. 33: Statistické hodnoty, Čejkovice, N-NO<sub>2</sub>

Snížení vysokých hodnot N-NO<sub>2</sub> je doprovázeno zvýšením hodnot nízkých, celkově dochází po postavení ČOV k menší variabilitě měření. Období s vysokými hodnotami N-NO<sub>2</sub> jsou ale prakticky ohraničeny, přičemž od ½ r. 1997 do r. 2003 byly hodnoty celkově na nižší úrovni než po postavení ČOV.

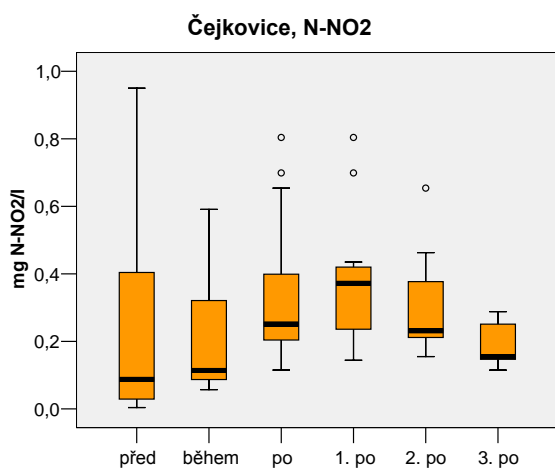


Obr. č. 48: Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> v mg/l, Čejkovice

Čejkovice, N-NO <sub>2</sub> , nezobrazené hodnoty					datum		
					mg N-NO <sub>2</sub> /l		
5.3.96	7.5.96	11.6.96	9.7.96	3.12.96	4.3.03	11.8.03	1.9.03
2,31	4,8	6,82	5,29	5,71	1,44	1,51	9,07

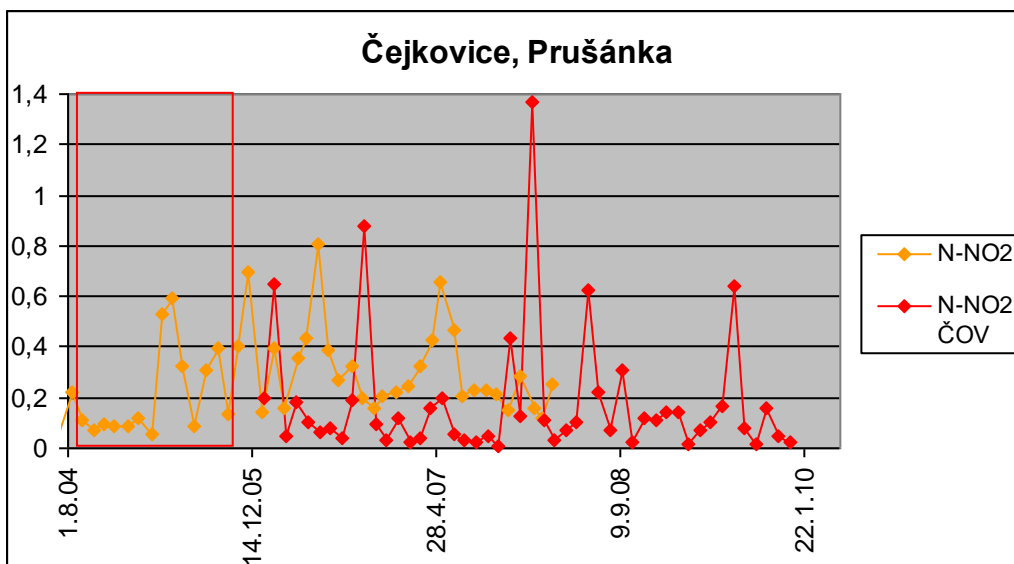
Tab. č. 34: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 48

Boxplotové zobrazení poukazuje na zvýšení mediánu, snížení počtu extrémních hodnot (i nízkých) a variability měření – v jednotlivých letech po spuštění čistírny tento trend platí, pouze medián se z vyšší hodnoty postupně snižuje.



Obr. č. 49: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Závislost koncentrace N-NO<sub>2</sub> v toku na koncentraci ve vyčištěné vodě odtékající z čistírny se nepotvrdila (korelační koeficient 0,015). Z grafu je sice patrné, že průběhy jsou podobné, vzhledem k malé chemické stabilitě N-NO<sub>2</sub>, mírném posunu dat v čase a relativně velké variabilitě měření však tato závislost nebyla uvažována.



Obr. č. 50: Absolutní hodnoty  $N-NO_2$  a  $N-NO_2$ ČOV v mg  $N-NO_2/l$ , Čejkovice

U  $N-NO_2$  se hodnoty po postavení čistírny sice konsolidovaly, medián se však zvýšil a i přes jeho postupné klesání (po jednotlivých rocích) nedosáhl v průběhu 3. roku provozu čistírny své původní výše. Pozitivní změnou je značné snížení vysokých hodnot, negativním prvkem je ale naopak zvýšení nízkých hodnot.

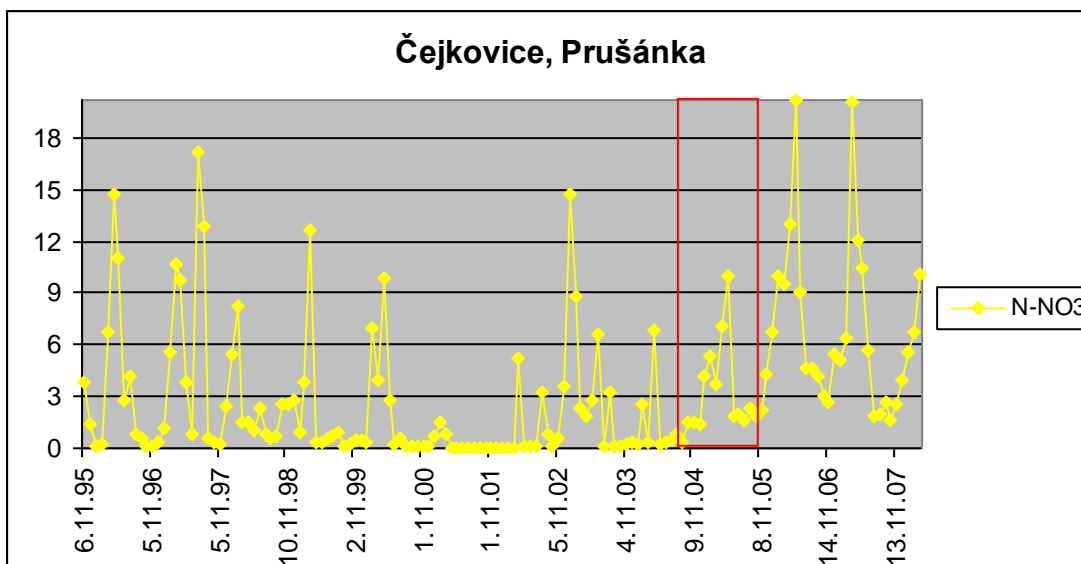
### Dusičnanový dusík ( $N-NO_3$ )

Všechny použité statistické ukazatele  $N-NO_3$  vykazují po postavení čistírny nárůst. Zvýšila se hodnota naměřených minim. I přesto, že se medián zvýšil o řád, posunul se z intervalu pro 1. třídu pouze k horní hranici intervalu pro 2. třídu.

	Čejkovice, $N-NO_3$			hodnoty v mg $N-NO_3/l$		
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,06	0,4	1,62	2,2	1,62	2,53
max.	17,21	10	20,2	20,2	20,1	10,1
průměr	2,758	3,193	6,782	7,63	6,348	5,79
medián	0,835	1,95	5,48	5,71	5,3	5,63
90%perc.	8,629	6,56	12,28	12,7	11,94	8,772
95%perc.	11,581	8,115	17,26	16,24	15,7	9,436

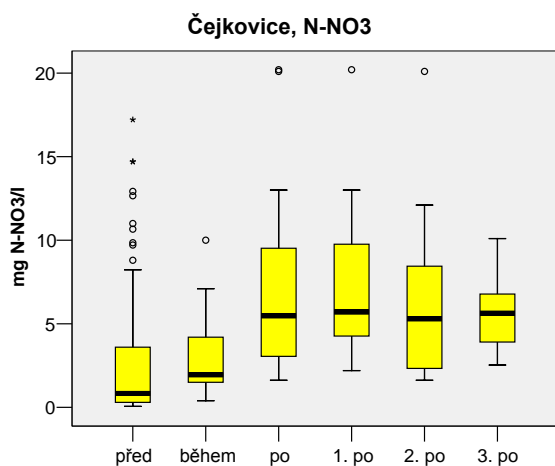
Tab. č. 35: Statistické hodnoty, Čejkovice,  $N-NO_3$

Jasnou změnou po postavení čistírny je okamžité a trvalé zvýšení minimálních hodnot, které prakticky daný rozdíl mezi obdobími „před“ a „po“ charakterizuje. I ostatní hodnoty se zvýšily, navíc jejich průběh udržuje závislost na ročním období s minimy v zimě.



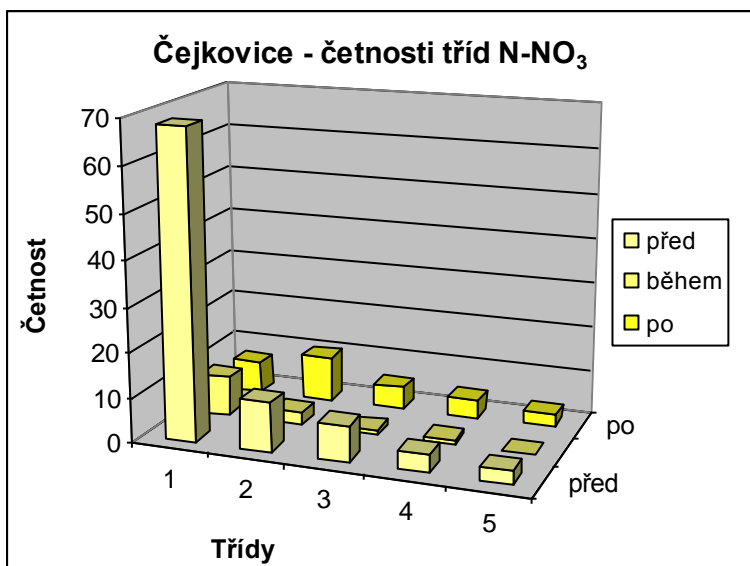
Obr. č. 51: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> v mg/l, Čejkovice

Grafické znázornění pomocí boxplotů ukazuje zvýšení absolutních hodnot měření. Mírné zvýšení během zkušebního provozu je následováno velkým zvýšením v normálním provozu, kde medián v jednotlivých letech stagnuje kolem hodnoty 5,5 mg N-NO<sub>3</sub>/l. Je také patrná zvýšená variabilita měření a zvýšení minimálních hodnot.



Obr. č. 52: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>3</sub> v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Graf přiřazených hodnot do tříd kvality vody je nápadný zejména odlivem hodnot z první třídy a jejich rovnoměrnější distribuci mezi další třídy – velký je nárůst zejména v 4. a 5. třídě – z původních 7,5 % na 24%. Nejvíce zastoupenou se také stala nově 2. třída.

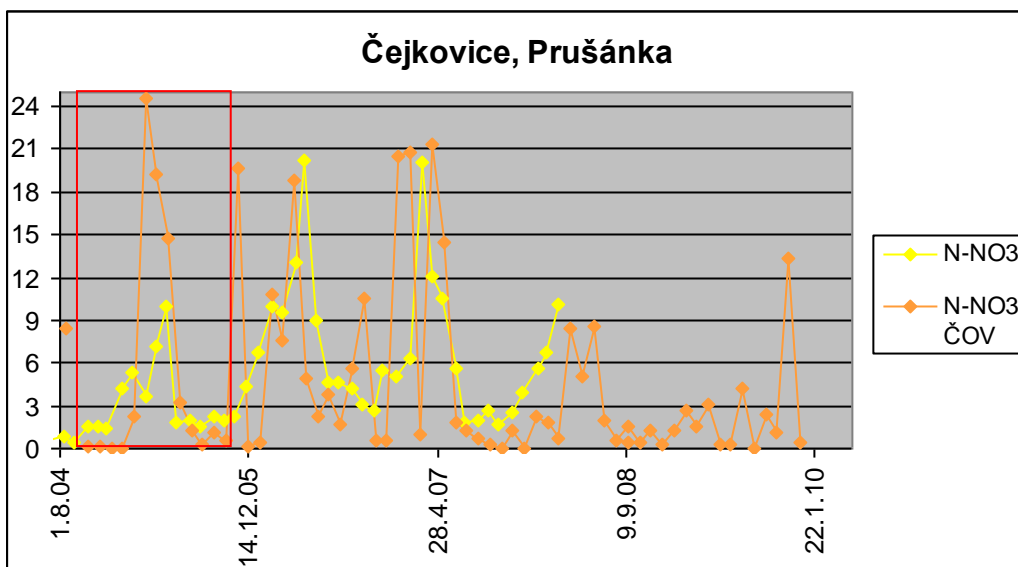


Obr. č. 53: Četnosti tříd N-NO<sub>3</sub>, Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, N-NO <sub>3</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	68	11	8	4	3
%	72,34	11,70	8,51	4,26	3,19
během	9	3	1	1	0
%	64,29	21,43	7,14	7,14	0,00
po ČOV	7	10	5	4	3
%	24,14	34,48	17,24	13,79	10,34

Tab. č. 36: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NO<sub>3</sub> dle tříd jakosti vody, Čejkovice.

Statistickým potvrzením vztahu koncentrací dusičnanů v odtokové vodě z čistírny a v toku je korelační koeficient  $R = 0,483$ . Potvrzením této závislosti je i hodnota (když nízká) korelace mezi koncentrací N-NO<sub>3</sub> v toku a průtokem vody vytékající z čistírny, která je rovná 0,372.



Obr. č. 54: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub>ČOV v mg N-NO<sub>3</sub>/l, Čejkovice

Změna pozorovaná u N-NO<sub>3</sub> je charakterizovaná zvýšením hodnot na zhruba 5,5 mg N-NO<sub>3</sub>/l, i když jejich variabilita má postupný nízký klesající trend. Zřetelný je i roční chod hodnot s minimem v zimním období. Velikost koncentrací N-NO<sub>3</sub> ve vyčištěné odpadní vodě dokládá, že ČOV a komunální zdroje jsou v této části povodí Prušánky pravděpodobně významnějším zdrojem než zemědělství. Zajímavá je závislost N-NO<sub>3</sub> a N-NO<sub>2</sub> před postavením čistírny R = 0,71 a N-NO<sub>3</sub> a N-NH<sub>4</sub> před postavením čistírny - R = -0,554. Obě tyto závislosti již po postavení čistírny nejsou signifikantní.

### Celkový a fosforečnanový fosfor (P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub>)

Snížení hodnot koncentrací celkového fosforu po výstavbě ČOV potvrzují všechny zvolené statistické ukazatele. Hodnoty tohoto indikátoru byly v období bez čistírny relativně vysoké, po jejím postavení se snížily, ve třetím roce jejího fungování dokonce již na úroveň 4. třídy kvality, rovněž ubylo i extrémních hodnot.

Čejkovice, P <sub>C</sub>			hodnoty v mg P <sub>C</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,4	0,47	0,32	0,4	0,32	0,48
max.	10,47	2,42	2,72	1,74	2,72	1,29
průměr	3,236	1,362	1,149	1,125	1,303	0,836
medián	2,89	1,315	1,09	1,09	1,26	0,78
90%perc.	6,72	2,229	1,748	1,704	2,311	1,214
95%perc.	7,566	2,349	2,134	1,729	2,528	1,252

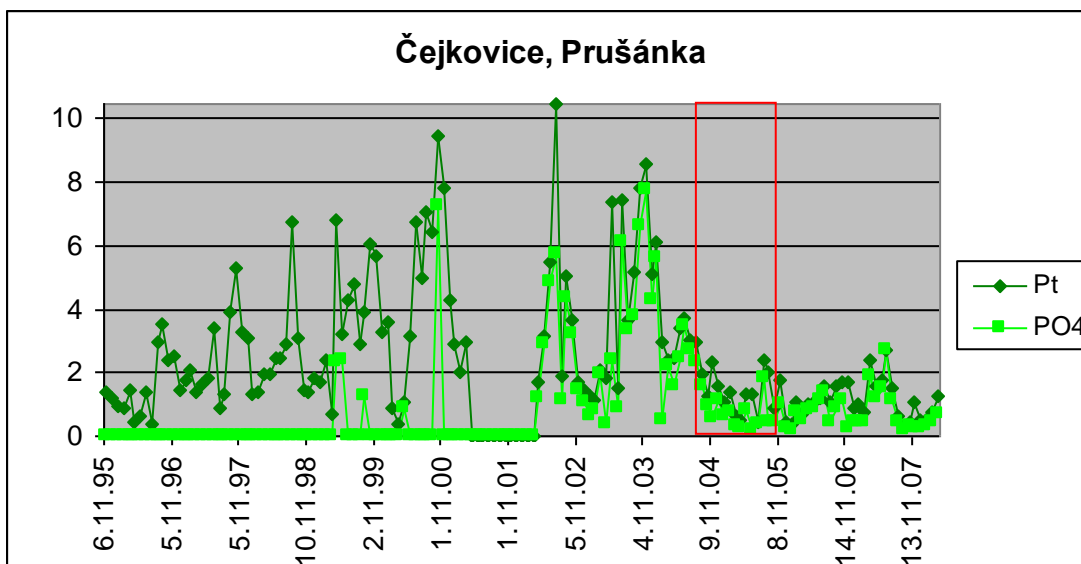
Tab. č. 37: Statistické hodnoty, Čejkovice, P<sub>C</sub>

Průběh hodnot P-PO<sub>4</sub> prakticky kopíruje průběh koncentrací P<sub>C</sub>, přičemž v tomto trendu se nevyskytují žádné anomálie.

Čejkovice, P-PO <sub>4</sub>			hodnoty v mg P-PO <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po
min.	0,4	0,2	0,18	0,2	0,18	0,23
max.	7,73	1,86	2,69	1,38	2,69	0,71
průměr	2,938	0,733	0,768	0,79	0,908	0,38
medián	2,415	0,58	0,53	0,84	0,445	0,3
90%perc.	5,983	1,439	1,404	1,146	1,842	0,594
95%perc.	6,828	1,678	1,728	1,254	2,245	0,652

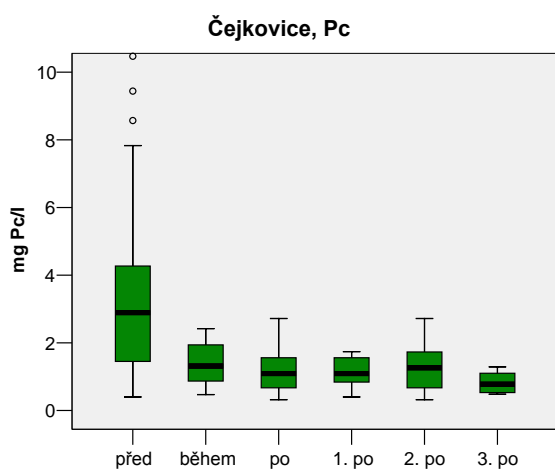
Tab. č. 38: Statistické hodnoty, Čejkovice, P-PO<sub>4</sub>

Na průběhu absolutních hodnot obou ukazatelů fosforu je patrný jejich vzestup od začátku monitoringu do konce r. 2000. Po postavení ČOV hodnoty rychle a trvale klesly, variabilita měření se také snížila. Nedochovalo ani k náhodným velmi vysokým hodnotám, které byly v předchozím období spíše pravidlem.

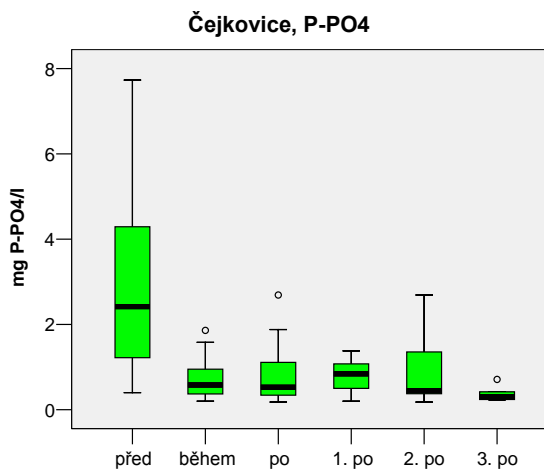


Obr. č. 55: Absolutní hodnoty  $P_C$  a  $P-PO_4$  v mg/l, Čejkovice

Boxplotové znázornění obou zvolených indikátorů fosforu poukazuje na razantní snížení po postavení čistírny. V jejím druhém roce provozu sice došlo opět k mírnému zvýšení měřených hodnot i jejich variability, ale ve 3. (necelém) roce měření se hodnoty opět snížily.

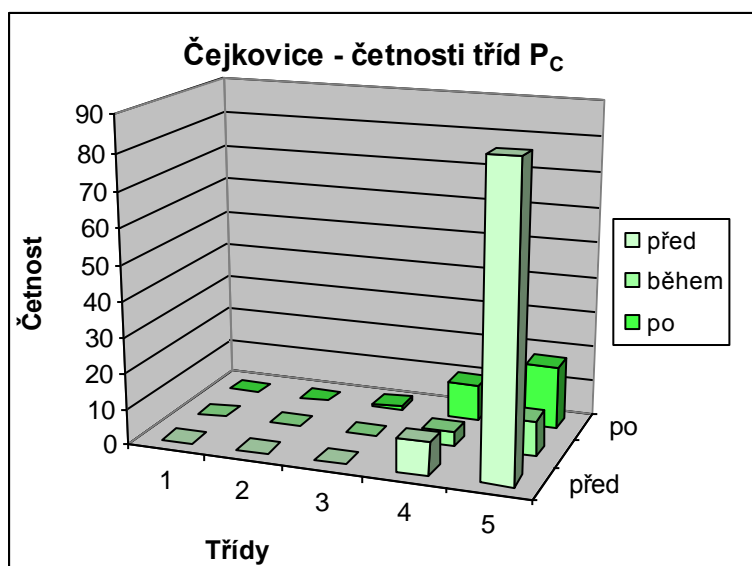


Obr. č. 56: Zastoupení koncentrací  $P_C$  v jednotlivých obdobích, Čejkovice



Obr. č. 57: Zastoupení koncentrací  $P-PO_4$  v jednotlivých obdobích, Čejkovice

Vyhodnocení přiřazených tříd jakosti (obr. č. 57) ukazuje pokles počtu měření v nejhorší 5. třídě kvality – pokles zhruba o 30 %. Ve 4. třídě se tak z původních téměř 10 % měření ocitlo 35 % měření.



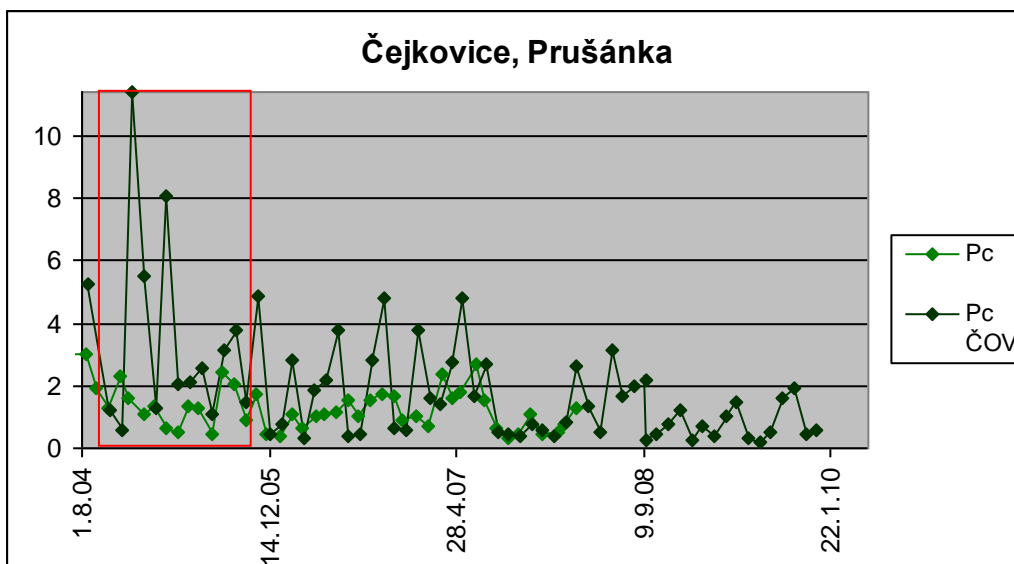
Obr. č. 58: Četnosti tříd P<sub>C</sub>, Čejkovice

Čejkovice, Prušánka, P <sub>C</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	0	0	9	85
%	0,00	0,00	0,00	9,57	90,43
během	0	0	0	4	10
%	0,00	0,00	0,00	28,57	71,43
po ČOV	0	0	1	10	18
%	0,00	0,00	3,45	34,48	62,07

Tab. č. 39: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření P<sub>C</sub> dle tříd jakosti vody, Čejkovice

Na grafu zobrazujícím koncentrace P<sub>C</sub> z toku a z čistírny je patrná velká rozkolísanost měření vody vytékající z čistírny oproti vodě v toku. Korelační koeficient ale odhaluje relativně velkou závislost těchto dvou veličin – má hodnotu 0,501.





Obr. č. 59: Absolutní hodnoty  $P_C$  a  $P_C\check{C}OV$  v mg  $P_C/l$ , Čejkovice

I přesto, že hodnoty  $P_C$  i  $P-PO_4$  značně poklesly, dosahuje jejich absolutní hodnota stále vysoké hladiny – většina měření se nachází v rámci 5. a méně i 4. třídy kvality vody. Malá rozkolísanost měřených hodnot a jejich téměř okamžitý pokles při spuštění čistírny ale indikují její příznivý přínos na snížení tohoto prvku v Prušánce.

### Celkové hodnocení

Vliv fungování čistírny odpadních vod v Čejkovicích na kvalitu vody v Prušánce je dle zvolených parametrů jasně patrný – po uvedení ČOV do provozu došlo nejen ke snížení absolutních hodnot, ale i variability měření u téměř všech pozorovaných indikátorů.

Ukazatelé organického znečištění vykazují okamžité (v návaznosti na uvedení čistírny do provozu) snížení měřených hodnot a prakticky eliminaci výskytu extrémních hodnot. Vodivost jako jediný sledovaný indikátor ve svých hodnotách v rámci 5. třídy stagnuje. Indikátory dusíku vykazují 2 trendy –  $N-NH_4$  po spuštění ČOV skokově poklesl, výrazně snížil variabilitu měřených hodnot a z 5. třídy se přesunul do 3. třídy. Dusičnanový a dusičnanový dusík naproti tomu doznaly určitého zvýšení, které se v průběhu provozu mírně snižovalo, původního stavu však nedosáhlo ani během 3. roku fungování ČOV, zvláště  $N-NO_3$  tak doznává vlivem ČOV zvýšení. Fosfor vlivem čistírny značně poklesl, stejně jako ostatní indikátory se také více ustálily měřené hodnoty. I přes značné snížení se však koncentrace  $P_C$  pohybují většinou v rámci 4. a zejména 5. třídy kvality.

Čejkovice	Datum začátku intervalu pro výpočet tříd jakosti vody						
	6.11.1995	5.11.1997	2.11.1999	2.4.2002	7.9.2004	8.11.2005	14.11.2006
O <sub>2</sub>	5	5	5	5	5	2	2
BSK <sub>5</sub>	5	5	5	5	4	4	5
CHSKCr	5	5	5	5	5	4	5
TOC	5	5	5	5	3	3	3
k	5	5	5	5	5	5	5
N-NH <sub>4</sub>	5	5	5	5	4	4	4
N-NO <sub>3</sub>	4	2	2	3	3	4	4
$P_C$	5	5	5	5	5	5	5

Tab. č. 40: Třídy jakosti vody v Prušánce dle ČSN 75 7221. Červeně zvýrazněno období zkušební provozu.

### 3.1.2 Černošín

Monitoring kvality povrchových vod v Černošíně započal 17. 4. 2001 a dostupná data použitá v této práci končí datem 18.3.2008. Během této doby nedošlo k přerušení monitoringu.

Zkušební provoz nové čistírny v Černošíně započal v říjnu 2002 a byl ukončen 31.6.2005. Dlouhá doba zkušební provozu byla způsobena velkým přítokem balastních vod a nedostatečným růstem aktivovaného kalu, zkušební provoz byl tedy prodlužován a během něj byly balastní vody částečně odkloněny mimo prostor ČOV. Pro tuto práci byl použit monitoring z čistírny, který začal od 30.1.2001. Poslední data z této řady, kdy bylo měření prováděno 1 za měsíc jsou z 10.11.2008. Od února 2007 bylo prováděno již jen 1 měření za 2 měsíce. Indikátory N-NO<sub>3</sub> se od r. 2005 přestal monitorovat a P<sub>C</sub> byl ve stejném období sledován pouze 1 za půl roku (viz grafy níže).

Statistické hodnoty průtoků, ČOV Černošín			hodnoty v l/s		
minimum	maximum	Průměr	medián	90% percentil	95%percentil
0,154	6,088	2,676	2,405	4,580	4,946

Tab. č. 41: Statistické hodnoty průtoků, ČOV Černošín

Počet měření sledovaných indikátorů včetně vyjímky je uveden v následující tabulce:

období	počet měření	vyjímečné počty měření
		N-NH <sub>4</sub>
před	18	
během	32	31
po	34	
1. po	12	
2. po	12	
3. po	10	

Tab. č. 42: Počet měření, Černošín

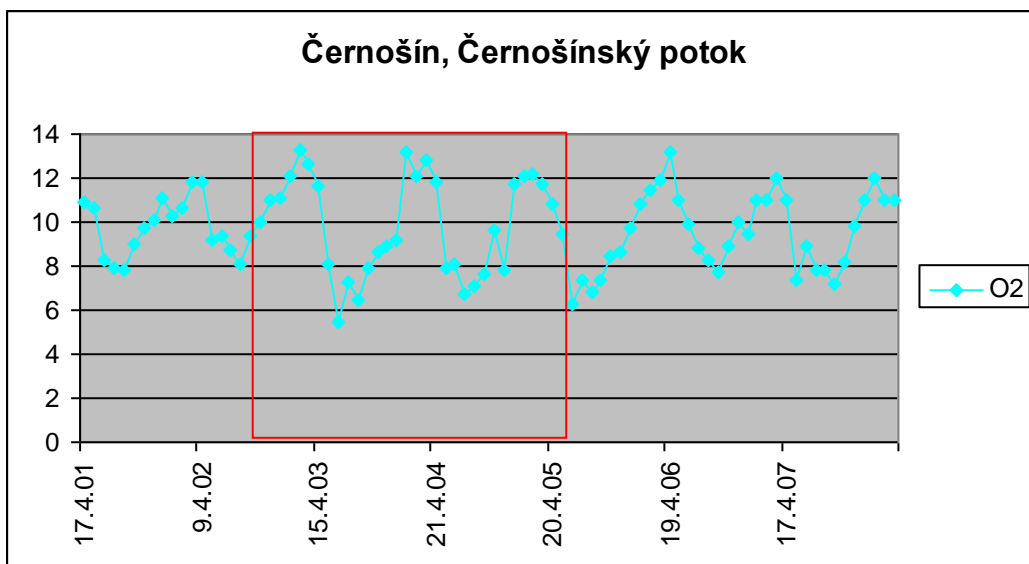
### Rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Statistické hodnoty rozpuštěného kyslíku v Černošínském potoce v době měření odhalují spíše stagnaci a to prakticky ve všech sledovaných statistických ukazatelích. Pozoruhodné je mírné zvýšení průměru, mediánu a obou použitých percentilů v době zkušební provozu, což může být způsobeno nátokem balastních vod do ČOV, nutno ale připustit, že rozdíl hodnot je minimální a navíc se veškeré změny odehrávají v rámci 1. třídy kvality vody.

	Černošín, O <sub>2</sub>			hodnoty v mg O <sub>2</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	7,800	5,500	6,300	6,3	7,4	7,2
max.	11,800	13,300	13,200	13,2	12	12
průměr	9,706	9,888	9,509	9,425	9,625	9,47
medián	9,550	9,800	9,600	9,15	9,7	9,35
90%per.	11,310	12,560	11,780	11,86	11	11,1
95%perc.	11,800	12,980	12,000	12,485	11,45	11,55

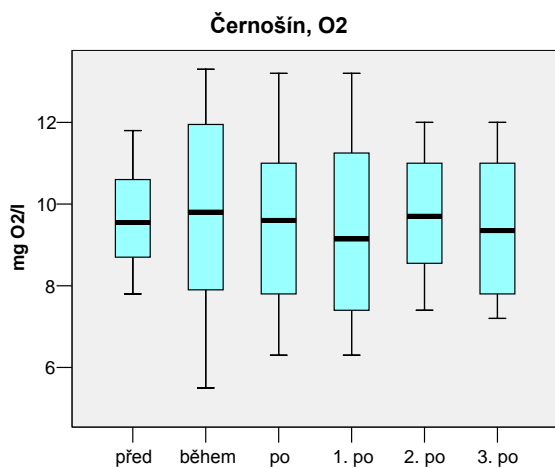
Tab. č. 43: Statistické hodnoty, Černošín, O<sub>2</sub>

Grafické zobrazení absolutních hodnot O<sub>2</sub> v Černošínském potoce znázorňuje mírné zvýšení maxim a snížení minim, což je spojeno s uvedením ČOV do provozu. Zároveň je zachován roční chod hodnot s očekávaným minimem v letním období. Výraznou změnu v koncentracích O<sub>2</sub> však provoz čistírny nepřinesl.



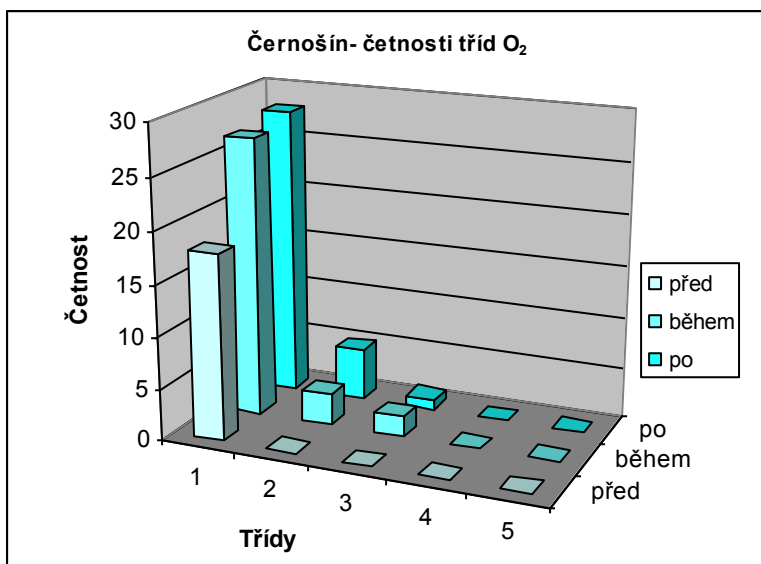
Obr. č. 60: Absolutní hodnoty  $O_2$  v mg/l, Černošín

Boxplotový graf ukazuje zvýšení variability měření na obě strany. Rozdíl středních hodnot je však minimální a vždy v rámci 1. třídy kvality, kam spadá většina z veškerých naměřených hodnot.



Obr. č. 61: Zastoupení koncentrací  $O_2$  v jednotlivých obdobích, Černošín

Graf četností tříd potvrzuje u rozpuštěného kyslíku téměř výhradní zastoupení 1. třídy kvality. Po postavení čistírny se situace mírně zhoršila, což bylo způsobeno snížením minimálních hodnot – počet měření v 2. a 3. třídě je však velmi malý.



Obr. č. 62: Četnosti tříd O<sub>2</sub>, Černošín

Černošín, Černošinský potok, O <sub>2</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	18	0	0	0	0
%	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
během	27	3	2	0	0
%	84,38	9,38	6,25	0,00	0,00
po ČOV	28	5	1	0	0
%	82,35	14,71	2,94	0,00	0,00

Tab. č. 44: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření O<sub>2</sub> dle tříd jakosti vody, Černošín

Hodnocení změny koncentrace kyslíku v Černošinském potoce před a po začátku fungování čistírny v Černošíně se dá popsat stagnací měřených hodnot. Změna nastala velmi malá, jediný rozdíl, pravděpodobně způsobený čistírnou je mírně zvýšená variabilita měření.

### Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK<sub>5</sub>)

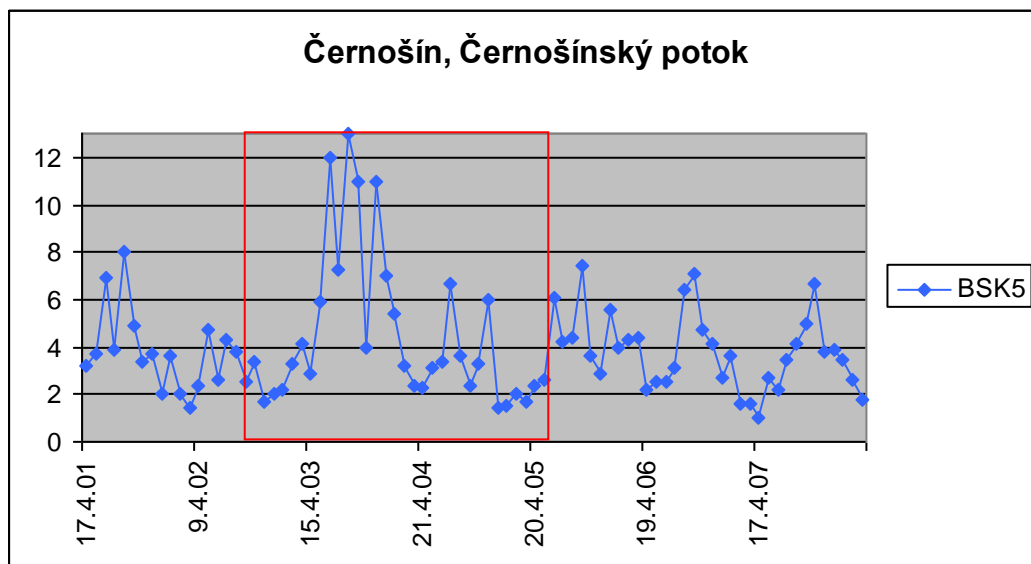
BSK<sub>5</sub> během zkušebního provozu vzrostla, v normálním provozu se ale hodnoty vrátily prakticky na původní výši. V prvním roce normálního provozu byly hodnoty vyšší, v 2. roce se snížily a ve 3. roce se vrátily prakticky na stejnou hladinu jako před spuštěním čistírny, pouze s menším počtem vysokých hodnot.

	Černošín, BSK <sub>5</sub>			hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	1,4	1,4	1	2,2	1	1,8
max.	8	13	7,4	7,4	7,1	6,7
průměr	3,722	4,506	3,818	4,300	3,425	3,710
medián	3,65	3,3	3,7	4,25	2,9	3,65
90%perc.	5,5	10,63	6,31	6,05	6,23	5,17
95%perc.	7,065	11,45	6,84	6,685	6,715	5,935

Tab. č. 45: Statistické hodnoty, Černošín, BSK<sub>5</sub>

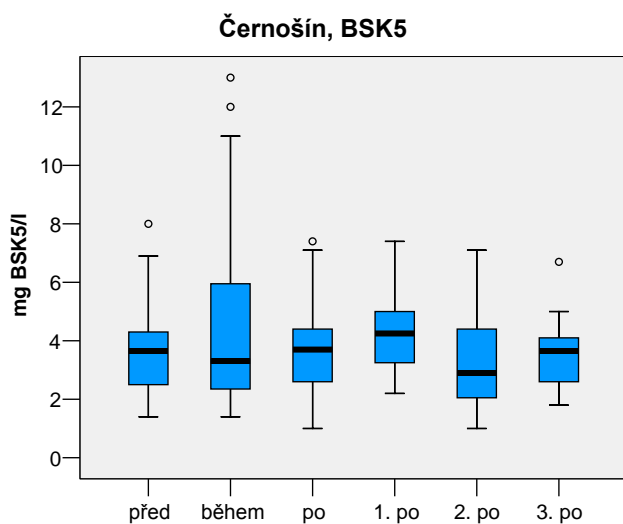
Graf absolutních hodnot odhaluje příčinu zvýšených hodnot BSK<sub>5</sub> ve zkušebním provozu – od června do konce r. 2003 se vyskytovaly vyšší hodnoty (v rámci 4. třídy kvality),

kteří ovlivnily statistické ukazatele. Ostatní monitorované období vykazuje téměř stabilní průběh a to jak před, tak i po uvedení čistírny do provozu.



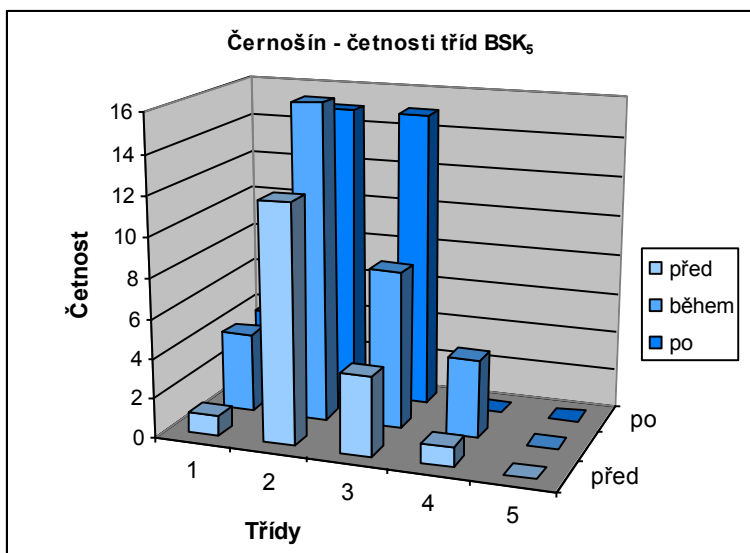
Obr. č. 63: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> v mg/l, Černošín

Znázornění koncentrací BSK<sub>5</sub> pomocí boxplotů potvrzuje zvýšení hodnot v průběhu roku 2003 v rámci zkušebního provozu, v ostatních případech jsou hodnoty ale prakticky stabilní. Mediány téměř všech období (vyjimku tvoří 1. rok normálního provozu) se pohybují v intervalu 2. třídy kvality vody.



Obr. č. 64: Zastoupení koncentrací BSK<sub>5</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín

Četnosti tříd ve sledovaných obdobích poukazují na větší zastoupení 3. třídy po postavení čistírny. Na přehledu statistických hodnot změny téměř nejsou patrné, malý posun přes hraniční interval způsobil relativně velký rozdíl v tomto znázornění. Graf také ukazuje dobrý stav povrchové vody v Černošinském potoce po celou dobu trvání monitoringu.

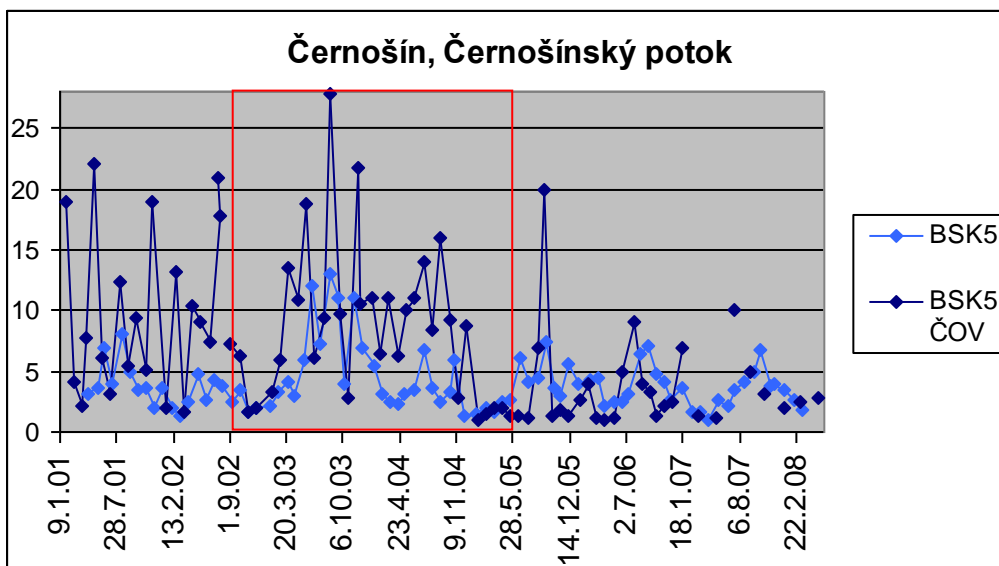


Obr. č. 65: Četnosti tříd BSK<sub>5</sub>, Černošín

Černošín, Černošínský potok, BSK <sub>5</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	12	4	1	0
%	5,56	66,67	22,22	5,56	0,00
během	4	16	8	4	0
%	12,50	50,00	25,00	12,50	0,00
po ČOV	4	15	15	0	0
%	11,76	44,12	44,12	0,00	0,00

Tab. č. 46: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření BSK<sub>5</sub> dle tříd jakosti vody, Černošín.

Z průběhů koncentrací BSK<sub>5</sub> vypouštěných z ČOV nelze přímo usuzovat na jasné ovlivnění tohoto indikátoru. Korelační koeficienty jsou velmi slabé, což je způsobeno časovým posunem odvěru vzorků na čistírně a v toku. Z grafu je ale určitá závislost patrná.



Obr. č. 66: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> a BSK<sub>5</sub>ČOV v mg BSK<sub>5</sub>/l, Černošín

Po postavení čistírny došlo v koncentracích BSK<sub>5</sub> pouze k minimálním změnám, které však lze pro jejich malý rozsah zanedbat a označit situaci jako stagnační. Větší změnou je pouze zvýšení hodnot během zkušebního provozu a to na dobu necelého roku. Vliv čistírny na koncentrace BSK<sub>5</sub> tedy nebyl pozorován.

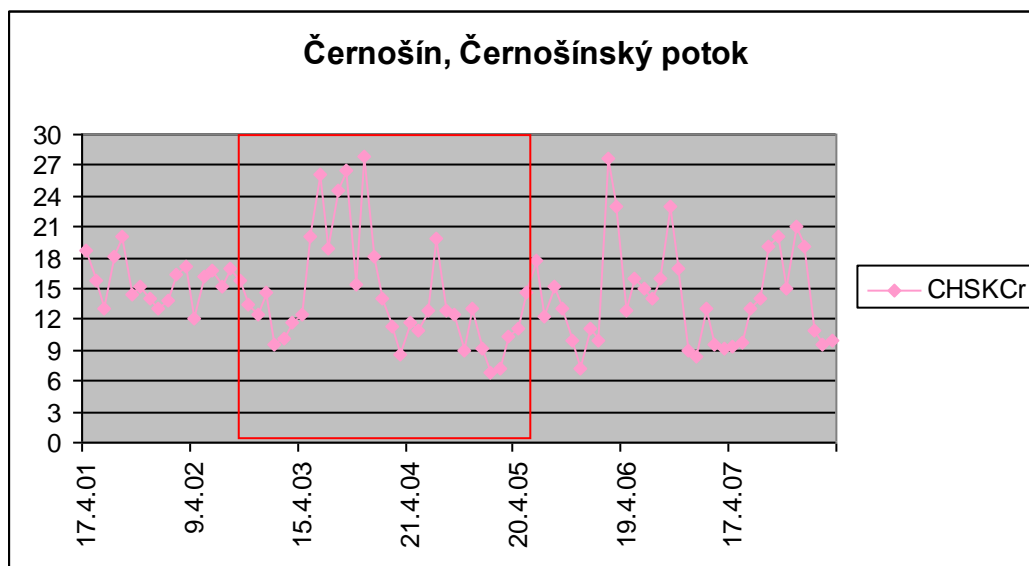
### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

Pokles důležitých statistických hodnot u CHSK<sub>Cr</sub> je po uvedení čistírny do provozu pouze velmi malý, pohybuje se však přes hraniční hodnotu intervalu 1. třídy kvality vody. Z ostatních statistických hodnocení vyplývá zvětšení variability měření. V 2. roce fungování čistírny dochází ke snížení měřených hodnot, ve 3. roce však hodnoty opět vzrostly.

	Černošín, CHSK <sub>Cr</sub>			hodnoty v mg CHSK <sub>Cr</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	12,1	6,9	7,2	7,2	8,4	9,6
max.	20	27,9	27,7	27,7	23	21
průměr	15,683	14,297	14,126	14,642	12,758	15,150
medián	15,75	12,65	13	12,9	11,4	14,5
90%perc.	18,35	24,05	20,7	22,38	16,9	20,1
95%perc.	18,895	26,28	22,935	25,06	19,7	20,55

Tab. č. 47: Statistické hodnoty, Černošín, CHSK<sub>Cr</sub>

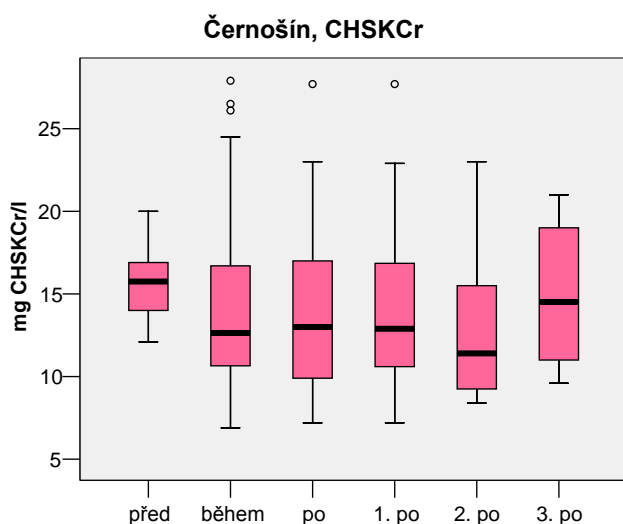
Průběh absolutních hodnot ve sledovaném časovém období ukazuje především jasné rozkolísání hodnot po postavení čistírny – nejprve jejich vzrůst (stejně jako u BSK<sub>5</sub> v r. 2003) a pozdější mírnější výkyvy s viditelnými minimy v zimě. Celkově se však měřené hodnoty mírně posunuly na nižší hladiny koncentrací.



Obr. č. 67: Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> v mg/l, Černošín

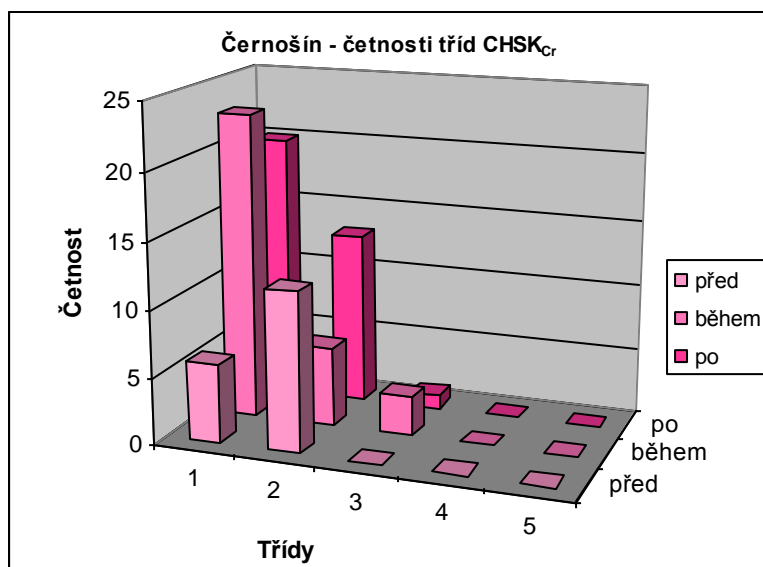
Statistické znázornění zastoupení koncentrací pomocí boxplotů odhaluje pokles mediánů jednotlivých období po postavení čistírny. Variabilita měření vzrostla, především

však směrem k nižším koncentracím, ikdyž se objevily i odlehlé vyšší hodnoty.



Obr. č. 68: Zastoupení koncentrací CHSK<sub>Cr</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín.

Zastoupení tříd (tedy příslušnosti měřených hodnot k jednotlivým intervalům) vykazuje posun větší části měření do první třídy. Zvýšení variability má za následek i prezenci třetí třídy, která v období před čistírnou nebyla zastoupena, stále jde ale o velmi čistý tok.



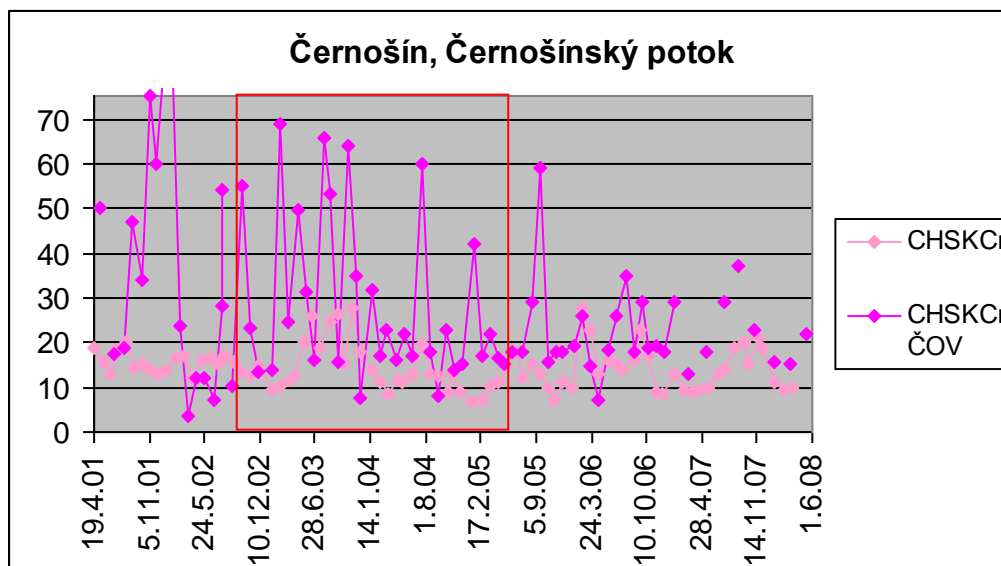
Obr. č. 69: Četnosti tříd CHSK<sub>Cr</sub>, Černošín

Černošín, Černošinský potok, CHSK <sub>Cr</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	6	12	0	0	0
%	33,33	66,67	0,00	0,00	0,00
během	23	6	3	0	0
%	71,88	18,75	9,38	0,00	0,00
po ČOV	20	13	1	0	0
%	58,82	38,24	2,94	0,00	0,00

Tab. č. 48: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření CHSK<sub>Cr</sub> dle tříd jakosti vody, Černošín



Indikátor kvality vody  $CHSK_{Cr}$  ve dvou zvolených profilech jeví mírné známky závislosti v období normálního provozu (korelační koeficient 0,442), při uvažování veškerých dostupných dat závislost prakticky není (korelační koeficient 0,156). Je patrné, že koncentrace  $CHSK_{Cr}$  poklesly na odtoku z ČOV již během zkušebního provozu a v normálním provozu nedocházelo k předchozím větším odchýlkám v měření.



Obr. č. 70: Absolutní hodnoty  $CHSK_{Cr}$  a  $CHSK_{Cr}$  ČOV v mg  $CHSK_{Cr}$ /l, Černošín

CHSK <sub>Cr</sub> ČOV, Černošín	
datum	mg CHSK <sub>Cr</sub> /l
21.1.2002	100,2

Tab. č. 49: Neobrazené hodnoty na obr. 49

Indikátor kvality vody  $CHSK_{Cr}$  doznal za pozorovaný časový úsek mírných změn vlivem fungování ČOV. Celkově došlo ke snížení koncentrací, zároveň jsou však hodnoty měření více variabilní.

### Celkový organický uhlík (TOC)

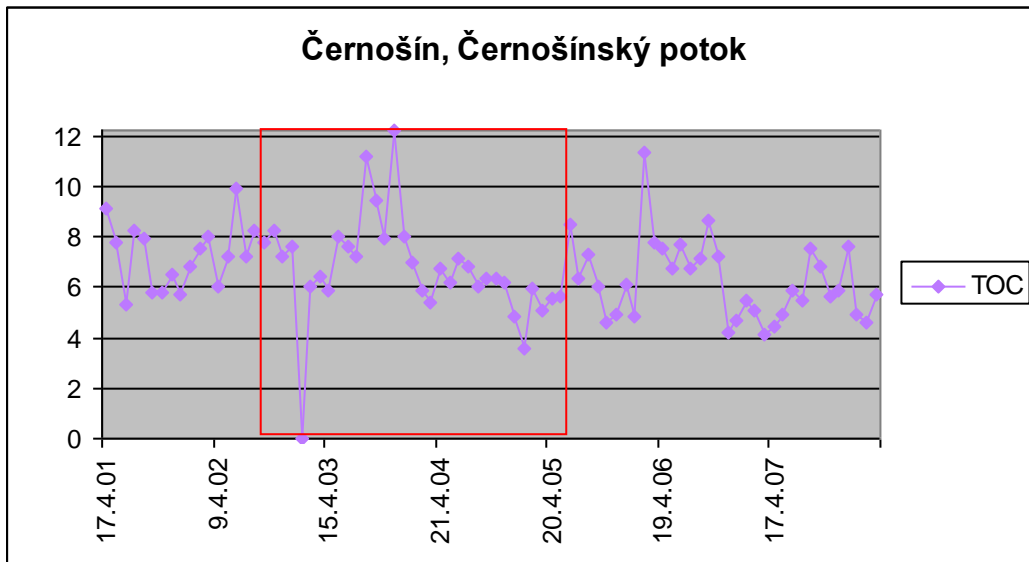
Měřené hodnoty celkového organického uhlíku se po postavení čistírny snížily. Navíc se pohybovaly nad limitní hranicí pro 1. třídu jakosti vody, což má vliv na hodnocení podle tohoto kritéria. Jako u jiných indikátorů se 2. rok normálního provozu čistírny projevuje nejnižšími naměřenými koncentracemi.

	Černošín, TOC			hodnoty v mg TOC /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	5,3	3,58	4,1	4,6	4,1	4,6
max.	9,9	12,2	11,3	11,3	8,6	7,6
průměr	7,261	6,880	6,235	6,817	5,850	6,000
medián	7,35	6,4	5,95	6,5	5,3	5,8
90%per.	8,47	8,2	7,77	8,43	7,65	7,51
95%perc.	9,22	10,3	8,535	9,76	8,105	7,555

Tab. č. 50: Statistické hodnoty, Černošín, TOC

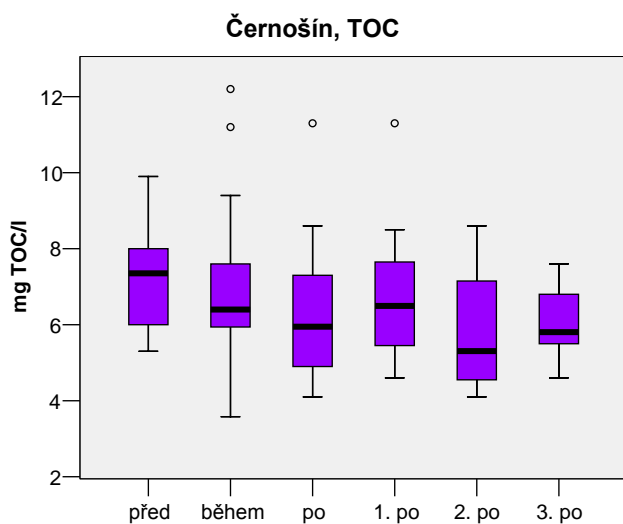
Průběh koncentrací TOC je velmi podobný i u  $CHSK_{Cr}$ . Po postavení ČOV dochází k větší rozkolísanosti, ikdyž se zároveň snížily celkové hodnoty. Objevily se i vyšší hodnoty (ve třetí třídě, nad 10 mg TOC/l) které před postavením ČOV nebyly zastoupeny. Zejména

v první polovině zkušebního provozu se objevují vyšší hodnoty, jeho druhá polovina je ale charakterizována naopak nižšími měřeními. I když dochází i v normálním provozu ještě k ojedinělému vzestupu hodnot, celkově v době provozu čistírny hodnoty TOC poklesly.



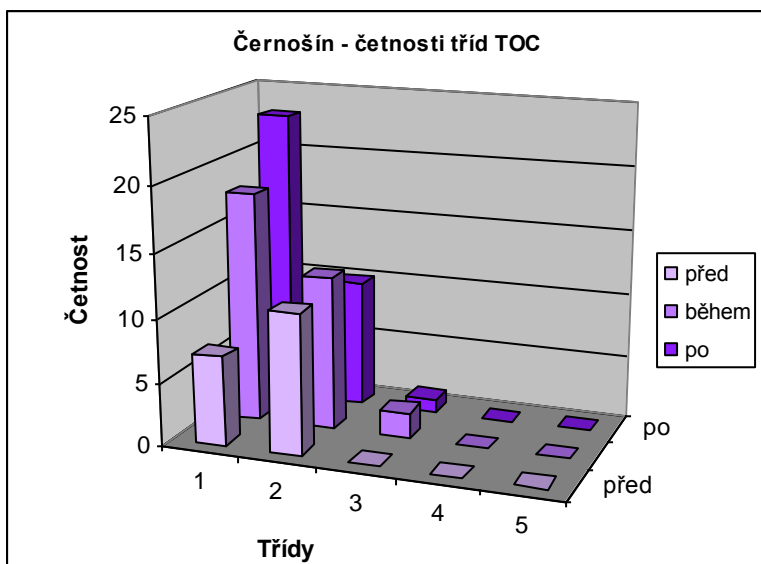
Obr. č. 71: Absolutní hodnoty TOC v mg/l, Černošín

Znázornění boxplotů ukazuje pokles hodnot – již ve zkušebním provozu klesl medián pod hranici 7 mg TOC/l, 2. a 3. rok normálního provozu se pod tuto hranici dostal i horní kvartil měřených hodnot.



Obr. č. 72: Zastoupení koncentrací TOC v jednotlivých obdobích, Černošín

I na přiřazovacím grafu četnosti tříd je patrné zvýšení počtu měření v 1. třídě. Záslouhou na tak velkém rozdílu má poloha předchozích hodnot těsně nad hranicí 1. třídy, pokles tedy nemusel doznat velkých absolutních hodnot.



Obr. č. 73: Četnosti tříd TOC, Černošín

Černošín, Černošínský potok, TOC					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	7	11	0	0	0
%	38,89	61,11	0,00	0,00	0,00
během	18	12	2	0	0
%	56,25	37,50	6,25	0,00	0,00
po ČOV	23	10	1	0	0
%	67,65	29,41	2,94	0,00	0,00

Tab. č. 51: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření TOC dle tříd jakosti vody, Černošín

Indikátor TOC po postavení čistírny v Černošíně doznal mírného, ale významného snížení – většina hodnot se nově nachází v intervalu 1. třídy kvality vody. Další změnou je větší rozkolísanost měření. Vzhledem k původním hodnotám, které byly v intervalu 1. a především 2. třídy, však nutno konstatovat, že Černošínský potok byl z hlediska hodnocení dle TOC velmi čistým tokem již před vybudováním ČOV.

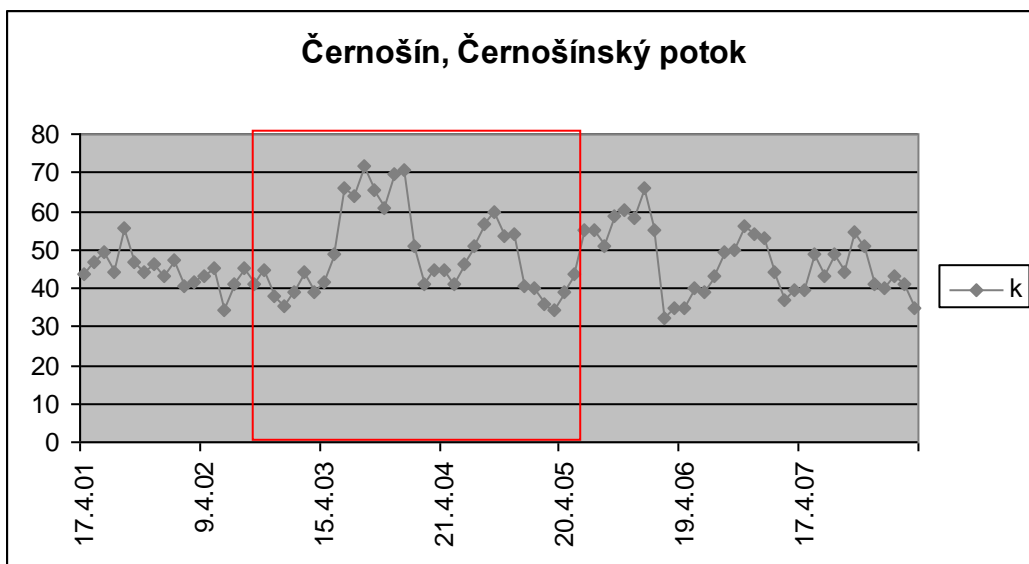
### Konduktivita ( $\kappa$ )

Po uvedení ČOV do provozu se hodnoty  $\kappa$  zvýšily. 3. rok normálního provozu je charakterizován opětovným snížením a přiblížením se k původním měřením, hodnoty během zkušebního provozu a prvních 2 let normálního provozu jsou ale mírně vyšší.

	Černošín, $\kappa$			hodnoty v mS/m		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	34,1	34,2	32	32	37	35,05
max.	55,8	71,7	66,1	66,1	55,9	54,71
průměr	44,378	49,222	46,944	50,058	46,106	44,213
medián	44,3	44,8	46,66	55	46,66	43,29
90%per.	47,8	65,75	57,51	60,04	53,98	51,2
95%perc.	50,19	70,015	59,16	62,855	54,91	52,955

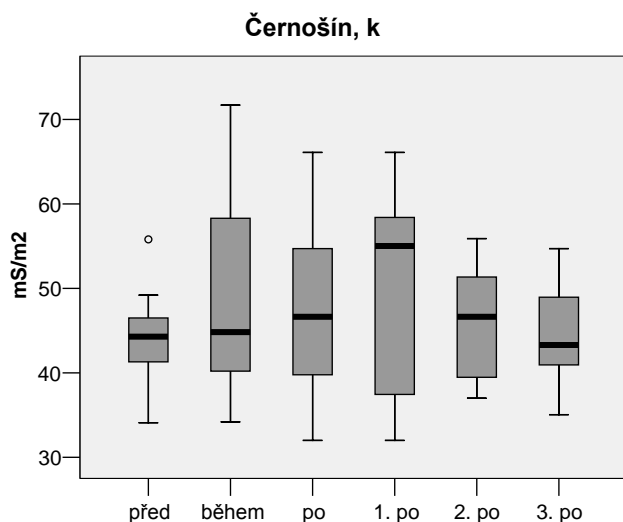
Tab. č. 52: Statistické hodnoty, Černošín,  $\kappa$

Velmi stabilní měření byla po postavení čistírny rozkolísána a doznala mírného zvýšení. Po uvedení čistírny do normálního provozu rozkolísanost klesá a hodnoty také.



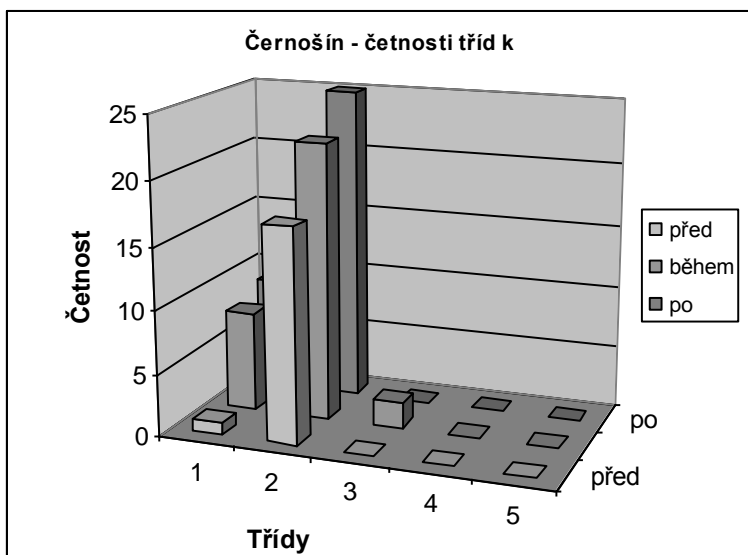
Obr. č. 74: Absolutní hodnoty  $\kappa$  v mS/m, Černošín

Boxplotový graf potvrzuje popis grafu absolutních hodnot – rozkolísanost vzniká v období zkušebního provozu a během normálního provozu dochází k jejímu postupnému snižování, včetně snižování většiny hodnot.



Obr. č. 75: Zastoupení koncentrací  $\kappa$  v jednotlivých obdobích, Černošín

Dle četností tříd se hodnoty  $\kappa$  snížily – tento stav zapříčinilo zejména větší rozkolísání měření a umístění většiny hodnot těsně nad hranici 1. třídy. Přestože se většina hodnot spíše zvýšila, díky větší variabilitě měření došlo i k nárůstu počtu měření v 1. třídě.



Obr. č. 76: Četnosti tříd κ, Černošín

Černošín, Černošínský potok, κ					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	17	0	0	0
%	5,56	94,44	0,00	0,00	0,00
během	8	22	2	0	0
%	25,00	68,75	6,25	0,00	0,00
po ČOV	9	25	0	0	0
%	26,47	73,53	0,00	0,00	0,00

Tab. č. 53: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření κ dle tříd jakosti vody, Černošín

U konduktivity došlo vlivem ČOV k mírnému zhoršení stavu. Hodnoty se mírně (velmi mírně) zvýšily a došlo i jejich větší variabilitě, která během normálního provozu začla opět klesat. Stejně jako u ostatních již zmíněných indikátorů se jedná jak před postavením čistírny, tak po jejím postavení o charakteristické hodnoty pro velmi čistý tok.

#### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

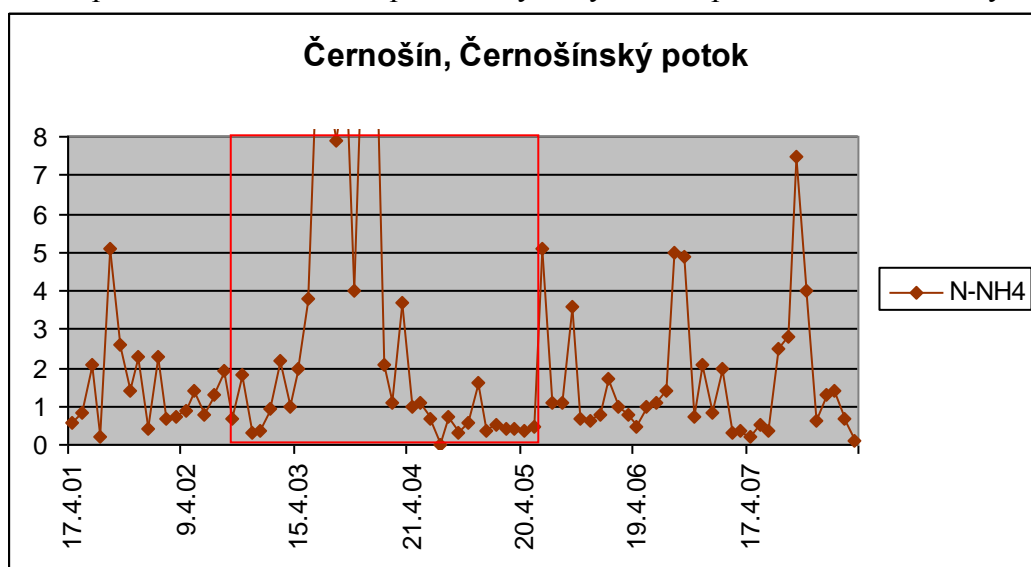
Hodnoty N-NH<sub>4</sub> se po postavní čistírny více rozrůznily, medián však zůstal prakticky stejný, pouze 3. rok normálního provozu se mírně zvýšil. Zvýšení percentilů a průměrů poukazuje na mírné zvětšení počtu vyšších naměřených hodnot.

	Černošín, N-NH <sub>4</sub>			hodnoty v mg N-NH <sub>4</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,21	0,3	0,09	0,47	0,2	0,09
max.	5,1	13	7,5	5,1	5	7,5
průměr	1,456	3,061	1,725	1,498	1,617	2,128
medián	1,095	1,1	1,05	1	0,975	1,35
90%per.	2,39	9,7	4,63	3,41	4,62	4,35
95%perc.	2,975	11,5	5,035	4,275	4,945	5,925

Tab. č. 54: Statistické hodnoty, Černošín, N-NH<sub>4</sub>

V grafu absolutních hodnot pozorujeme pouze jeden výrazný výkyv hodnot a to v 2. roce zkušebního provozu, v kterém byly i koncentrace některých předchozích indikátorů

zvýšené. Ojedinelé značně zvýšené měření bylo pozorováno i v předchozím období, proto v dalším průběhu hodnot nelze spatřovat výrazný rozdíl oproti stavu bez čistírny.

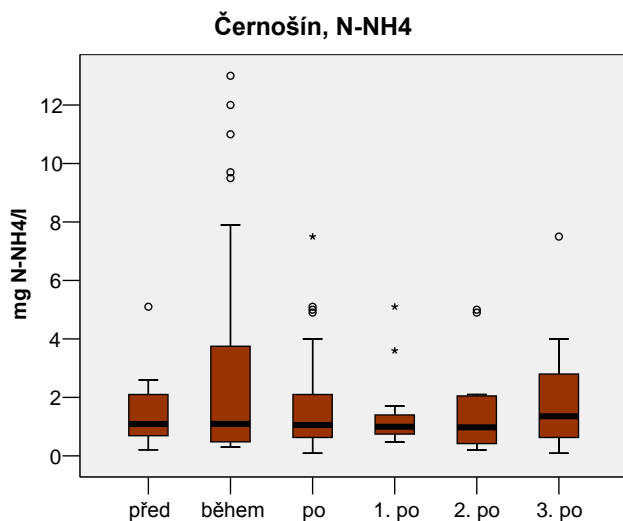


Obr. č. 77: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> v mg/l, Černošín

Černošín, N-NH <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty			datum	
			mg N-NH <sub>4</sub> /l	
17.6.03	15.7.03	16.9.03	11.11.03	9.12.03
11	9,5	9,7	12	13

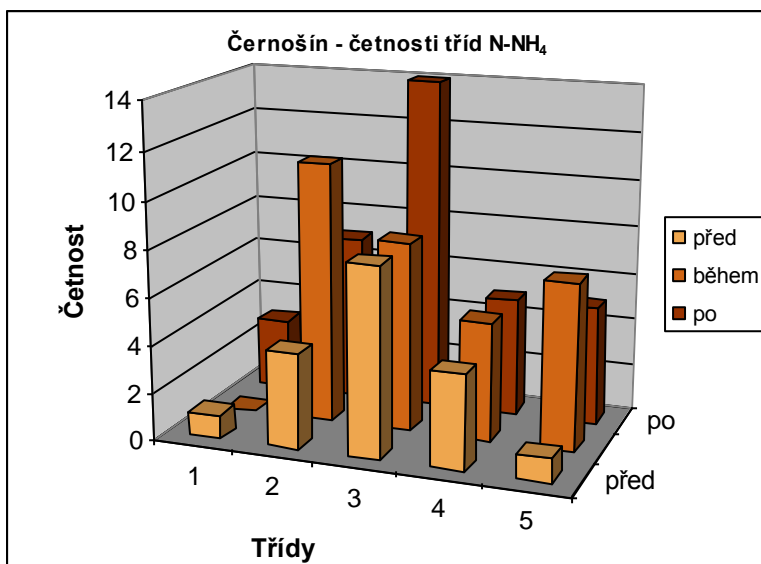
Tab. č. 55: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 76

Boxplotové znázornění potvrzuje stagnaci mediánu doprovázenou zvýšením variability měření (zvláště ve zkušebním provozu). Ve 3. roce se i medián mírně zvýšil, velký pokles hodnot zapříčiněný funkcí čistírny tak není pozorován.



Obr. č. 78: Zastoupení koncentrací N-NH<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín

Četnosti zastoupení jednotlivých tříd doznaly menší změny – počty měření v krajních třídách (1. a 5.) byly navýšeny, hlavní zastoupení je však stále, stejně jako v období před čistírnou, ve 3. třídě a to v téměř stejném procentuálním zastoupení.

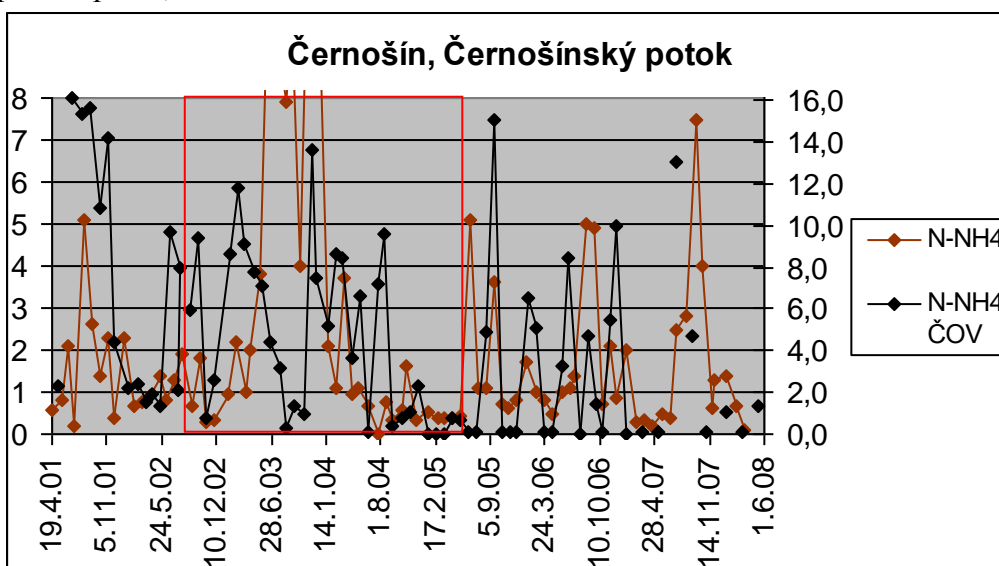


Obr. č. 79: Četnosti tříd N-NH<sub>4</sub>, Černošín

Černošín, Černošinský potok, N-NH <sub>4</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	4	8	4	1
%	5,56	22,22	44,44	22,22	5,56
během	0	11	8	5	7
%	0,00	35,48	25,81	16,13	22,58
po ČOV	3	7	14	5	5
%	8,82	20,59	41,18	14,71	14,71

Tab. č. 56: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NH<sub>4</sub> dle tříd jakosti vody, Černošín

Vyčištěná odpadní voda má vliv na koncentrace N-NH<sub>4</sub> v toku mírně více, než u předchozích indikátorů. Korelační koeficient pro celé sledované období je 0,45, pro normální provoz pak 0,628. Označit tento vztah za silnou závislost však nelze.



Obr. č. 80: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> a N-NH<sub>4</sub> ČOV v mg N-NH<sub>4</sub> /l, Černošín

Jediná více zřetelná změna v koncentracích N-NH<sub>4</sub>, způsobená provozem čistírny, je zvýšení hodnot během zkušebního provozu v r. 2003. Po tomto zvýšení však hodnoty klesly v podstatě na stejnou úroveň jako před spuštěním čistírny. Očekávaná změna v koncentracích tedy nenastala. Z hlediska kvality vody je Černošínský potok na dobré úrovni – mediánové hodnoty se pohybují ve 3. třídě kvality s velkou rezervou.

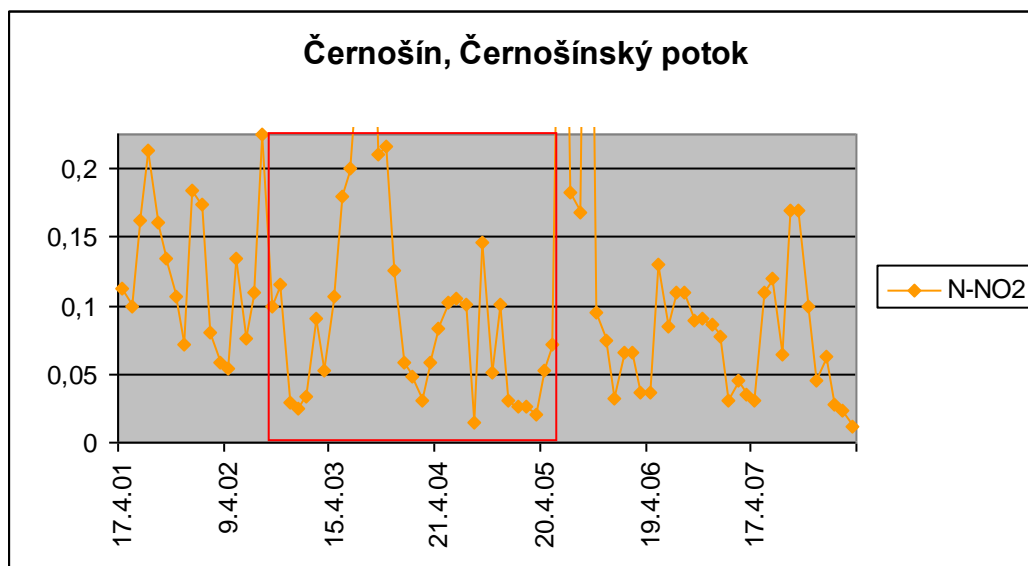
### Dusitanový dusík (N-NO<sub>2</sub>)

Důležité statistické hodnoty N-NO<sub>2</sub> mírně poklesly, u mediánu lze dokonce v průběhu 3 let normálního provozu vidět snižující se tendenci. Na druhou stranu však došlo i k objevení se velmi vysokých hodnot, které zapříčinily vzrůst 95% percentilu a byly lokalizovány v 1. roce normálního provozu, v dalších letech se již nevyskytovaly.

Černošín, N-NO <sub>2</sub>			hodnoty v mg N-NO <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,054	0,015	0,012	0,032	0,031	0,012
max.	0,225	0,515	0,635	0,635	0,11	0,17
průměr	0,125	0,104	0,111	0,173	0,075	0,080
medián	0,111	0,078	0,082	0,085	0,086	0,064
90%per.	0,193	0,209	0,170	0,522	0,110	0,170
95%perc.	0,215	0,254	0,314	0,594	0,110	0,170

Tab. č. 57: Statistické hodnoty, Černošín, N-NO<sub>2</sub>

Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> doznaly po vybudování čistírny větší variability, celkově však došlo k jejich snížení. Průběh hodnot lze charakterizovat jako snížení se současným občasným zvýšením hodnot na velmi vysoké.



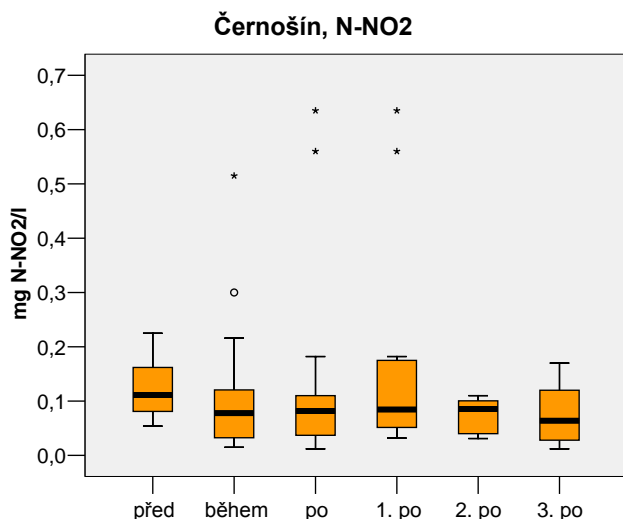
Obr. č. 81: Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> v mg/l, Černošín

Černošín, N-NO <sub>2</sub> , nezobrazené hodnoty		datum	
		mg N-NO <sub>2</sub> /l	
15.7.03	19.8.03	22.6.05	21.9.05
0,3	0,52	0,56	0,64

Tab. č. 58: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 80

Znázornění změny koncentrací N-NO<sub>2</sub> pomocí boxplotů ukazuje jasný, i když mírný pokles hodnot. Mediánová hodnota klesá od zprovoznění čistírny, kdy v prvním roce jejího fungování došlo k mírnému zvýšení variability měření, což se dá říci i o 3. roce jejího provozu.





Obr. č. 82: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín

Po zprovoznění čistírny došlo k mírné změně v koncentracích - nejvyšší hodnoty byly dosaženy v r. 2003, což lze tvrdit i u jiných indikátorů, během zkušebního provozu. Po uvedení do normálního provozu se hodnoty ještě mírně zvýšily (během 1. roku), během dalšího roku ale došlo opět ke snížení. Celkově se dá změna, která nastala po zprovoznění čistírny dá popsát jako snížení absolutních hodnot a zvýšení variability měření.

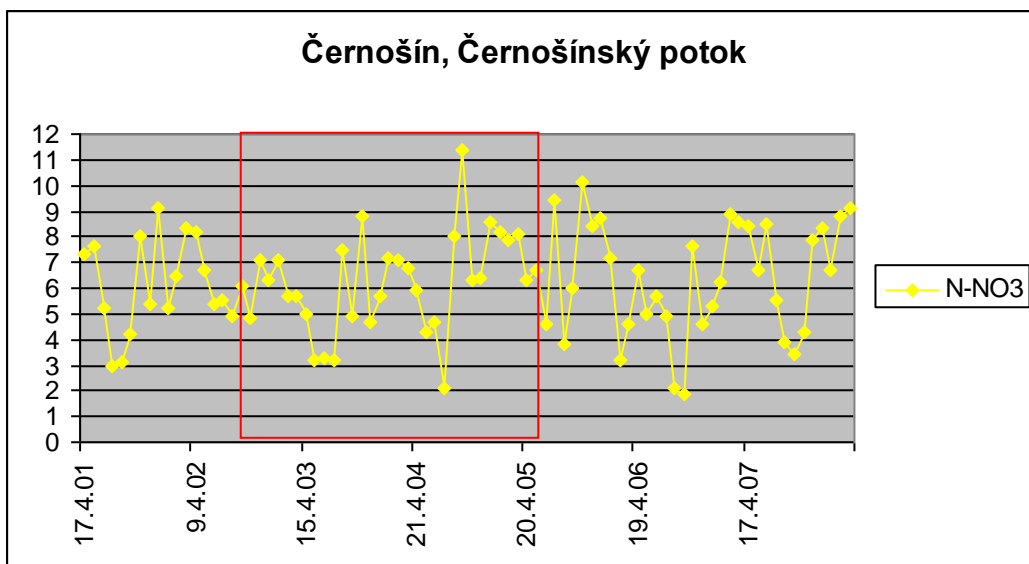
### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Hodnoty charakterizující změnu koncentrací N-NO<sub>3</sub> v Černošínském potoce ukazují po postavení čistírny mírné zvýšení. Zvláště vzrůst mediánu oproti původní hodnotě je vyšší, navíc nově přesahuje přes hranici 3. třídy kvality vody. Zajímavý je navíc pokračující vzestup hodnot po uvedení ČOV do normálního provozu.

Černošín, N-NO <sub>3</sub>			hodnoty v mg N-NO <sub>3</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	3	2,1	1,9	3,2	1,9	3,4
max.	9,1	11,4	10,1	10,1	8,9	9,1
průměr	6,094	6,219	6,324	6,475	5,908	6,640
medián	5,8	6,3	6,45	6,35	5,95	7,3
90%per.	8,23	8,19	8,87	9,33	8,58	8,83
95%perc.	8,42	8,69	9,205	9,715	8,735	8,965

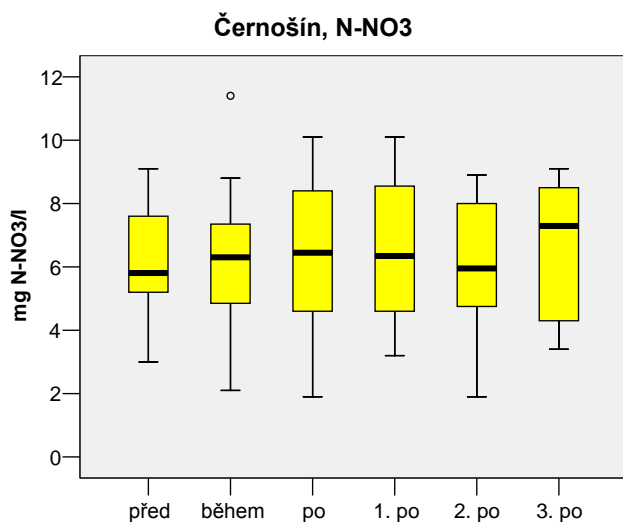
Tab. č. 59: Statistické hodnoty, Černošín, N-NO<sub>3</sub>

Graf absolutních hodnot potvrzuje výše uvedenou tabulku statistického hodnocení – hodnoty během zkušebního provozu vzrostly, v normálním provozu pak vzrůst díky značné variabilitě není tolik patrný. Chod hodnot si navíc uchovává jistou pravidelnost v sezónnosti s minimy v letních měsících.



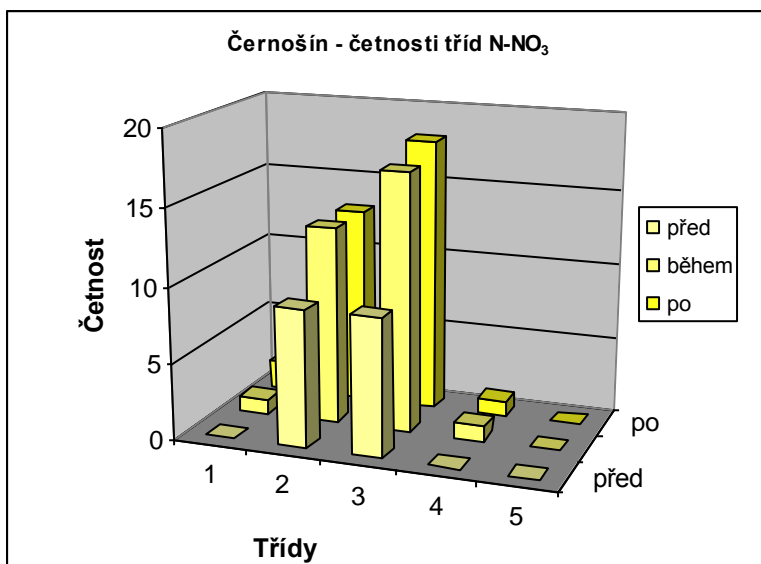
Obr. č. 83: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> v mg/l, Černošín

Boxplotové znázornění dokládá postupný vzestup měřených koncentrací N-NO<sub>3</sub>. V 2. roce fungování ČOV sice medián mírně poklesl, variabilita se ale nesnížila, ikdyž převládala měření s nižšími hodnotami. Ve 3. roce fungování ale opět došlo ke vzestupu, navíc vyššímu než v předchozích obdobích – i přes snížení variability dochází tak k zvýšení absolutních hodnot měření.



Obr. č. 84: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>3</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín

Přesun přes hranici pro 2. a 3. třídu v mediánu se příliš na grafu četností tříd nepotvrdil. Zvýšení variability měření zapříčinilo pouze nárůst měření v jiných, dříve nezastoupených třídách (1. a 4.). Zároveň je ale celkový počet těchto absolutních měření nízký.

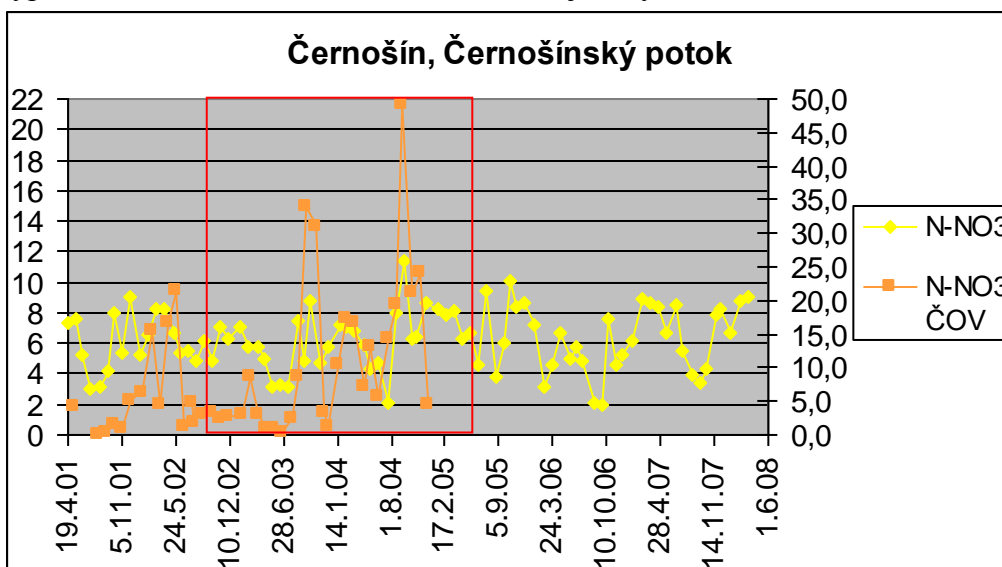


Obr. č. 85: Četnosti tříd N-NO<sub>3</sub>, Černošín

Černošín, Černošínský potok, N-NO <sub>3</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	9	9	0	0
%	0,00	50,00	50,00	0,00	0,00
během	1	13	17	1	0
%	3,13	40,63	53,13	3,13	0,00
po ČOV	2	13	18	1	0
%	5,88	38,24	52,94	2,94	0,00

Tab. č. 60: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NO<sub>3</sub> dle tříd jakosti vody, Černošín

Vzhledem k neexistenci dat z období normálního provozu lze hodnotit pouze zobrazené období. V tom dosahoval korelační koeficient hodnoty 0,281. Závislost N-NO<sub>3</sub> vypouštěného z ČOV na koncentrace v toku je tedy velmi slabá.



Obr. č. 86: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub> ČOV v mg N-NO<sub>3</sub>/l, Černošín

Provoz čistírny v Černošíně zapříčinil malý vzrůst koncentrací N-NO<sub>3</sub> v Černošínském potoce. Koncentrace se sice pohybují v přijatelné míře kolem 6 mg N-NO<sub>3</sub>/l, zároveň je to však hranice po 3. třídu kvality vody, tudíž i malé zvýšení zapříčiní zhoršení o celou třídu. Kromě mírného zhoršení došlo ještě k malému zvýšení variability měření.

### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Hodnoty celkového fosforu se po postavení čistírny prudce zvýšily. Nejvyšší naměřené hodnoty byly během zkušebního provozu, po uvedení čistírny do normálního provozu hodnoty postupně opět klesaly prakticky až na původní výšku.

Černošín, P <sub>C</sub>			hodnoty v mg P <sub>C</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,141	0,1	0,04	0,09	0,08	0,04
max.	0,96	3,21	1,2	1,2	0,96	0,92
průměr	0,315	0,715	0,446	0,683	0,358	0,267
medián	0,24	0,365	0,305	0,65	0,21	0,165
90%per.	0,500	1,918	1,045	1,160	0,692	0,470
95%perc.	0,708	2,542	1,105	1,184	0,817	0,695

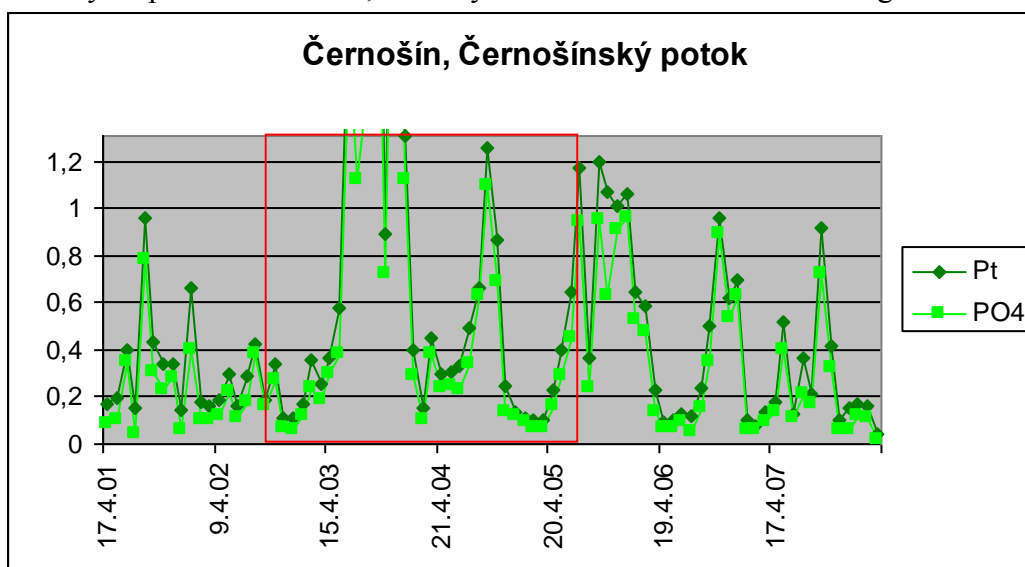
Tab. č. 61: Statistické hodnoty, Černošín, P<sub>C</sub>

Hodnoty P-PO<sub>4</sub> kopírují průběh P<sub>C</sub> prakticky bez výjimek.

Černošín, P-PO <sub>4</sub>			hodnoty v mg P-PO <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,044	0,06	0,02	0,07	0,05	0,02
max.	0,784	2,9	0,96	0,96	0,89	0,72
průměr	0,223	0,572	0,345	0,531	0,288	0,190
medián	0,17	0,28	0,19	0,505	0,145	0,115
90%per.	0,386	1,471	0,904	0,949	0,621	0,36
95%perc.	0,458	2,012	0,944	0,955	0,747	0,540

Tab. č. 62: Statistické hodnoty, Černošín, P-PO<sub>4</sub>

Po uvedení čistírny do provozu je patrný pozvolný vzestup hodnot (asi během půl roku) na extrémně vysoké hodnoty. Tyto se objevovaly v r. 2003, stejně jako u jiných indikátorů. Po postavení čistírny se hodnoty i variabilita měření začaly postupně snižovat prakticky na původní hodnotu, která byla dosažena během 3. roku fungování.

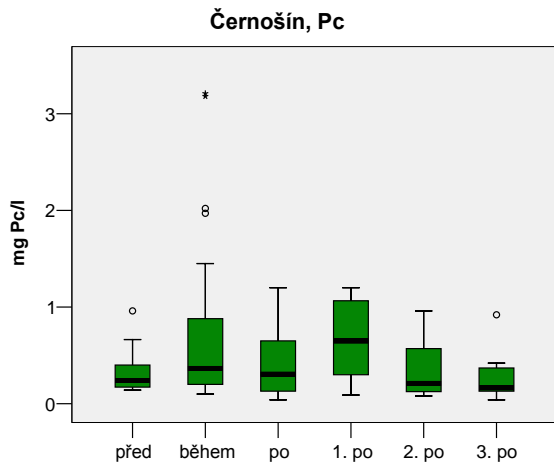


Obr. č. 87: Absolutní hodnoty P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub> v mg/l, Černošín

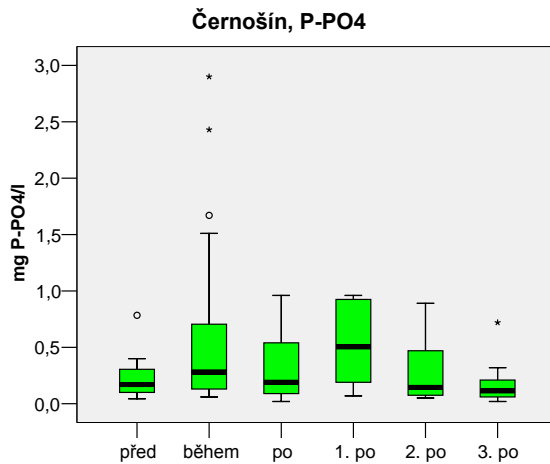
Černošín, P <sub>C</sub> , P-PO <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty			datum	
			mg P <sub>C</sub> /l	
			mg P-PO <sub>4</sub> /l	
17.6.03	15.7.03	19.8.03	16.9.03	11.11.03
1,97	1,45	2,1	3,18	3,21
1,67		1,51	2,43	2,9

Tab. č. 63: Nezobrazené hodnoty na obr.č. 86

Zobrazení měřených koncentrací pomocí boxplotů potvrzuje prudké zvýšení hodnot po uvedení ČOV do provozu a trvající ještě první rok normálního provozu. Poté hodnoty i variabilita opět rychle klesaly až na původní výši. Stejný průběh vidíme u P<sub>C</sub> i u P-PO<sub>4</sub>.

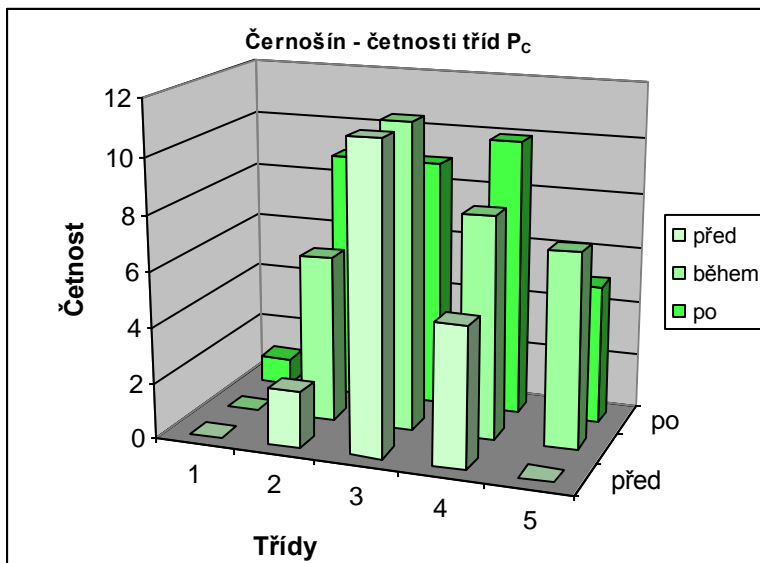


Obr. č. 88: Zastoupení koncentrací P<sub>C</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín



Obr. č. 89: Zastoupení koncentrací P-PO<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Černošín

Graf četnosti tříd ukazuje větší rozmanitost měření po postavení čistírny. 2., 3. a 4. třída jsou prakticky stejně zastoupeny, navíc nově se objevují měření i v 1. a v 5. třídě.

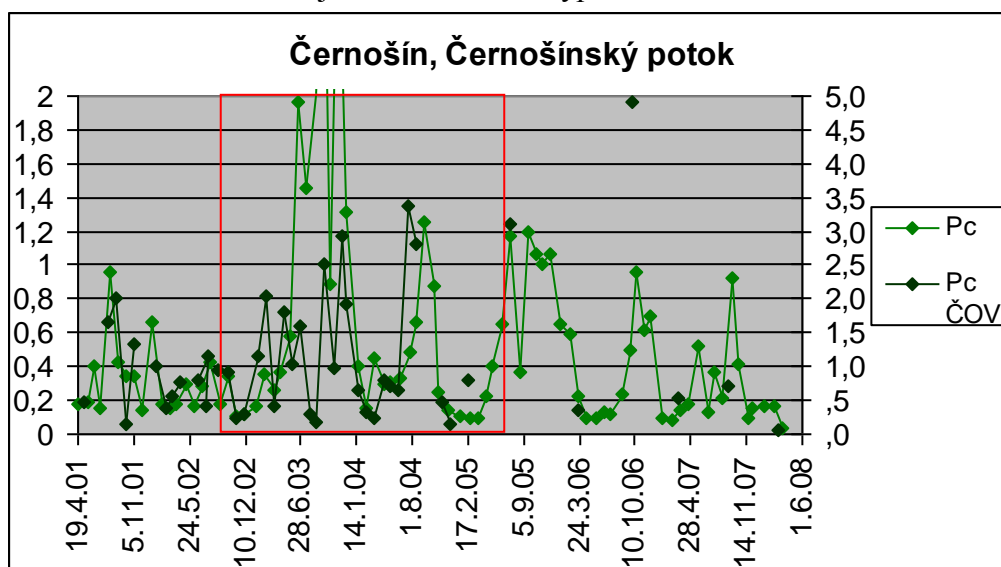


Obr. č. 90: Četnosti tříd P<sub>C</sub>, Černošín

Černošín, Černošinský potok, P <sub>C</sub>					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	2	11	5	0
%	0,00	11,11	61,11	27,78	0,00
během	0	6	11	8	7
%	0,00	18,75	34,38	25,00	21,88
po ČOV	1	9	9	10	5
%	2,94	26,47	26,47	29,41	14,71

Tab. č. 64: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření P<sub>C</sub> dle tříd kvality vody, Černošín

Data z ČOV týkající se fosforu jsou v normálním provozu bohužel velmi sporadická. Korelační koeficient dosahuje v tomto období 0,771, zahrnuje však pouze 7 měření. Při uvažování všech dostupných hodnot má koeficient hodnotu 0,538. U fosforu je tedy patrná velmi mírná závislost na jeho koncentraci vypouštěné čistírnou.



Obr. č. 91: Absolutní hodnoty P<sub>C</sub> a P<sub>C</sub> ČOV v mg P<sub>C</sub>/l, Černošín

Charakteristická změna indikátorů hodnotící fosfor – P<sub>C</sub> a u P-PO<sub>4</sub>, kterou můžeme spatřovat v provozu čistírny, se dá zhodnotit jako střídání prudce zvýšených hodnot s hodnotami původní výše (s maximy v r. 2003). Po nastolení normálního provozu dochází k postupnému snižování vysokých hodnot, které ve 3. roce fungování ČOV dosahují původní výše.

### Celkové hodnocení

Hodnocení funkčnosti nově postavené čistírny v Černošíně na kvalitu vody v Černošíně důrazně ovlivňuje fakt, že již před postavením čistírny byl zmíněný tok v dobrém stavu a jednalo se o velmi čistý tok. Velký efekt na změnu kvality vody v Černošinském potoce ale čistírna nemá.

Indikátory organického znečištění odhalují stagnaci či velmi mírné zlepšení stavu. Zároveň také dochází k větší rozkolísanosti měření. Podobný průběh má i κ – po spuštění čistírny okamžité zvětšení variability a mírné zvýšení absolutních hodnot, ikdyž s postupným opětovným snižováním – během 3. roku normálního provozu se hodnoty dostávají na původně měřenou hladinu. U indikátorů dusíku jako hlavní změnu můžeme identifikovat malé navýšení počtu vysokých měření, celkově se však dramatická změna v těchto ukazatelích

neprojevila. Zajímavostí je zvýšení hodnot ve 3. roce fungování ČOV (v normálním provozu) u N-NH<sub>4</sub> i u N-NO<sub>3</sub>. Ukazatelé fosforu mají stejný průběh jako κ – série zvýšených hodnot, které se střídají s nízkými hodnotami totožnými s původními minimy, se postupem času snižují, až dosahují ve 3. roce původního stavu.

	Datum začátku intervalu pro výpočet tříd jakosti vody					
Černošín	17.4.01	8.10.02	21.1.04	22.6.05	24.5.06	17.4.07
O <sub>2</sub>	1	2	2	2	1	2
BSK <sub>5</sub>	3	3	3	3	3	3
CHSKCr	2	3	1	2	2	2
TOC	2	3	1	2	2	2
k	2	3	2	2	2	2
N-NH <sub>4</sub>	3	5	3	4	5	4
N-NO <sub>3</sub>	3	3	3	3	3	3
P <sub>c</sub>	4	5	4	5	4	4

Tab. č. 65: Třídy jakosti vody v Černošinském potoce dle ČSN 75 7221. Červeně zvýrazněno období zkušebního provozu.

### 3.1.3 Dolní Bousov

Monitoring prováděný ZVHS v Dolním Bousově se datuje od 17. 5. 1993. Dostupné hodnoty pro tuto práci ohraničuje datum 8. 9. 2009. V období od 1. 12. 1995 do 22. 9. 1997 bylo měřeno pouze 9x, tedy z celkových 22 měsíčních měření jich 13 chybí. V následující době od 1. 10. 1997 do 1. 3. 2001 bylo monitorování Bousovského potoka zcela vynecháno a tudíž chybí. Od 24. 4. 2001 monitoring opět započal v plném původním rozsahu a zcela pravidelně – tedy 1x měsíčně.

Zkušební provoz čistírny v Dolním Bousově trval od listopadu 2004 do 31. 12. 2005. Kolaudační rozhodnutí pro čistírnu bylo vydáno 1. 3. 2006, kdy oficiálně započal i normální provoz čistírny. Proto je zkušební provoz počítán od listopadu 2004 až do 28. 2. 2006. Monitoring na čistírně použitý v této práci pochází z období 5. 8. 2004 – 17. 12. 2009 bez přerušení s frekvencí měření 1x za měsíc.

Statistické hodnoty průtoků, ČOV Dolní Bousov					hodnoty v l/s	
minimum	maximum	průměr	medián	90% percentil	95% percentil	
2,569	8,004	4,195	3,764	6,566	7,272	

Tab. č. 66: Statistické hodnoty průtoků, ČOV Dolní Bousov

Počet měření sledovaných indikátorů včetně výjimky je uveden v následující tabulce:

období	počet měření	výjimečné počty měření	
		TOC	P-PO <sub>4</sub>
před	83	43	43
během	16		
po	43		
1. po	12		
2. po	12		
3. po	12		
4. po	7		

Tab. č. 67: Počet měření, Dolní Bousov

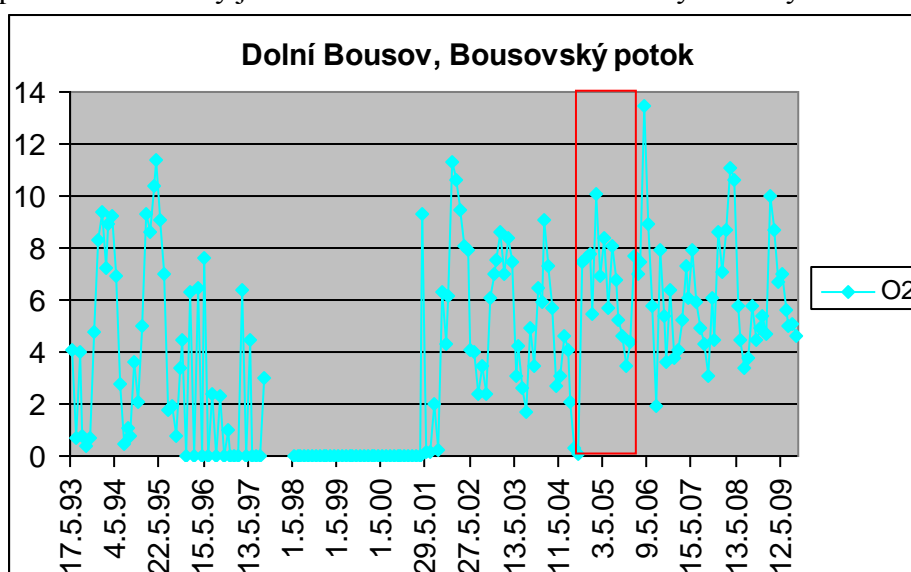
## Rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Vliv čistírny na koncentrace O<sub>2</sub> v Bousovském potoce je pozitivní – po jejím uvedení do provozu se koncentrace O<sub>2</sub> zvýšily. Mediány i průměry (bráno po jednotlivých letech) navíc překročily 5 mg O<sub>2</sub>/l, tedy dolní interval důležité 3. třídy kvality vody.

Dolní Bousov, O <sub>2</sub>				hodnoty v mg O <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,099	3,5	1,9	1,9	3,1	3,4	4,6
max.	11,4	10,1	13,5	13,5	8,7	11,1	8,7
průměr	4,881	6,675	6,179	6,167	6,208	5,864	6,100
medián	4,5	6,95	5,8	5,6	6,1	4,9	5,6
90%perc.	9,18	8,25	8,86	8,8	8,53	10,6	7,68
95%perc.	9,485	8,825	10,54	10,97	8,645	10,85	8,19

Tab. č. 68: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, O<sub>2</sub>

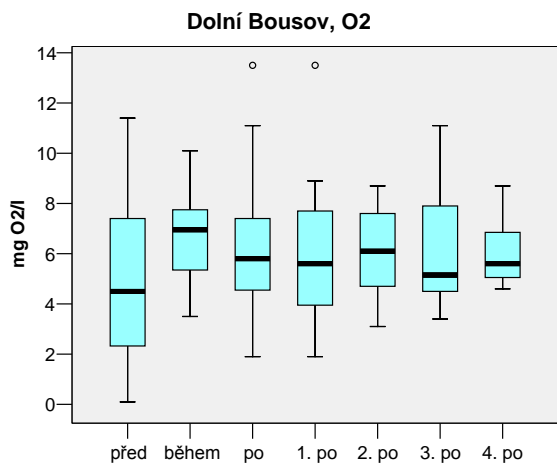
Zobrazení průběhu absolutních hodnot ukazuje 1. zvýšení koncentrací O<sub>2</sub> již od r. 2002, po postavení ČOV poté došlo k dalšímu navýšení koncentrací. Další změnou vyvolanou provozem čistírny je zmenšená variabilita měření a výrazně vyšší hodnota minim.



Obr. č. 92: Absolutní hodnoty O<sub>2</sub> v mg/l, Dolní Bousov

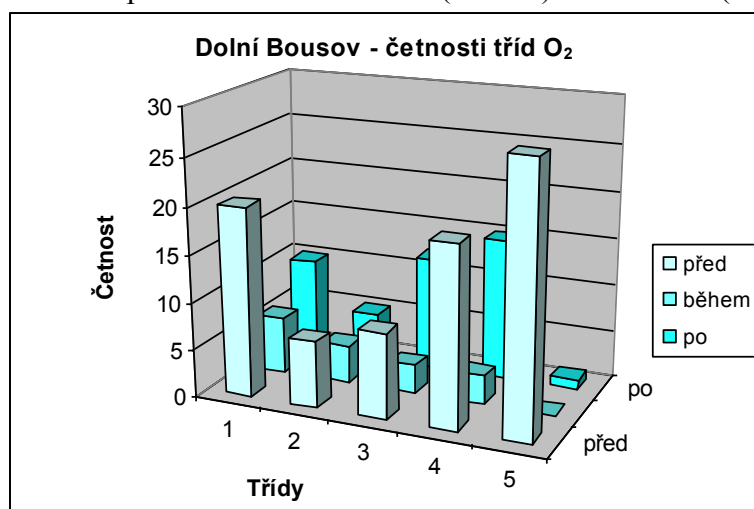
Boxploty znázorňují snížení variability měření a pomalé zvyšování mediánu, přerušené ve 3. roce normálního provozu, kdy došlo k poklesu. Poté však znovu medián stoupl a opět se snížila variabilita měření. Hodnoty minim stoupaly od prvního roku normálního provozu.





Obr. č. 93: Zastoupení koncentrací  $O_2$  v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Přesun hodnot z 5 třídy kvality je patrný v její praktické eliminaci. Nejvíce došlo k nárůstu počtu měření ve 3. třídě (o 16 %) a ve 4. třídě (o 12 %).



Obr. č. 94: Četnosti tříd  $O_2$ , Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, $O_2$					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	20	7	9	19	28
%	24,10	8,43	10,84	22,89	33,73
během	6	4	3	3	0
%	37,50	25,00	18,75	18,75	0,00
po ČOV	10	5	12	15	1
%	23,26	11,63	27,91	34,88	2,33

Tab. č. 69: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření  $O_2$  dle tříd jakosti vody, Dolní Bousov.

Změna v koncentracích  $O_2$  v Bousovském potoce může být po postavení čistírny interpretována jako pozitivní – celkově se hodnoty zvýšily, více než polovina měření je nad spodní hranicí 3. třídy, původní minimální hodnoty se také zvýšily a variabilita měření se snížila. Klasický průběh hodnot s minimálními hodnotami v letním období byl zachován. I přes mírné snížení vysokých hodnot lze změnu hodnotit jako kladnou.

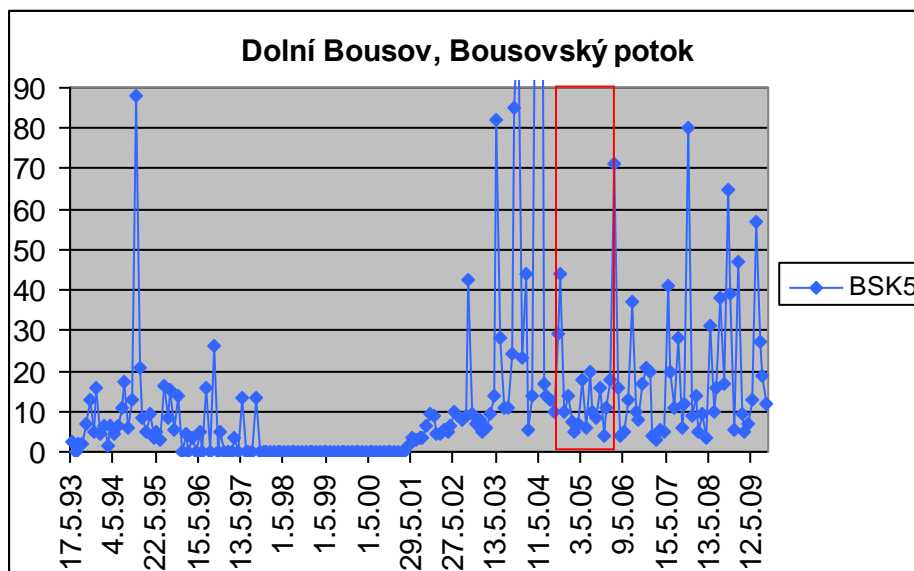
### Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK<sub>5</sub>)

Z dostupných statistických hodnot je zřejmé, že u BSK<sub>5</sub> nastala spíše negativní změna – medián se zvýšil a přestože zvýšení je stále v rámci jedné třídy, není zanedbatelné. Při uvažování jednotlivých let je 3. rok normálního provozu doprovázen dalším zvýšením zejména vyšších hodnot (s mediánem již v rámci 5. třídy kvality vody).

Dolní Bousov, BSK <sub>5</sub>				hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,1	4,2	3,2	3,2	4,8	3,4	5
max.	290	71	80	37	80	65	57
průměr	19,138	16,875	19,188	13,158	19,683	25,600	19,986
medián	8,5	10,5	13	11,45	11,5	17	13
90%perc.	28,8	32	40,6	20,9	39,7	47	39
95%perc.	84,7	50,75	56	28,2	58,55	56	48

Tab. č. 70: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, BSK<sub>5</sub>

Graf absolutních hodnot ukazuje značnou výšku BSK<sub>5</sub> v Bousovském potoce a to i v prvním měřeném období (roky 1993-1997), kdy sice čistírna ještě nestála, ale hodnoty byly nejnižší za celou dobu monitoringu. Od poloviny r. 2003 již dochází k růstu, menší snížení pak vyvolává zkušební provoz a 2 první roky normálního provozu čistírny, poté ale hodnoty opět mírně vzrůstají společně s navýšením počtu extrémních hodnot. V krátkém časovém horizontu (cca 2- 3 roky) tedy můžeme hodnotit změnu koncentrací jako kladnou, při delším období však nikoli.

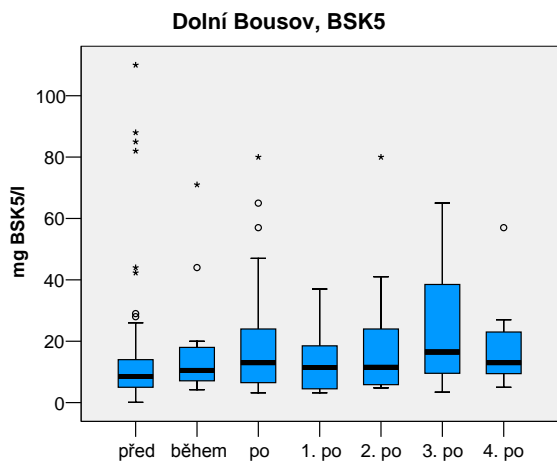


Obr. č. 95: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> v mg/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, BSK <sub>5</sub> , nezobrazené hodnoty				datum	
				mg BSK <sub>5</sub> /l	
2.11.94	13.5.03	7.10.03	4.11.03	5.4.04	11.5.04
88	82	85	110	160	290

Tab. č. 71: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 95

Boxploty zachycující vývoj BSK<sub>5</sub> zřetelně ukazují, že nejnižších hodnot bylo dosaženo před postavením čistírny. Patrné je také mírné vzrůstání mediánu a minim. Variabilita sice ve 4. roce poklesla, nemusí to však znamenat zakončení tohoto trendu.

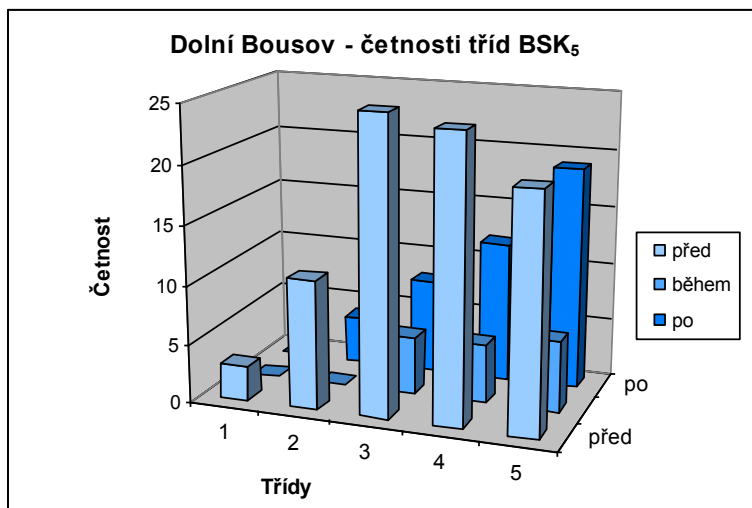


Obr. č. 96: Zastoupení koncentrací BSK<sub>5</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Dolní Bousov, BSK <sub>5</sub> hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l	
160	290

Tab. č. 72: Nezachycené hodnoty na obr. č. 96

Posun zastoupení v jednotlivých třídách po přiřazení dle platných intervalů je značný. Navýšení v 5. třídě je téměř o 20%, úbytek v 1., 2. a 3. třídě rovněž, změnil se tím tak celý trend zastoupení hodnot.

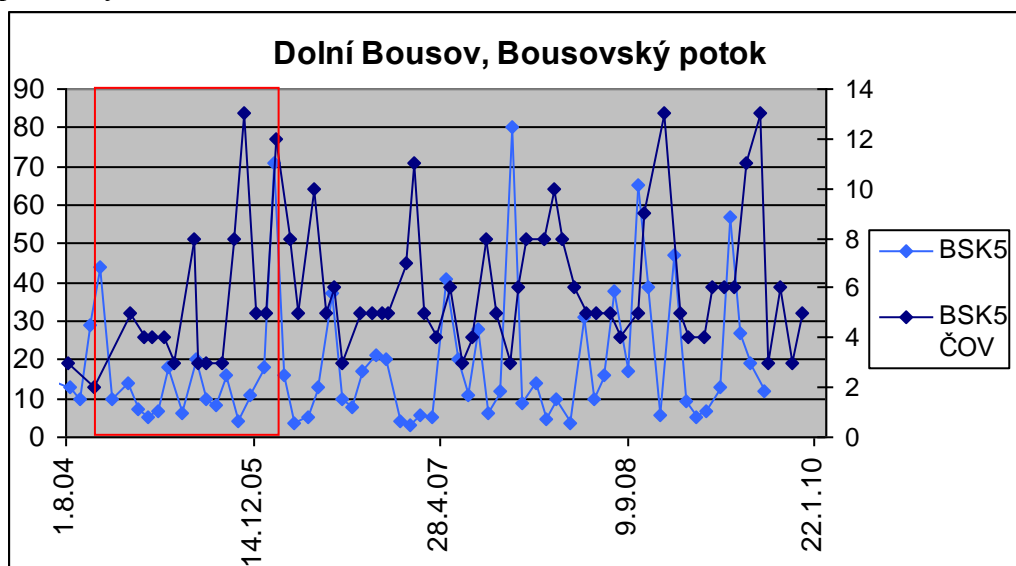


Obr. č. 97: Četnosti tříd BSK<sub>5</sub>, Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, BSK <sub>5</sub>					
počty měření	třidy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	3	11	25	24	20
%	3,61	13,25	30,12	28,92	24,10
během	0	0	5	5	6
%	0,00	0,00	31,25	31,25	37,50
po ČOV	0	4	8	12	19
%	0,00	9,30	18,60	27,91	44,19

Tab. č. 73: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření BSK<sub>5</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Předpokládaný vliv čistírny na koncentrace BSK<sub>5</sub> v toku se v tomto případě statisticky nepotvrzuje. Korelace je prakticky nulová, což ovšem může být způsobeno dalšími vlivy. I vztah průtoku odtékající vody z ČOV ke koncentracím BSK<sub>5</sub> v toku je velmi slabý (korelační koeficient 0,156), což je logické i z toho důvodu, že koncentrace ve vyčištěné odpadní vodě je prakticky stále menší, než koncentrace v toku samotném.



Obr. č. 98: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> a BSK<sub>5</sub>ČOV v mg BSK<sub>5</sub>/l, Dolní Bousov

Celkové hodnocení změny koncentrací BSK<sub>5</sub> za sledovanou dobu vyznívá negativně. Došlo k navýšení nejen minim, ale i mediánů. Několik málo případů extrémně vysokých hodnot bylo eliminováno, celkově se ale variabilita měření zvýšila, na čemž mají podíl zejména vyšší hodnoty.

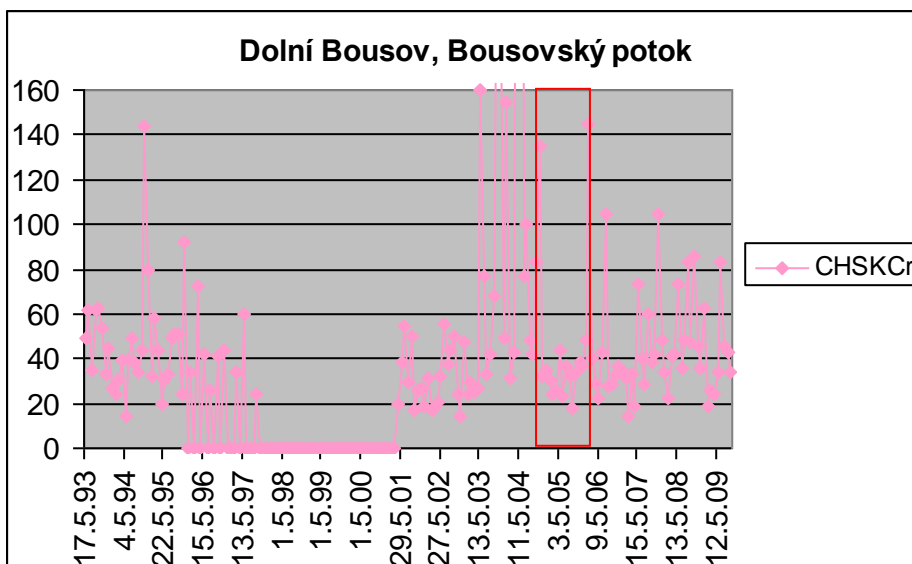
### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

Hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> po postavení čistírny poklesly. Velmi významný je značný pokles nejvyšších hodnot, ale i mediánů. Ve 3. roce normálního provozu jsou stejně jako u jiných indikátorů sledované koncentrace zvýšené.

Dolní Bousov, CHSK <sub>Cr</sub>					hodnoty v mg CHSK <sub>Cr</sub> /l		
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	14	18	14	14	19	36	24
max.	830	145	105	105	105	86	83
průměr	63,008	46,125	44,163	37,167	45,250	54,636	41,429
medián	41,8	34,5	38	32	39	47	34
90%perc.	90,04	91,5	81	42,7	71,7	83	60,8
95%perc.	159,5	137,5	85,7	70,9	87,4	84,5	71,9

Tab. č. 74: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, CHSK<sub>Cr</sub>

Na grafu absolutních hodnot je patrné razantní snížení koncentrací CHSK<sub>Cr</sub> v době zkušebního provozu následované mírným nárůstem hodnot v normálním provozu. Z dlouhodobého hlediska je však zajímavé extrémní zvýšení hodnot v polovině r. 2003 trvající do spuštění čistírny. Hodnoty před tímto obdobím byly totiž prakticky stejné (spíše nižší) jako v období s funkční čistírnou.

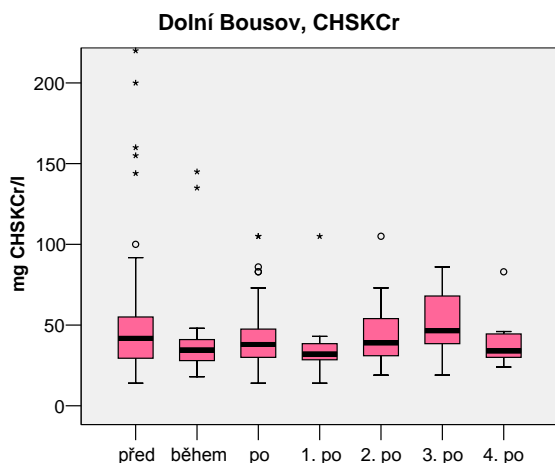


Obr. č. 99: Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> v mg/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, CHSK <sub>Cr</sub> , nezobrazené hodnoty		datum	
		mg CHSK <sub>Cr</sub> /l	
7.10.03	4.11.03	5.4.04	11.5.04
200	220	365	830

Tab. č. 75: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 99

Boxplotový graf ukazuje nápadné zvýšení hodnot ve 3. roce provozu čistírny. Také je ale patrný okamžitý pokles hodnot i variability po uvedení ČOV do provozu. Prakticky byl eliminován výsky extrémně vysokých hodnot.

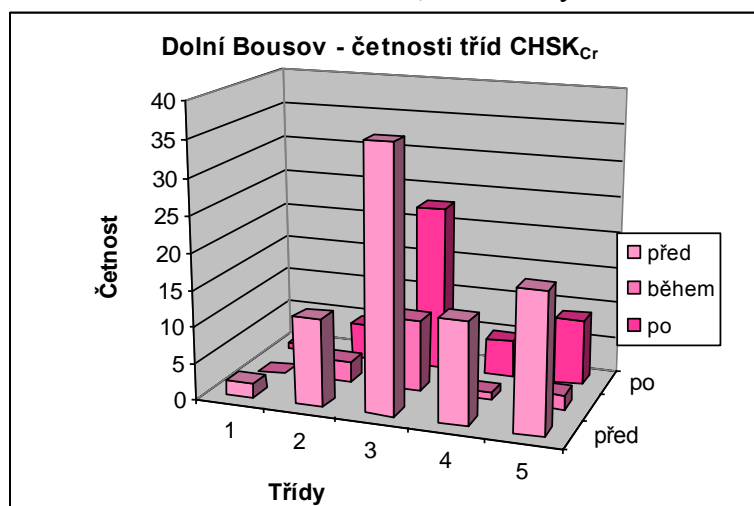


Obr. č. 100: Zastoupení koncentrací CHSK<sub>Cr</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Dolní Bousov, CHSK <sub>Cr</sub> , nezachycené hodnoty – před (v mg CHSK <sub>Cr</sub> /l)	
365	830

Tab. č. 76: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 100

Přiřazení naměřených hodnot do intervalů tříd kvality vody ukazuje velmi malý vzrůst počtu měření ve 3. třídě a to na úkor 2., 4. i 5. třídy.

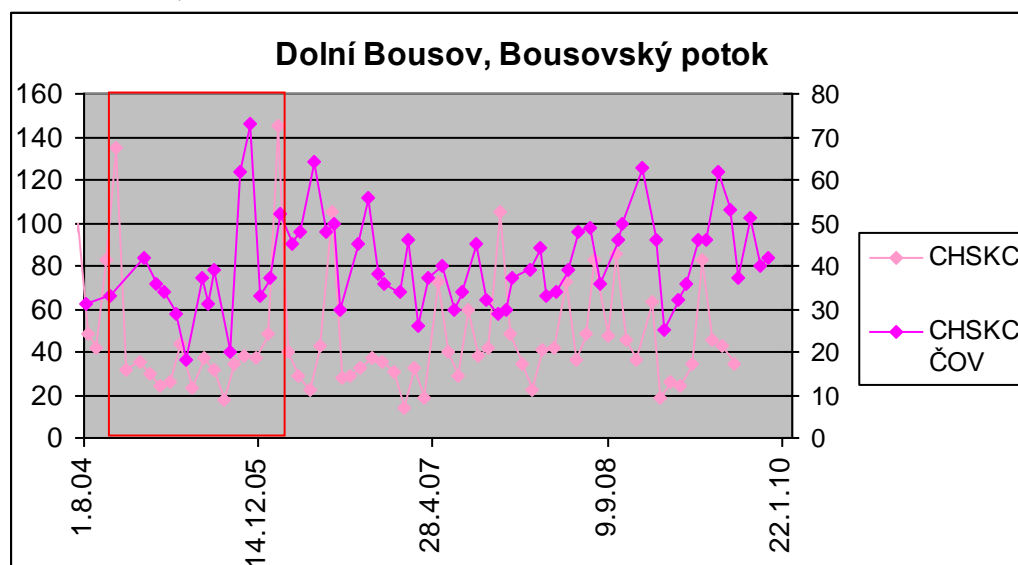


Obr. č. 101: Četnosti tříd CHSK<sub>Cr</sub>, Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, CHSK <sub>Cr</sub>					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	2	12	36	14	19
%	2,41	14,46	43,37	16,87	22,89
během	0	3	10	1	2
%	0,00	18,75	62,50	6,25	12,50
po ČOV	1	5	23	5	9
%	2,33	11,63	53,49	11,63	20,93

Tab. č.77: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření CHSK<sub>Cr</sub>, dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Ovlivnění koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> v toku koncentrací ve vypouštěné vyčištěné odpadní vodě je malé, což vyplývá nejen z grafu níže, ale i z hodnoty korelačního koeficientu, který má hodnotu 0,242.



Obr. č. 102: Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> a CHSK<sub>Cr</sub>ČOV v mg CHSK<sub>Cr</sub>/l, Dolní Bousov

Změna koncentrací  $CHSK_{Cr}$  v Bousovském potoce po spuštění provozu ČOV se dá sledovat ze dvou časových hledisek. Z krátkodobého hlediska je změna pozitivní, poklesla většina sledovaných statistických hodnot. Z déledobějšího hlediska je zajímavé spíše rychlé zvýšení měřených hodnot před stavbou čistírny, které se s jejím uvedením do provozu opět vrátily na původní úroveň, pouze s větším počtem vyšších hodnot.

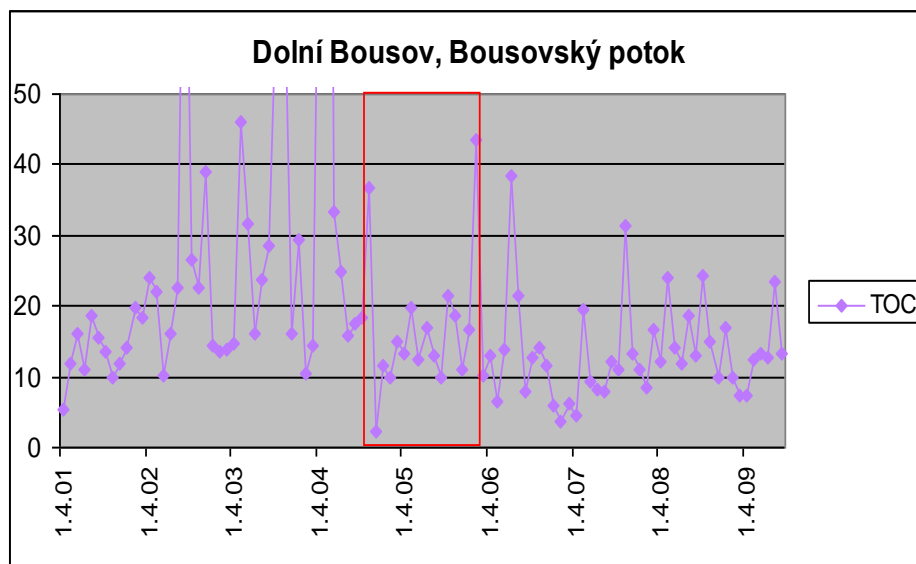
### Celkový organický uhlík (TOC)

Naměřené hodnoty TOC ukazují snížení – téměř všechny průměry klesly více jak o polovinu, pokles mediánů je také pozorovatelný. Nejvíce poklesly počty velmi vysokých hodnot – viz oba zvolené percentily. Mediány však byly za pozorované období vždy v rámci 3. třídy, ve všech případech navíc s rezervou.

Dolní Bousov, TOC				hodnoty v mg TOC/l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	5,3	2,2	3,7	3,7	4,6	9,8	7,3
max.	217	43,6	38,3	38,3	31,3	24,2	23,5
průměr	29,406	17,038	13,433	13,233	11,908	16,018	12,814
medián	18,3	14,25	12,4	12,05	10,05	14,9	12,6
90%perc.	59,12	29,1	23,12	20,84	18,97	24	17,38
95%perc.	90,26	38,5	24,18	29,115	24,865	24,1	20,44

Tab. č. 78: Statistické hodnoty, Dolní Bousov,  $O_2$

Snížení hodnot ihned po spuštění ČOV je patrné na grafu absolutních hodnot. Je však dost pravděpodobné, že stejně jako u hodnot  $CHSK_{Cr}$  došlo i zde k náhlému navýšení před stavbou čistírny. Je proto možné, že hodnoty jsou téměř na stejné úrovni, jako byly před tímto zvýšením, vzájemný průběh těchto dvou indikátorů je totiž podobný (korelační koeficient těchto dvou indikátorů je 0,569, Pearsonův korelační koeficient dokonce 0,92).

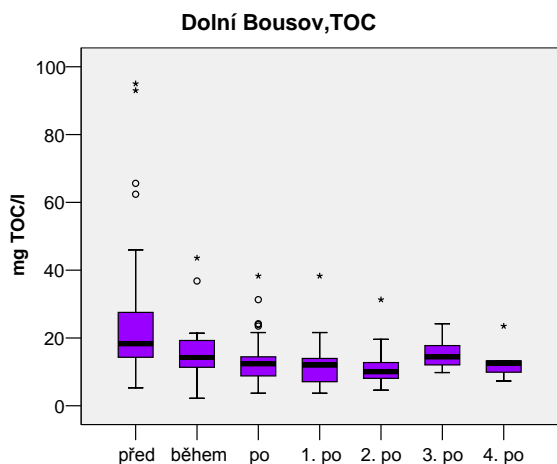


Obr. č. 103: Absolutní hodnoty  $O_2$  v mg/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, TOC, nezobrazené hodnoty			datum	
			mg TOC/l	
16.9.02	7.10.03	4.11.03	5.4.04	11.5.04
95	62,4	65,6	93	217

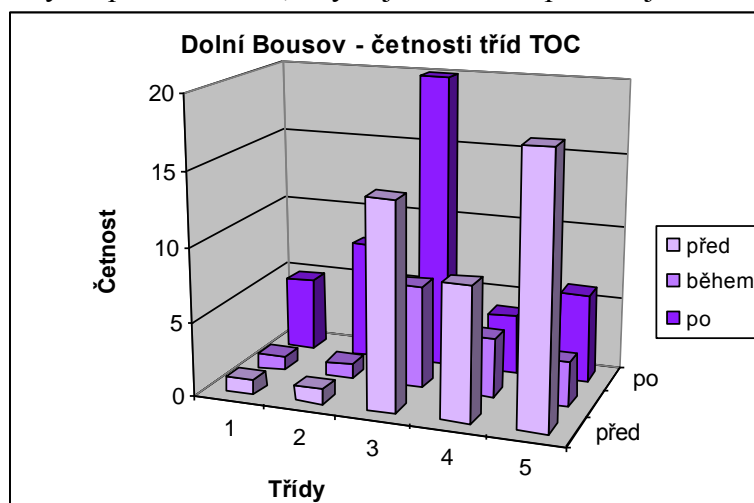
Tab. č. 79: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 103

Boxploty reprezentující roční časové úseky po spuštění čistírny prozrazují relativně malý posun v rámci 3 třídy a zvýšení hodnot v 3. roce fungování čistírny s následným opětovným snížením.



Obr. č. 104: Zastoupení koncentrací  $O_2$  v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov. Nezachycená odlehlá hodnota: před – 217 mg TOC/l

Graf zastoupení měření v jednotlivých třídách je zajímavý přesunem měření ze 4. a 5. třídy do prvních 3 tříd, kdy největší zastoupení mají měření ve 3. třídě.



Obr. č. 105: Četnosti tříd TOC, Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, TOC					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	1	14	9	18
%	2,33	2,33	32,56	20,93	41,86
během	1	1	7	4	3
%	6,25	6,25	43,75	25,00	18,75
po ČOV	5	8	20	4	6
%	11,63	18,60	46,51	9,30	13,95

Tab. č. 80: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření TOC dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Hodnocení změny TOC po postavení čistírny je kladné, poklesl zejména počet velmi vysokých měření. V tomto případě je však kvůli podobnosti důležité uvažovat možnost



podobného průběhu hodnot jako u  $CHSK_{Cr}$ , tedy že změna není tak velká, jak se v kratším časovém období jeví.

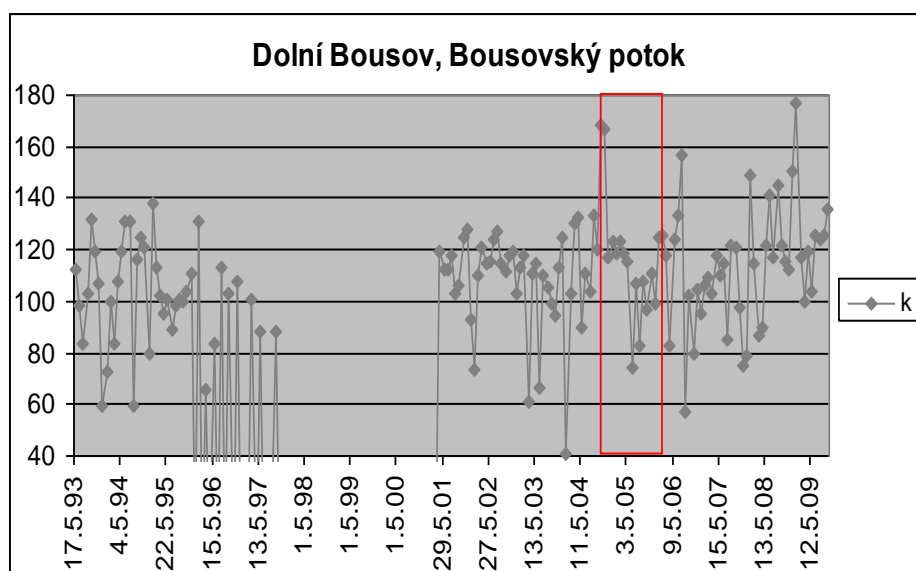
### Konduktivita ( $\kappa$ )

Průběh  $\kappa$  ve sledovaném období není doprovázen dramatickými změnami. Změny jsou relativně malé, nacházejí se však u hodnoty 110 mS/m, což je dolní hranice 3. třídy. Mírně zvýšené hodnoty dominují ve 3. roce provozu ČOV, což bylo zjištěno již u jiných indikátorů.

	Dolní Bousov, $\kappa$				hodnoty v mS/m			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po	
min.	40,4	74,4	57,4	57,4	74,82	86,75	100,04	
max.	168,7	166,4	177,27	156,7	148,84	177,27	135,49	
průměr	106,343	113,231	113,589	105,792	107,225	125,229	119,139	
medián	110,3	116,35	115,06	105,55	112,15	121,54	124,06	
90%perc.	129,76	125,1	143,988	132,64	121,429	150,21	129,55	
95%perc.	131,9	135,5	150,073	143,995	133,803	163,74	132,52	

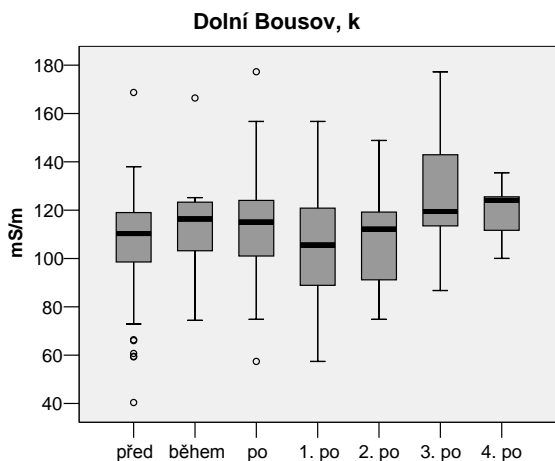
Tab. č. 81: Statistické hodnoty, Dolní Bousov,  $\kappa$

Graf průběhu absolutních hodnot znázorňuje značně rozkolísané hodnoty  $\kappa$ . Po uvedení čistírny do provozu lze jako změnu pozorovat větší variabilitu zejména ve vyšších hodnotách. Zajímavostí je určitá konsolidace měření od začátku opětovného měření v r. 2001 a opětovnou rozkolísanost v době provozu čistírny.



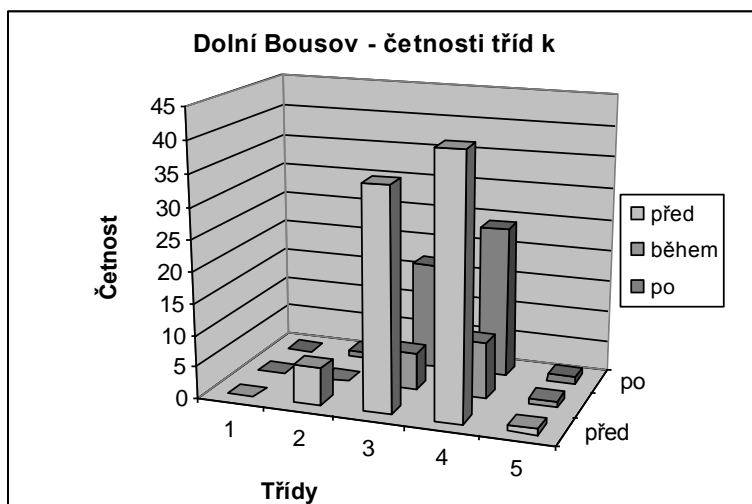
Obr. č. 106: Absolutní hodnoty  $\kappa$  v mS/m, Dolní Bousov

Zobrazení pomocí boxplotů znázorňuje velmi mírné zvyšování mediánu a zvýšení variability měřených hodnot. 3. rok provozu se projevuje zvýšenými hodnotami.



Obr. č. 107: Zastoupení koncentrací  $\kappa$  v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Přestože se mírné vychylování hodnot umísťuje kolem hodnoty 110 mS/m, není změna v přiřazení hodnot k jednotlivým třídám velmi markantní. Přesto zastoupení ve 4. a 5. třídě vzrostlo asi o 7,5%.



Obr. č. 108: Četnosti tříd  $\kappa$ , Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, $\kappa$					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	6	35	41	1
%	0,00	7,23	42,17	49,40	1,20
během	0	0	6	9	1
%	0,00	0,00	37,50	56,25	6,25
po ČOV	0	1	17	24	1
%	0,00	2,33	39,53	55,81	2,33

Tab. č. 82: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření  $\kappa$  dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Rozdíly v hodnotách  $\kappa$  nejsou po postavení čistírny příliš velké. Hodnoty i variabilita se velmi mírně zvýšily, jde však pouze o malý posun.

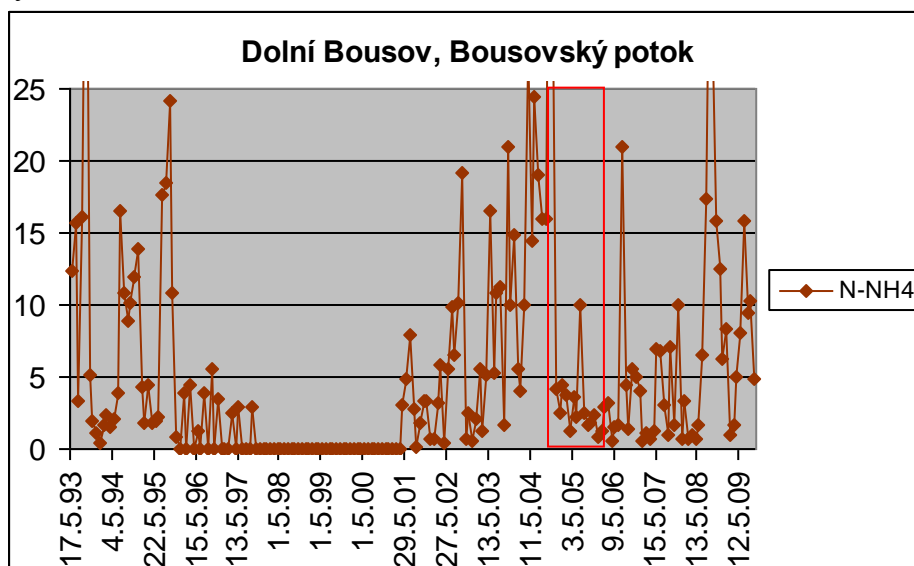
### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

Vysoké hodnoty N-NH<sub>4</sub> v Bousovském potoce se po postavení ČOV snížily zhruba na polovinu. Již 3. rok normálního provozu však došlo k značnému zvýšení hodnot, které přetrvalo i ve 4. roce, ve kterém pouze klesla variabilita měření, medián však zůstal prakticky na stejné úrovni jako předchozí rok.

Dolní Bousov, N-NH <sub>4</sub>				hodnoty v mg/l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,125	0,9	0,5	0,5	0,65	0,72	1,6
max.	45,583	36	30	21	10	30	15,8
průměr	8,160	5,069	6,471	4,158	3,587	11,756	7,857
medián	4,91	2,5	4,4	2,4	2,3	8,3	8
90%perc.	18,260	7,2	15,8	5,54	7,09	29,3	12,5
95%perc.	23,863	16,5	20,63	12,53	8,405	29,65	14,15

Tab. č. 83: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, N-NH<sub>4</sub>

I v případě N-NH<sub>4</sub> jsou patrné období s nižšími koncentracemi v průběhu období bez čistírny a zvyšování hodnot asi 2 roky před uvedením ČOV do provozu. V době zkušebního provozu a 2 roky normálního provozu byly hodnoty také na relativně nízké hladině (vzhledem k celkově dosaženým hodnotám). Celkově lze koncentrace tohoto indikátoru hodnotit jako vysoké, velmi nestabilní a těžko hodnotitelné.

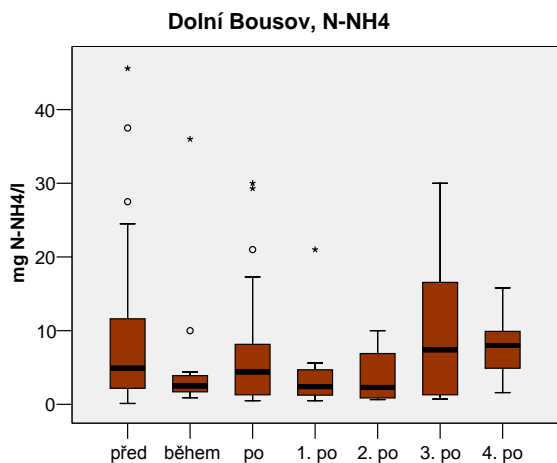


Obr. č. 109: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> v mg/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, N-NH <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty				datum mg N-NH <sub>4</sub> /l	
6.9.93	5.4.04	5.10.04	2.11.04	5.8.08	9.9.08
45,58	27,5	37,5	36	29,3	30

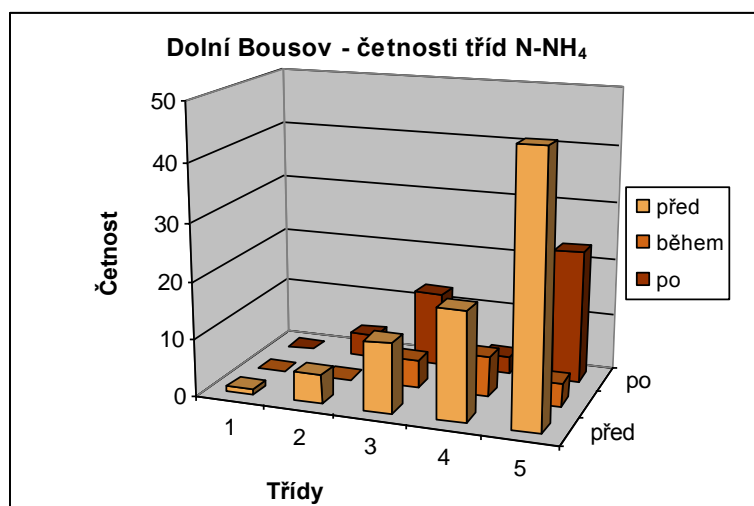
Tab. č. 84: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 109

Boxplotové znázornění koncentrací N-NH<sub>4</sub> je zajímavé náhlým poklesem hodnot po uvedení ČOV do provozu a postupným narůstáním s maximem ve 3. roce normálního provozu a centralizací hodnot ve 4. roce provozu. Dosažené koncentrace jsou velmi vysoké.



Obr. č. 110: Zastoupení koncentrací N-NH<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Přirazení naměřených hodnot do intervalů tříd kvality vody ukazuje, že jediná významná změna nastala v mírném snížení středně vyšších hodnot. To se projevilo přesunem 16% měření ze 4. do 3. třídy. Zastoupení 5. třídy je velmi vysoké – nadpoloviční část všech měření je v této skupině. V době zkušebního provozu je zastoupení sice jiné, více jak 2/3 měření ve 4. a 5. třídě však také indikuje vysoké koncentrace tohoto indikátoru v toku.

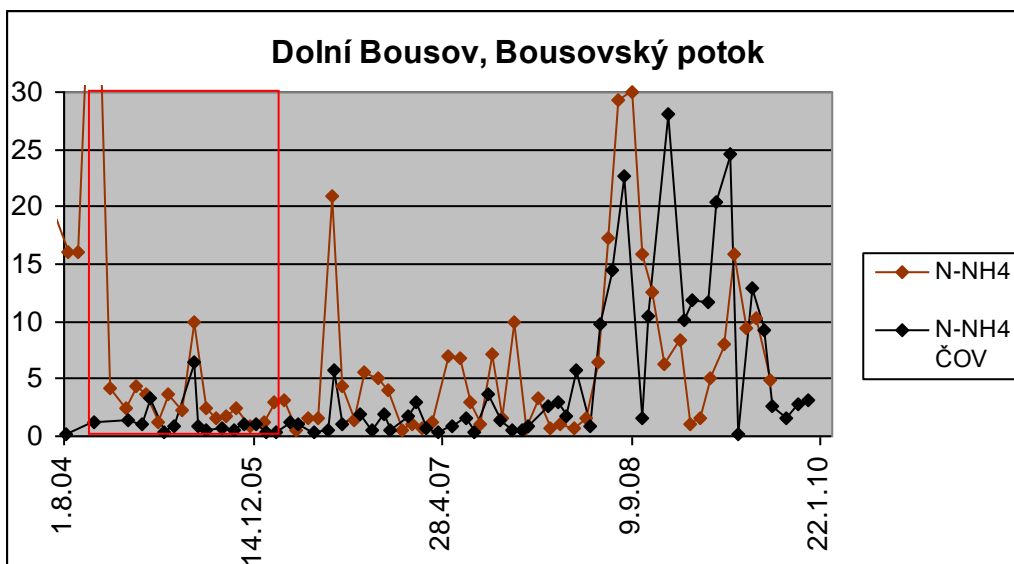


Obr. č. 111: Četnosti tříd N-NH<sub>4</sub>, Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, N-NH <sub>4</sub>					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	5	12	19	46
%	1,20	6,02	14,46	22,89	55,42
během	0	0	5	7	4
%	0,00	0,00	31,25	43,75	25,00
po ČOV	0	4	13	3	23
%	0,00	9,30	30,23	6,98	53,49

Tab. č. 85: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NH<sub>4</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Korelace koncentrací N-NH<sub>4</sub> v toku a ve vyčištěné vodě vytékající z čistírny je patrná z grafu, statisticky je však velmi nízká, což způsobuje časový posun analýz.



Obr. č. 112: Absolutní hodnoty  $N-NH_4$  a  $N-NH_4$  ČOV v  $mg N-NH_4/l$ , Dolní Bousov

Celková výše koncentrací  $N-NH_4$  je vysoká – z pohledu tohoto indikátoru je Bousovský potok značně znečištěn. Nestálost měření a velká variabilita byla zaznamenána již před postavením ČOV. Očekávané zlepšení po jejím uvedení do provozu sice nastalo, nemělo však velký rozsah ani dlouhé trvání – postupné zvyšování se již ve 3. roce normálního provozu dostalo nad úroveň původních hodnot.

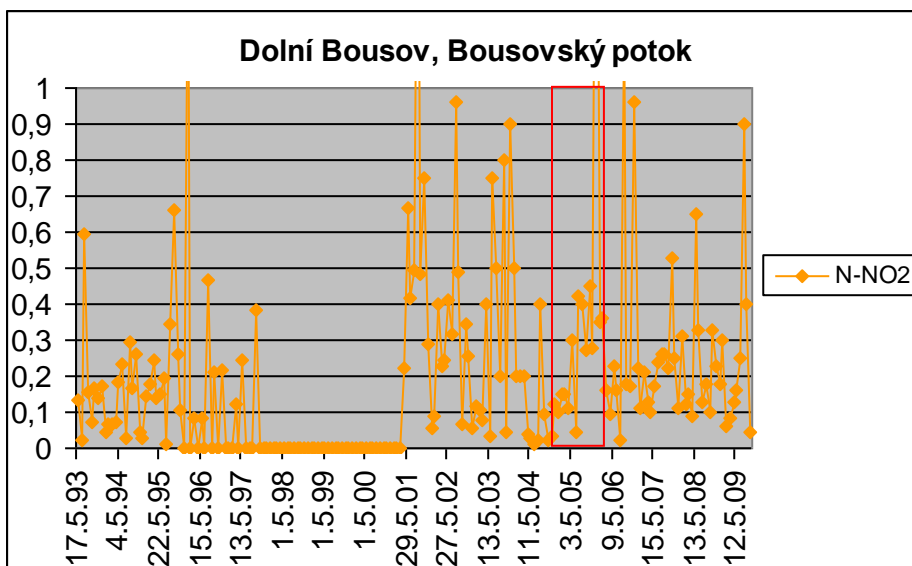
### Dusitanový dusík ( $N-NO_2$ )

Zaznamenaná změna v koncentracích  $N-NO_2$  pomocí statistických ukazatelů vykazuje velmi malý pohyb hodnot týkající se průměru či mediánu. Větší rozdíly nastaly ve vyšších hodnotách, jejichž počet se snížil, nejvyšších hodnot ale naopak mírně přibýlo. Vzhledem k absolutnímu počtu ale rozdíly nejsou příliš vysoké.

Dolní Bousov, $N-NO_2$				hodnoty v $mg N-NO_2/l$			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,009	0,035	0,024	0,024	0,1	0,091	0,045
max.	1,95	2,2	1,2	1,2	0,53	0,65	0,9
průměr	0,283	0,359	0,259	0,310	0,225	0,243	0,282
medián	0,2	0,275	0,18	0,175	0,23	0,18	0,16
90%perc.	0,650	0,435	0,504	0,887	0,305	0,33	0,6
95%perc.	0,795	0,888	0,875	1,068	0,409	0,49	0,75

Tab. č. 86: Statistické hodnoty, Dolní Bousov,  $N-NO_2$

Zajímavé na průběhu koncentrací  $N-NO_2$  je zvýšení minim po postavení čistírny. Patrné je i celkové snížení hodnot oproti období zhruba 3,5 let před spuštěním ČOV. Stejně jako u jiných indikátorů je první zachycené období charakteristické daleko nižšími hodnotami než zbytek měření po monitorovací pauze ukončené v r. 2001. Vliv čistírny je proto diskutabilní – ke snížení sice došlo, ale hladiny z let 1993 – 1997, kdy čistírna ještě nestála, sledovaný indikátor nedosáhl.

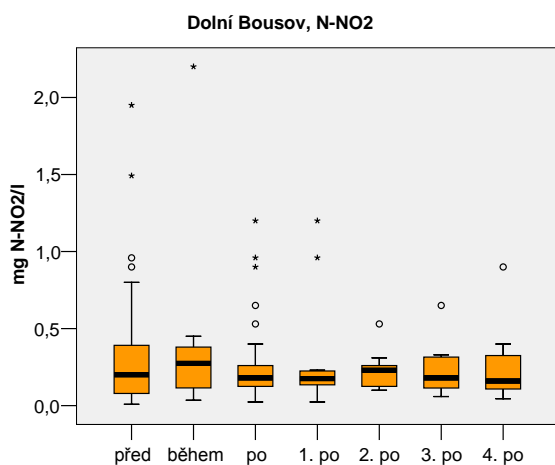


Obr. č. 113: Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> v mg/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, N-NO <sub>2</sub> , nezobrazené hodnoty		datum	
		mg N-NO <sub>2</sub> /l	
17.1.96	27.8.01	6.12.05	8.8.06
1,49	1,95	2,2	1,2

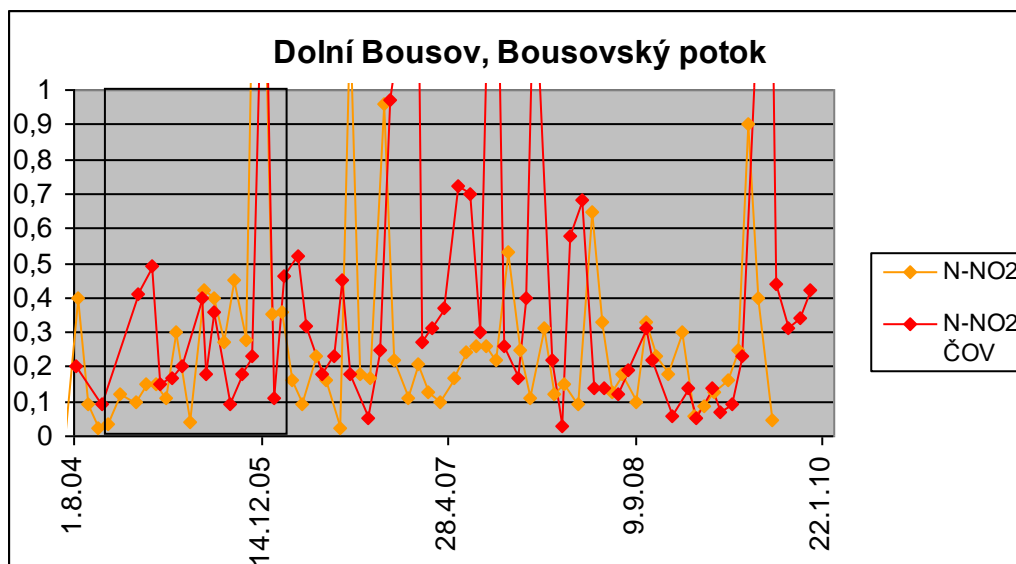
Tab. č. 87: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 113

Stejně jako ostatní hodnocení i boxplotový graf znázorňuje malé změny v koncentracích. Znamení změna je viditelná pouze ve snížení variability měření po postavení čistírny a v centralizaci měření.



Obr. č. 114: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Korelace mezi hodnotami N-NO<sub>2</sub> v toku a ve vodě vytékající z čistírny je velmi malá – koeficient má hodnotu pouze 0,026. Je to logické vzhledem k chemické labilitě dusitanů ve vodě.



Obr. č. 115: Absolutní hodnoty  $N-NO_2$  a  $N-NO_2$  ČOV v mg  $N-NO_2/l$ , Dolní Bousov

Dolní Bousov, $N-NO_2$ ČOV, Nezobrazené hodnoty			datum mg $N-NO_2/l$		
19.12.2005	11.12.2006	25.1.2007	29.8.2007	13.12.2007	27.8.2009
1,62	1,1	2,57	2,07	1,39	2,25

Tab. č. 88: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 115

Rozdíly v koncentracích dusitanového dusíku v Bousovském potoce jsou nejpatrnější v období, kdy čistírna nestála – v prvním období měření (zhruba do r. 1998) byly hodnoty nízké. Po obnovení monitoringu v r. 2001 však došlo k nárůstu hodnot, sníženém částečně právě po postavení ČOV. K redukci na původní hodnoty však nedošlo. Postřehnutelnou změnou je také zvýšení minim a snížení variability měření.

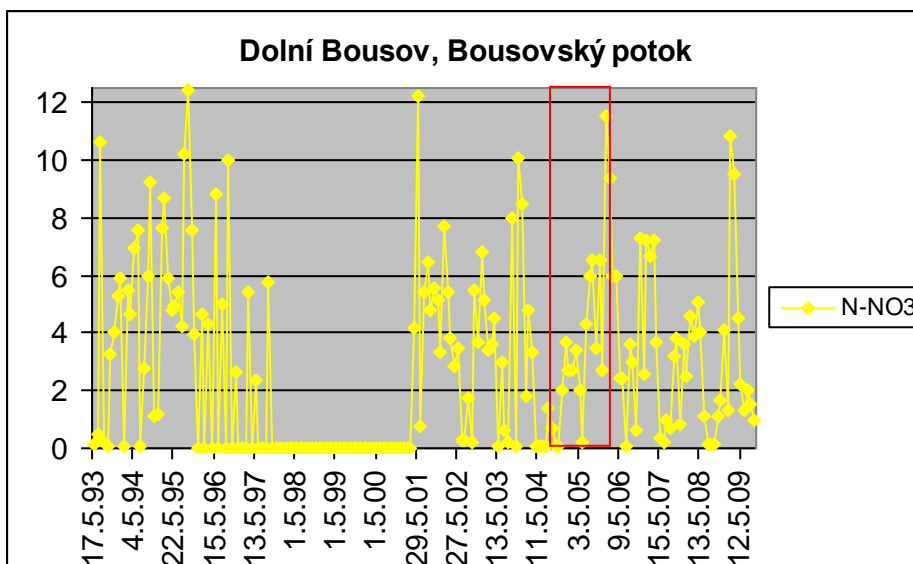
### Dusičnanový dusík ( $N-NO_3$ )

Snížení koncentrací dusičnanového dusíku po uvedení čistírny do provozu je patrné ze statistických ukazatelů. Mediány i průměry dokonce klesly většinou pod 3 mg  $N-NO_3/l$ , což je hranice pro 1. třídu jakosti vody. Značný je i pokles vysokých hodnot (viz percentily).

Dolní Bousov, $N-NO_3$				hodnoty v mg $N-NO_3/l$			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,045	0,099	0,1	0,1	0,2	0,15	1
max.	12,464	11,5	10,8	7,3	7,2	5,1	9,5
průměr	4,204	4,200	3,142	3,992	2,638	2,068	3,143
medián	4,245	3,45	2,5	3,3	2,85	1,3	2
90%perc.	8,637	7,95	7,1	7,15	4,52	4,1	6,5
95%perc.	10,091	9,925	7,29	7,245	5,77	4,6	8

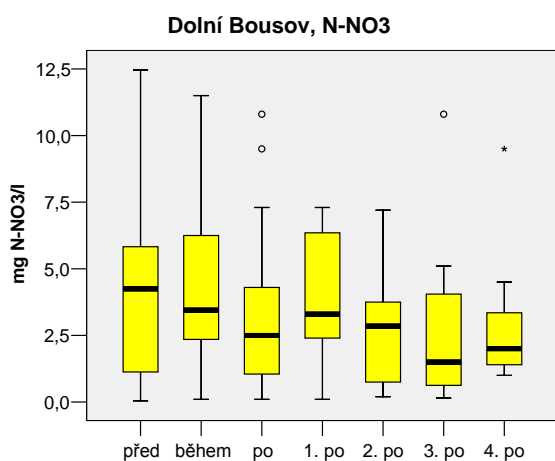
Tab. č. 89 : Statistické hodnoty, Dolní Bousov,  $N-NO_3$

Průběh koncentrací  $N-NO_3$  ve sledovaném čase zaznamenává od r. 1995, kdy byly hodnoty nejvyšší, stabilní pokles. Po postavení čistírny výrazně ubylo vysokých hodnot a snížila se i obecná výška měřená výška absolutních koncentrací.



Obr. č. 116: Absolutní hodnoty  $N-NO_3$  v mg/l, Dolní Bousov

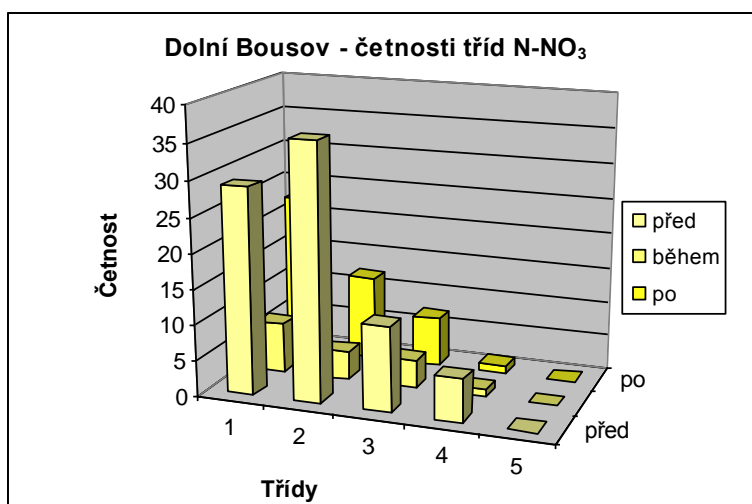
Boxplotové znázornění je zajímavé zejména rychlým poklesem variability v normálním provozu, která je způsobená zvláště úbytkem vysokých hodnot. Patrný je však i významný pokles mediánů v jednotlivých letech normálního provozu.



Obr. č. 117: Zastoupení koncentrací  $N-NO_3$  v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Změna koncentrací  $N-NO_3$  po spuštění čistírny zobrazená pomocí přiřazení měření k jednotlivým intervalům vyznívá pozitivně. Přesunem hodnot do 1. třídy kvality vody se tato stala nejvíce nadpolovičně zastoupenou třídou. Již dobrý stav před spuštěním čistírny se tak ještě zlepšil, což potvrzuje i další zmenšení vyšších hodnot.



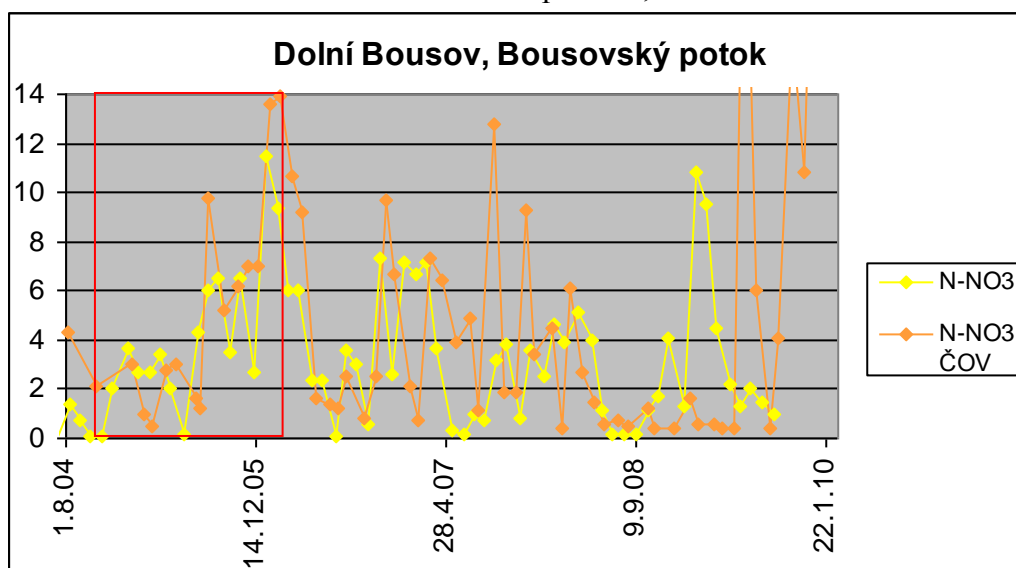


Obr. č. 118: Četnosti tříd N-NO<sub>3</sub>, Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, N-NO <sub>3</sub>					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	29	36	12	6	0
%	34,94	43,37	14,46	7,23	0,00
během	7	4	4	1	0
%	43,75	25,00	25,00	6,25	0,00
po ČOV	23	12	7	1	0
%	53,49	27,91	16,28	2,33	0,00

Tab. č. 90: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NO<sub>3</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Bousov

Koncentrace N-NO<sub>3</sub> v toku a ve vytékající vodě z ČOV na sobě prakticky nejsou závislé – korelační koeficient má hodnotu pouze 0,167.



Obr. č. 119: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub> ČOV v mg N-NO<sub>3</sub>/l, Dolní Bousov

Dolní Bousov, N-NO <sub>3</sub> ČOV	datum	
	mg N-NO <sub>3</sub> /l	
18.6.2009	22.10.2009	17.12.2009
26,1	16,5	22,1

Tab. č. 91: Neobrazené hodnoty na obr. č. 119

Po postavení čistírny se hodnoty N-NO<sub>3</sub> snížily. Významně ubylo vysokých měření a tím se snížila i variabilita. Koncentrace tohoto indikátoru ve vodě je vcelku nízká, nejvíce je po postavení ČOV zastoupena 1. třída a to v nadpoloviční většině. Zjištěná změna je proto pozitivní.

### Celkový fosfor a fosforečnanový fosfor (P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub>)

Značně vysoké hodnoty celkového fosforu se po postavení ČOV mírně snížily. Stále však dosahují nad 1 mg P<sub>C</sub>/l, tedy nad hranici pro 5. třídu kvality vody. Velmi významně byla snížena maxima. U P-PO<sub>4</sub> je průběh prakticky identický, nejsou zaznamenány výjimky z normálu.

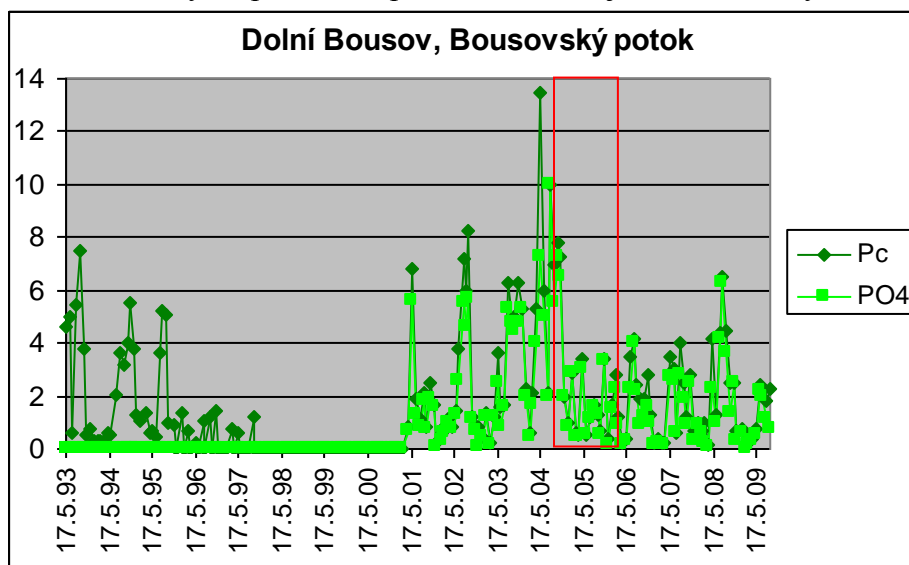
Dolní Bousov, P <sub>C</sub>				hodnoty v mg P <sub>C</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,198	0,4	0,14	0,2	0,24	0,18	0,4
max.	13,5	7,3	6,5	4,2	4	6,5	2,4
průměr	2,748	1,966	1,858	1,703	1,704	2,589	1,486
medián	1,44	1,5	1,3	1,6	1,1	2,5	1,8
90%perc.	6,3	3,4	4,16	3,43	3,45	4,5	2,34
95%perc.	7,47	4,375	4,38	3,815	3,725	5,5	2,37

Tab. č. 92: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, P<sub>C</sub>

Dolní Bousov, P-PO <sub>4</sub>				hodnoty v mg P-PO <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2.po	3.po	4. po
min.	0,09	0,17	0,03	0,14	0,16	0,09	0,15
max.	10	6,5	6,3	4	2,8	6,3	2,2
průměr	2,709	1,778	1,410	1,247	1,346	2,046	0,997
medián	1,7	1,4	0,93	0,95	0,91	1,4	0,74
90%perc.	5,564	3,15	2,78	2,29	2,69	4,2	2,08
95%perc.	7,14	4,1	3,96	3,065	2,745	5,25	2,14

Tab. č. 93: Statistické hodnoty, Dolní Bousov, P-PO<sub>4</sub>

Na průběhu absolutních hodnot je patrné okamžité snížení vysokých hodnot po uvedení čistírny do provozu. I přes toto snížení jsou ale hodnoty velmi vysoké.

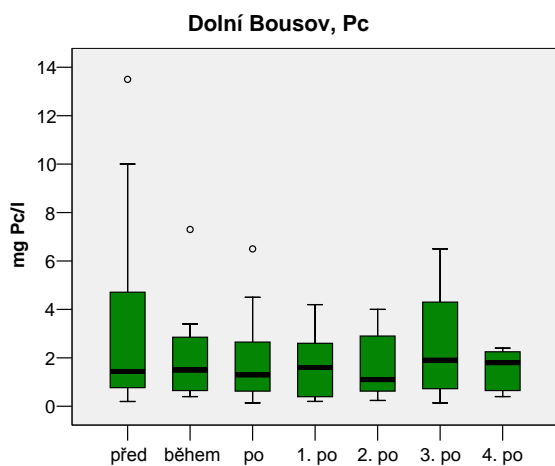


Obr. č. 120: Absolutní hodnoty P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub> v mg/l, Dolní Bousov

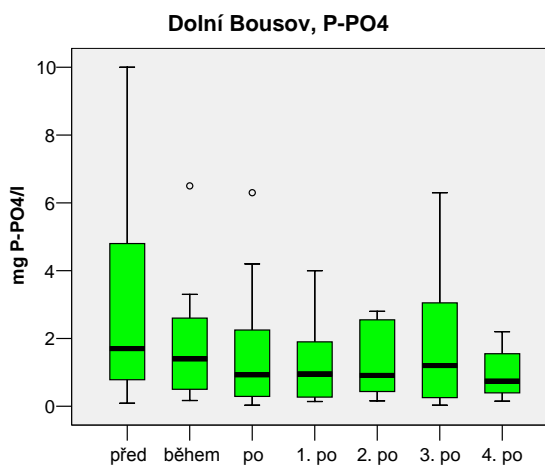
Dolní Bousov, P <sub>C</sub> , P-PO <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty		Datum
		mg P <sub>C</sub> /l mg P-PO <sub>4</sub> /l
16.9.02	11.5.04	10.8.04
8,28	13,5	10
		10

Tab. č. 94: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 120

Boxplotové zobrazení koncentrací ukazuje snížení variability měření již během zkušebního provozu, které je způsobeno zejména poklesem a eliminací vyšších hodnot. Medián se u P<sub>C</sub> mění velmi málo, téměř stále je jeho hodnota nad 1 mg P<sub>C</sub>/l, u P-PO<sub>4</sub> pak dochází k poklesu. V obou případech je 3 rok normálního provozu charakteristický zvýšenými hodnotami.

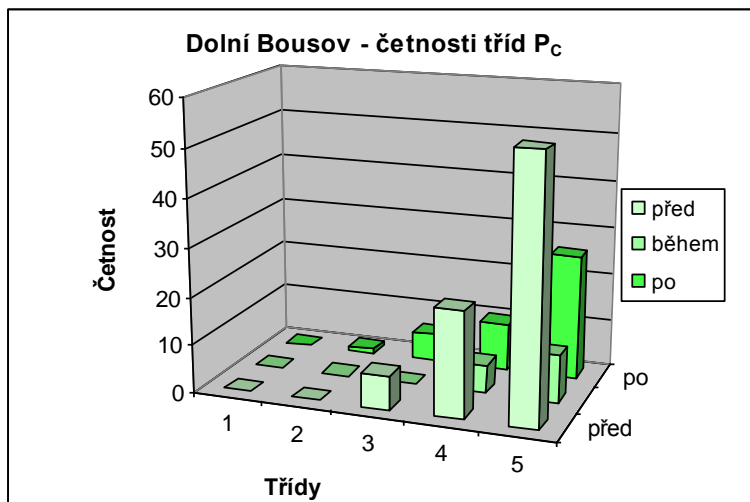


Obr. č. 121: Zastoupení koncentrací P<sub>C</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov



Obr. č. 122: Zastoupení koncentrací P-PO<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Bousov

Graf vytvořený přiřazením naměřených hodnot intervalům tříd kvality vody odhaluje téměř neznatelný posun hodnot. Zaznamenané snížení není v tomto hodnocení patrné kvůli stále příliš vysokým hodnotám.

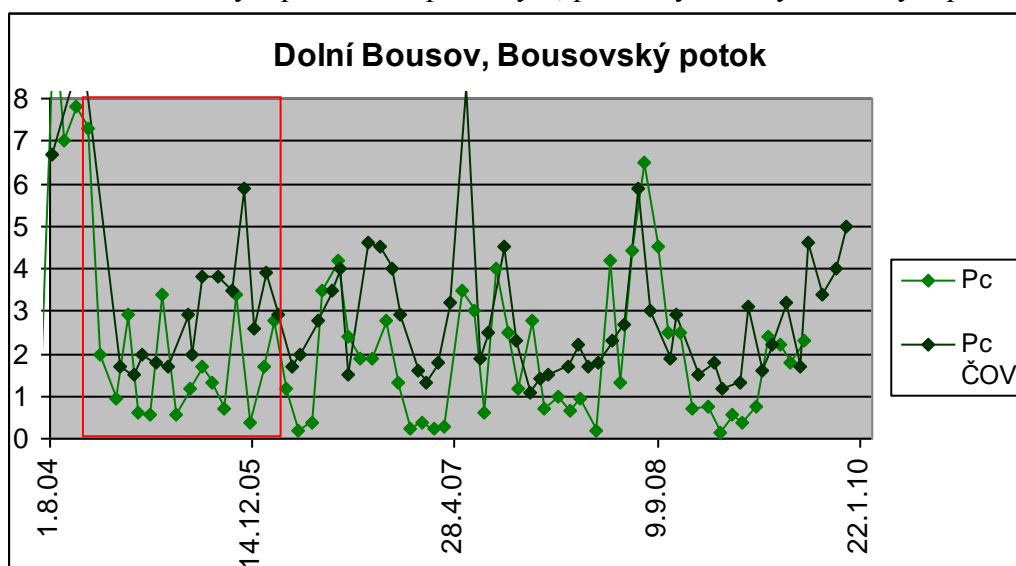


Obr. č. 123: Četnosti tříd P<sub>C</sub> Dolní Bousov

Dolní Bousov, Bousovský potok, P <sub>C</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	0	7	22	54
%	0,00	0,00	8,43	26,51	65,06
během	0	0	0	6	10
%	0,00	0,00	0,00	37,50	62,50
po ČOV	0	1	6	10	26
%	0,00	2,33	13,95	23,26	60,47

Tab. č. 95: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření P<sub>C</sub> dle tříd jakosti vody, Dolní Bousov

Vztah mezi koncentracemi celkového fosforu v toku a ve vodě vytékající z čistírny se dá popsat pomocí korelačního koeficientu R, který má hodnotu -0,29, což je neočekávané. Tento stav může být způsoben např. malým, přesto významným časovým posunem vzorků.



Obr. č. 124: Absolutní hodnoty P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub> ČOV v mg P<sub>C</sub>/l, Dolní Bousov

Po postavení čistírny v Dolním Bousově došlo ke snížení hodnot sledovaných indikátorů fosforu. Největšího poklesu doznala vyšší polovina měření, čímž se významně snížila i variabilita měření. I když došlo k poklesu hodnot, v zastoupení jednotlivých tříd kvality vody se to příliš neprojevovalo, protože pokles nebyl dostatečný. Nadpoloviční většina měření tak zůstává v rámci 5. třídy kvality vody.

### Celkové hodnocení

Pozitivní změny nastaly u koncentrací kyslíku a fosforu. U koncentrací kyslíku má velký význam zejména zvýšení měřených minim, u fosforu naopak snížení maximálních hodnot. V obou případech byl pokles sice zcela jasný, kvalita vody v Bousovském potoce z hlediska těchto indikátorů však zdaleka nedosáhla optimálních hodnot. U kyslíku je stále třetina a u fosforu dokonce více jak polovina měření v 5. třídě kvality vody. Zajímavé u fosforu a kyslíku je jejich vztah s vyčištěnou odpadní vodou z ČOV – mezi všemi ostatními sledovanými parametry je nejsilnější. Dalšími indikátory vykazující snížení koncentrací je TOC a N-NO<sub>3</sub>, u kterých došlo nejen ke snížení absolutních hodnot, ale i k výraznému snížení variability měření. N-NO<sub>3</sub> navíc dosahuje velmi nízkých hodnot – nadpoloviční většina měření je zahrnuta v 1. třídě kvality vody (téměř o 19% více než před spuštěním ČOV).

Dalším typem pozorované změny bylo postupné navýšení absolutních měřených hodnot. To můžeme pozorovat u BSK<sub>5</sub> a N-NH<sub>4</sub>. Oba případy si jsou podobné v postupném

rychlém růstu hodnot po postavení čistírny s maximem ve 3. roce normálního provozu. Další podobnost je zvýšení hodnot nedlouho před spuštěním čistírny a poté jejich rychlý pokles, který doprovázel uvedení ČOV do provozu a již zmíněný postupný nárůst. Z krátkodobého pohledu se tak jeví čistírna jako kladně působící prvek, ale toto hodnocení je platné pouze při uvažování 2 – 3 let. V obou případech bylo navíc zaznamenáno období před postavením čistírny, kdy byly koncentrace indikátorů daleko nižší.

U ostatních pozorovaných proměnných nebyl pozorován významnější posun – u  $CHSK_{Cr}$  a  $N-NO_2$  tak prakticky ke změnám nedošlo. Průběh hodnot  $CHSK_{Cr}$  také ukazuje na rychlé zvýšení hodnot před uvedením ČOV do provozu. U konduktivity došlo ke zvýšení hodnot a tedy ke zhoršení situace, i když posun je malý.

D. Bousov	Datum začátku intervalu pro výpočet tříd jakosti vody						
	17.5.1993	22.5.1995	24.4.2001	15.4.2003	2.11.2004	7.3.2006	4.3.2008
O <sub>2</sub>	5	5	5	5	4	4	4
BSK <sub>5</sub>	5	5	4	5	5	5	5
CHSK <sub>Cr</sub>	5	5	4	5	5	5	5
TOC			5	5	5	5	5
k	4	4	4	4	4	4	4
N-NH <sub>4</sub>	5	5	5	5	5	5	5
N-NO <sub>3</sub>	3	4	3	4	3	3	2
P <sub>c</sub>	5	5	5	5	5	5	5

Tab. č. 96: Třídy jakosti vody v Bousovském potoce dle ČSN 75 7221. Červeně zvýrazněno období zkušebního provozu.

### 3.1.4 Dolní Třebonín

Pravidelný monitoring na Třebonínském potoce započal 1. 6. 1995. Po pěti měsících byl monitoring redukován na 1 měření za 2 měsíce a to až do 9. 3. 1998, kdy bylo měření přerušeno. Obnovení nastalo až 9. 4. 2001, měřeno bylo standardně 1x za měsíc bez dalšího přerušování. Poslední data v této práci pocházejí ze 14. 9. 2009.

Zkušební provoz nově postavené čistírny v Dolním Třeboníně začal 25. 10. 2004. Kolaudace byla uskutečněna 6. 1. 2006, odkdy je počítán normální provoz ČOV. Vzorování BSK<sub>5</sub> a  $CHSK_{Cr}$  na čistírny bylo prováděno od 6. 9. 2005 s mírnými odchylkami 1x za měsíc. Poslední použitá data v této práci jsou z 30. 11. 2009. U ostatních měřených indikátorů jde spíše o ojedinělá měření (viz dále).

Statistické hodnoty průtoků, ČOV Dolní Třebonín					hodnoty v l/s	
minimum	maximum	průměr	medián	90% percentil	95% percentil	
1,75	7,43	3,63	3,16	5,95	6,44	

Tab. č. 97: Statistické hodnoty průtoků, ČOV Dolní Třebonín

Počet měření sledovaných indikátorů včetně výjimky je uveden v následující tabulce:

období	počet měření	výjimečné počty měření		
		O <sub>2</sub>	BSK <sub>5</sub>	TOC, P-PO <sub>4</sub>
před	62			42
během	14		13	
po	45	44	41	
1. po	12	11	10	
2. po	12			
3. po	12			
4. po	9		7	

Tab. č. 98: Počet měření, Dolní Třebonín

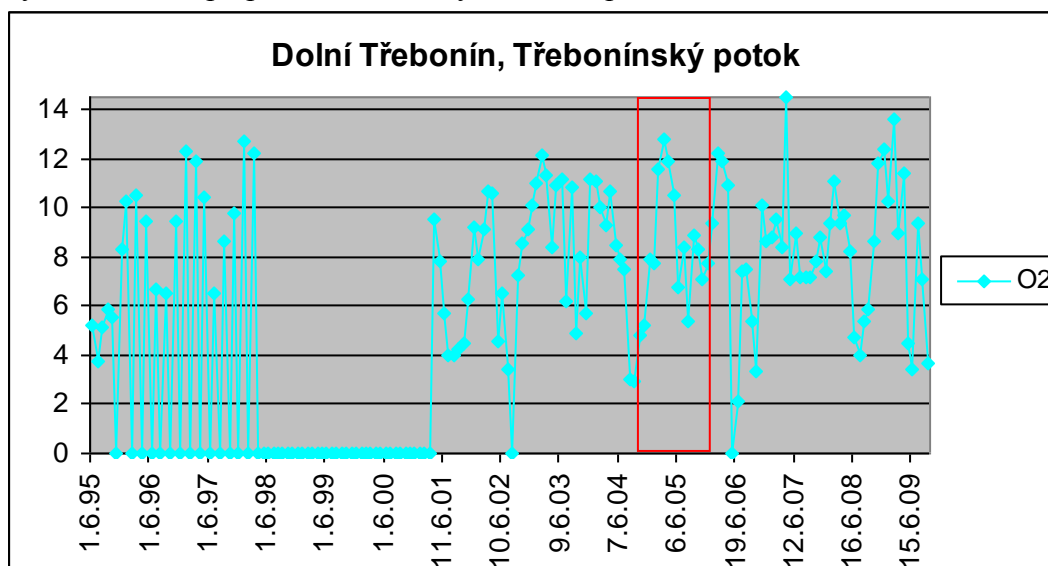
## Rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Ze statistického přehledu O<sub>2</sub> v Třebonínském potoce je zřejmé, že z hlediska tohoto indikátoru jde o relativně čistý tok. Mediánové i průměrové hodnoty jsou si velmi podobné, což značí celkem normální rozložení měření. Navíc se hodnoty pohybují na velmi vysoké hladině – jsou v 5. třídě jakosti vody. Celkově je zaznamenána změna koncentrací malá a ukazuje spíše na vzestup hodnot, ale velmi mírný.

Dolní Třebonín, O <sub>2</sub>				hodnoty v mg O <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	2,900	5,200	2,100	2,1	7,1	4	3,4
max.	12,700	12,800	14,500	12,2	14,5	12,4	13,6
průměr	8,089	8,586	8,289	8,073	8,575	8,383	8,044
medián	8,450	8,100	8,600	8,6	8,1	9	9
90%perc.	11,200	11,810	11,870	11,9	9,45	11,73	11,84
95%perc.	12,090	12,215	12,370	12,05	11,75	12,07	12,72

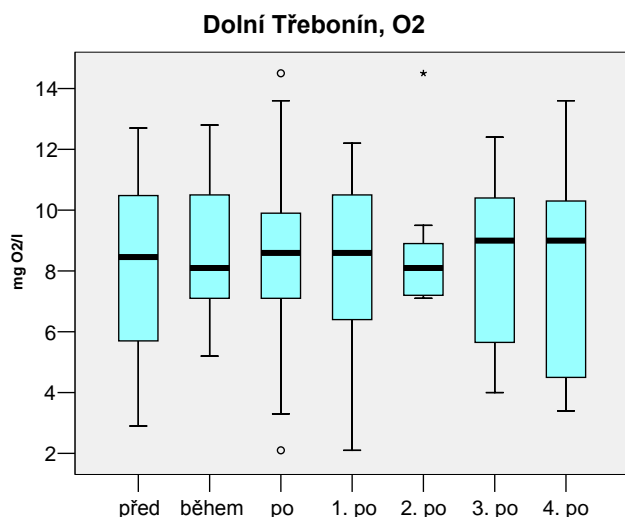
Tab. č. 99: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, O<sub>2</sub>

Na grafu absolutních hodnot není pozorovatelná dlouhodobá stabilní změna, mírné kolísání hodnot narušuje klasický roční chod koncentrací, ne však niketrak významně. Výrazná změna po postavení čistírny také není přítomna.



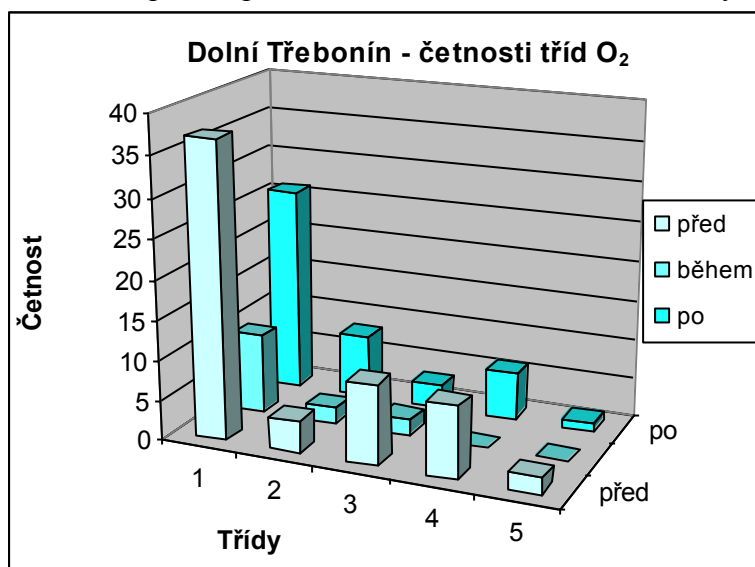
Obr. č. 125: Absolutní hodnoty O<sub>2</sub> v mg/l, Dolní Třebonín.

Graf rozložení koncentrací pomocí boxplotů zobrazuje malou změnu hodnot spočívající spíše ve změně rozložení v daném intervalu měření než jeho posunem. Mírný výkyv variability se prakticky vrací do původních hodnot, výjimkou je pouze 2. rok normálního provozu, kdy dochází ke koncentraci hodnot kolem velmi mírně sníženého mediánu.



Obr. č. 126: Zastoupení koncentrací O<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

I když na grafu absolutních hodnot je změna těžko viditelná, graf četnosti měření dle tříd odhaluje mírný posun ve středních měřených hodnotách. Jedinou zaznamenanou změnou tak zůstává přesun přibližně 10 % měření ze 3. do 2. třídy.



Obr. č. 127: Četnosti tříd O<sub>2</sub>, Dolní Třebonín

<b>Dolní Třebonín, Třebonínský potok, O<sub>2</sub></b>					
počty měření	třída kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	37	4	10	9	2
%	59,68	6,45	16,13	14,52	3,23
během	10	2	2	0	0
%	71,43	14,29	14,29	0,00	0,00
po ČOV	26	8	3	6	1
%	59,09	18,18	6,82	13,64	2,27

Tab. č. 100: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření O<sub>2</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Třebonín

Změny v koncentracích kyslíku, u kterých je patrný vliv čistírny, prakticky nejsou. Veškeré statisticky hodnocené veličiny jsou pouze velmi mírně zvýšené, snížená variabilita měření v 2. roce normálního provozu je vzápětí upravena na původní rozsah.

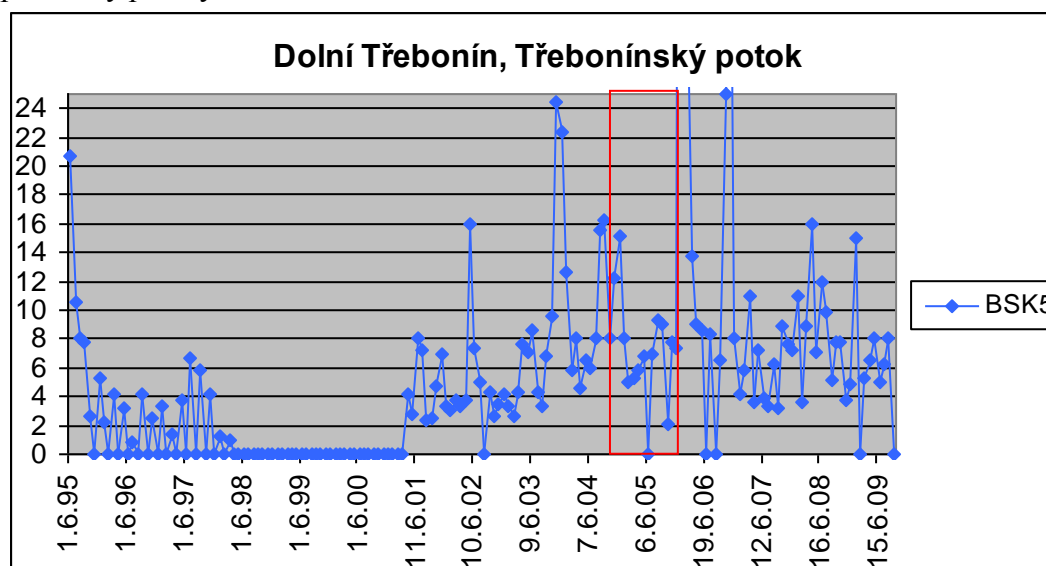
### Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK<sub>5</sub>)

Znatelné zvýšení koncentrací BSK<sub>5</sub> je patrné z tabulky. Důležitou charakteristikou je také velmi velká rozkolísanost hodnot v jednotlivých letech po postavení čistírny s nejasným trendem.

Dolní Třebonín, BSK <sub>5</sub>				hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po	4. po
min.	0,9	2,05	3,2	6,5	3,2	3,6	5
max.	24,5	15,2	158	158	11	16	15
průměr	6,358	7,752	13,312	32,138	6,042	8,150	7,729
medián	4,415	7,43	7,8	11,39	6,1	7,8	6,5
90%perc.	12,4	11,61	16	58,1	8,78	11,9	10,8
95%perc.	16,19	13,4	37	108,05	9,845	13,8	12,9

Tab. č. 101: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, BSK<sub>5</sub>

Datová řada je zajímavá velmi nízkými hodnotami v letech 1996 – 1998. Po obnovení monitoringu se hodnoty zhruba po dvou letech zvýšily a v nově nastavené hladině zůstaly prakticky po zbytek sledování.



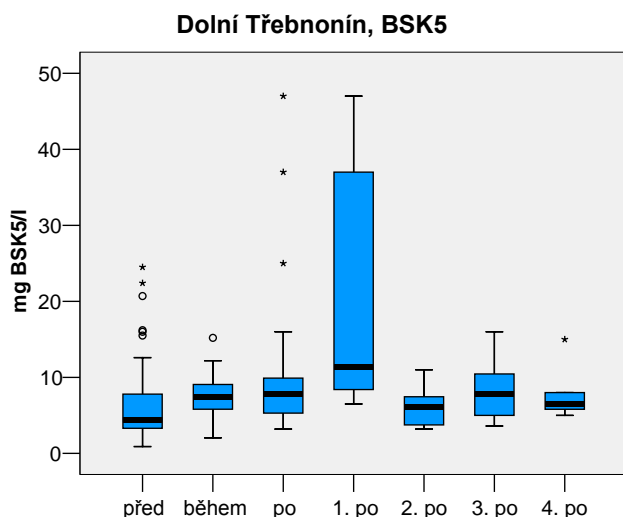
Obr. č. 128: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> v mg/l, Dolní Třebonín.

Dolní Třebonín, BSK <sub>5</sub> , nezobrazené hodnoty	datum	
	20.2.06	20.11.06
158	37	47

Tab. č. 102: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 128.

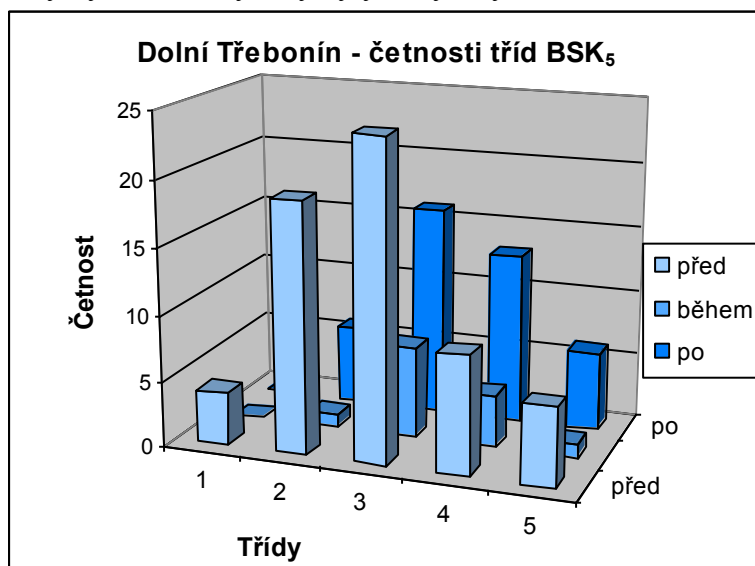
Zastoupení jednotlivých tříd zobrazeno pomocí boxplotů jasně ukazuje odchylku v 1. roce normálního provozu, která je způsobena 2 vysokými a 1 velmi vysokou hodnotou. Na zbylých boxplotech vidíme postupné zmenšování variability s doprovázené snížením mediánu, který ovšem ani ve 4. roce normálního provozu nedosáhl úrovně v období bez čistírny.





Obr. č. 129: Zastoupení koncentrací BSK<sub>5</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín. Nezobrazená hodnota 1.po – 158 mg BSK<sub>5</sub>/l

Přiřazením měřených hodnot do intervalů tříd jakosti vody se ukázalo, že ke zlepšení situace po postavení čistírny nedošlo – první třída byla eliminována zcela, počet zastoupení v druhé se snížil o polovinu. O prakticky stejné počty se navýšila 5., respektive 4. třída jakosti vody, tyto dvě třídy tedy byly navýšeny o 22 % všech měření.

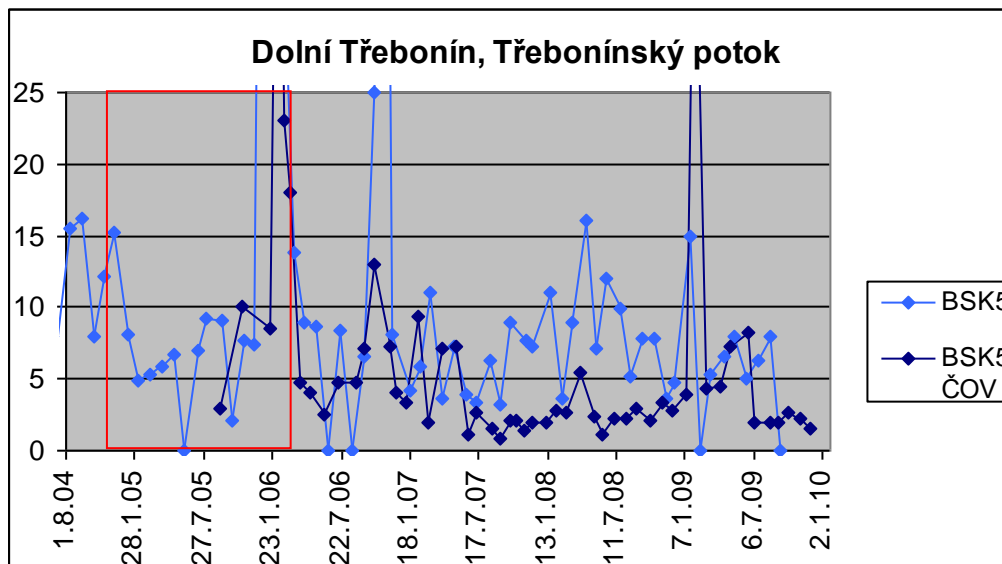


Obr. č. 130: Četnosti tříd BSK<sub>5</sub>, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, BSK <sub>5</sub>					
počty měření	třídy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	4	19	24	9	6
%	6,45	30,65	38,71	14,52	9,68
během	0	1	7	4	1
%	0,00	7,69	53,85	30,77	7,69
po ČOV	0	6	16	13	6
%	0,00	14,63	39,02	31,71	14,63

Tab. č. 103: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření BSK<sub>5</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Třebonín

Závislost mezi koncentrací BSK<sub>5</sub> v toku a ve vodě odtékající z čistírny není z grafu příliš patrná. Korelační koeficient o výši 0,268 tak potvrzuje pouze velmi slabou závislost.



Obr. č. 131: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> a BSK<sub>5</sub>ČOV v mg BSK<sub>5</sub>/l, Dolní Třebonín

Dolní Bousov, BSK <sub>5</sub> , nezobrazené hodnoty	datum
	mg BSK <sub>5</sub> /l
7.2.06	2.2.09
56	43

Tab. č. 104: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 131

Koncentrace BSK<sub>5</sub> v Třebonínském potoce mírně vzrostly. Mediánová hodnota za 2 sledované období (před a po) sice zůstává v rámci stejné třídy (třetí), přesunula se ale od její spodní hranice k horní. Je pozorováno zvýšení hodnot v krátkém období před spuštěním čistírny a výskyt extrémně vysokých hodnot v prvním roce normálního provozu.

### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

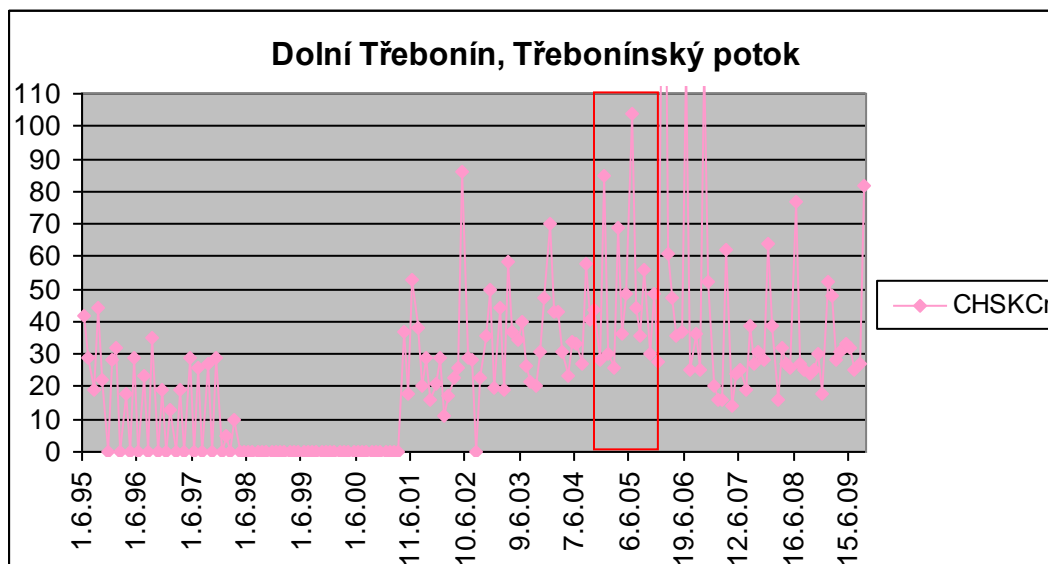
Tabulka statistických ukazatelů poukazuje na mírné zvýšení hodnot po postavení čistírny. 1. rok normálního provozu je stejně jako u BSK<sub>5</sub> charakteristický nejvyššími naměřenými hodnotami, v následujících letech dochází ke snížení a opětovnému mírnému zvýšení.

	Dolní Třebonín, CSK <sub>Cr</sub>				hodnoty v mg CSK <sub>Cr</sub> /l		
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	4,999	25,6	14	20	14	16	25
max.	86	104	213	213	64	77	82
průměr	31,160	47,829	41,809	66,033	30,417	30,500	39,778
medián	29	40,1	30	42,25	26	26,5	32
90%perc.	47,07	80,2	71,8	120	59,7	38,3	58
95%perc.	57,75	91,65	112,4	161,85	62,9	56,1	70

Tab. č. 105: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, CSK<sub>Cr</sub>

Absolutní něměřené hodnoty mají podobný průběh jako BSK<sub>5</sub> – v prvním měřeném období (do r. 1998) byly naměřeny velmi nízké hodnoty, které nebyly již v rámci monitoringu dosaženy. Po obnovení monitoringu v r. 2001 však již byly hodnoty vyšší a stále se navyšovaly až do postavení ČOV. Zřetelná trvalá změna po spuštění čistírny však není patrná,

počáteční snížení hodnot je brzy vystřídáno stagnací, změnou je pouze mírně snížená variabilita.

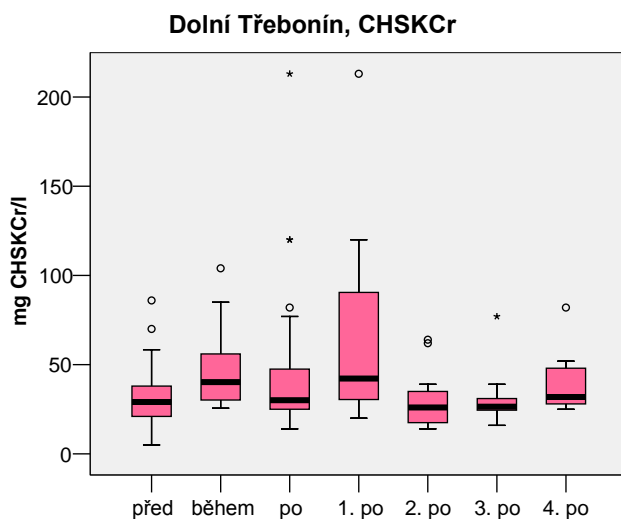


Obr. č. 132: Absolutní hodnoty  $CHSK_{Cr}$  v mg/l, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, $CHSK_{Cr}$ , nezobrazené hodnoty		datum
		mg $CHSK_{Cr}$ /l
23.1.06	19.6.06	16.10.10
213	120	120

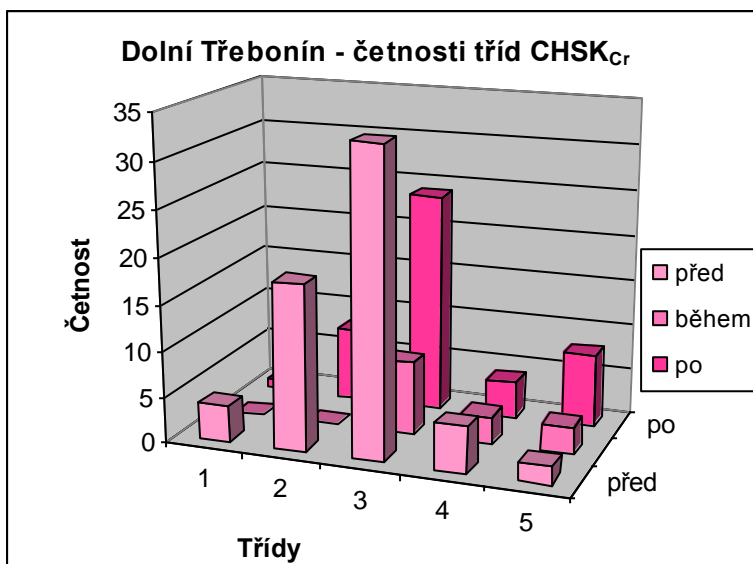
Tab. č. 106: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 132

Boxplotový graf znázorňuje navýšení a opětovné snížení jak mediánu (sníží na stejnou úroveň), tak variability měření (menší, než v období před čistírnou). Po snížení následovalo opět malé zvyšování hodnot, variabilita však zůstala nízká.



Obr. č. 133: Zastoupení koncentrací  $CHSK_{Cr}$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Přiřazením hodnot do intervalů tříd jakosti vody je potvrzeno zhoršení situace po postavení čistírny. Nárůst počtu měření v 5 třídě je téměř 15 %, 3. a 4. třída své procentuální zastoupení nezměnily, snížení tak nastalo v nejméně čistých třídách - 1. a 2..

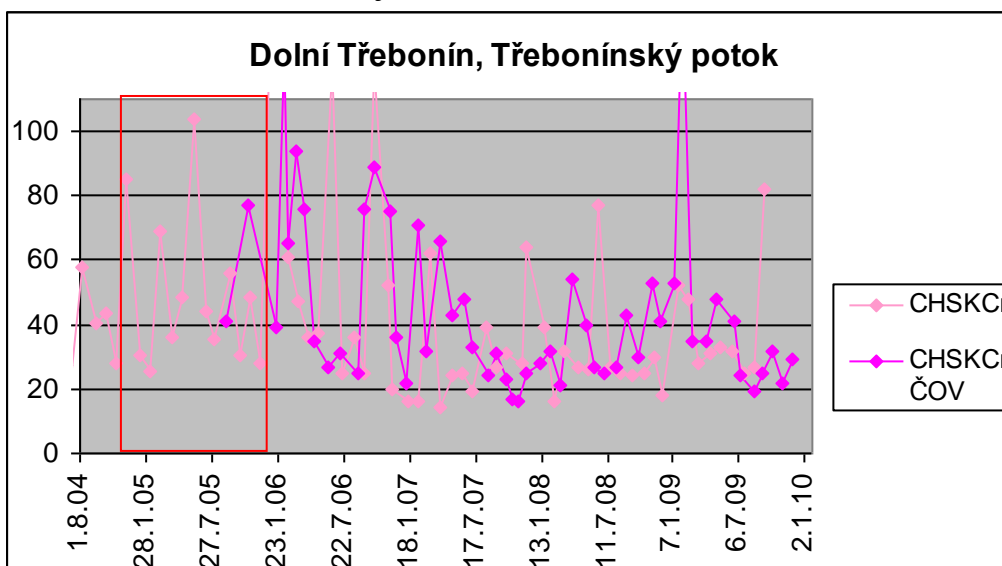


Obr. č. 134: Četnosti tříd CHSK<sub>Cr</sub>, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, CHSK <sub>Cr</sub>					
počty měření	třidy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	4	18	33	5	2
%	6,45	29,03	53,23	8,06	3,23
během	0	0	8	3	3
%	0,00	0,00	57,14	21,43	21,43
po ČOV	1	8	24	4	8
%	2,22	17,78	53,33	8,89	17,78

Tab. č. 107: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření CHSK<sub>Cr</sub> dle tříd jakostivody, Dolní Třebonín

Průběh koncentrací CHSK<sub>Cr</sub> po postavení čistírny evidentně není závislý na koncentracích ve vodě odtékající z ČOV.



Obr. č. 135: Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> a CHSK<sub>Cr</sub>ČOV v mg CHSK<sub>Cr</sub>/l, Dolní Třebonín

Dolní Bousov, BSK <sub>5</sub> ČOV nezobrazené hodnoty	datum
	mg BSK <sub>5</sub> /l

7.2.06	2.2.09
125	146

Tab. č. 108: Neobrazené hodnoty na obr. č. 135

Hodnoty poloviny všech měření jsou téměř shodně ve všech obdobích v limitech pro 3. třídu jakosti vody. U indikátoru jakosti vody  $CHSK_{Cr}$  nastala po postavení čistírny mírná negativní změna. Zkušební provoz a začátek normálního provozu byly obdobím se zvýšenými hodnotami, poté se hodnoty sice začaly snižovat, ale po 1 ½ roce normálního provozu se opět mírně navyšovaly. Přibýlo více vysokých hodnot, variabilita se oproti období s ČOV snížila.

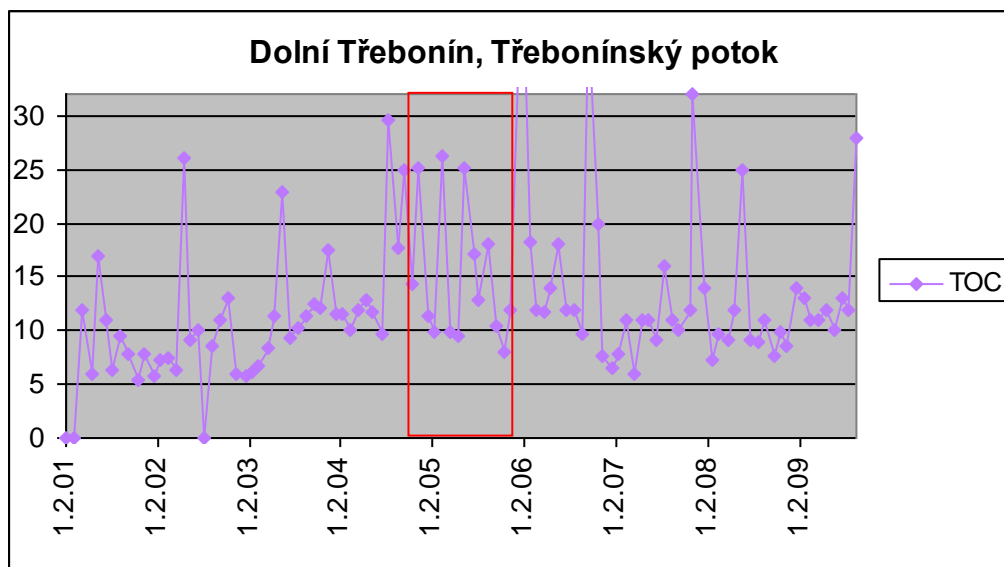
### Celkový organický uhlík (TOC)

Koncentrace TOC po uvedení čistírny do provozu velmi mírně vzrostly. 1. rok normálního provozu byl obdobím s nejvyššími hodnotami, v dalších letech byla měření jen mírně vyšší než před postavením čistírny.

Dolní Třebonín, TOC				hodnoty v mg TOC/l			
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	5,4	8	6	7,7	6	7,2	10
max.	29,6	26,3	46	46	32	25	28
průměr	11,404	15	13,78	18,367	11,967	11,008	13,778
medián	10,2	12,45	11	13	11	9,35	12
90%perc.	17,58	25,17	23	37,1	15,6	13,8	16,8
95%perc.	24,8	25,585	31,2	42,15	23,2	18,95	22,4

Tab. č. 109: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, TOC

Absolutní hodnoty ukazují vzestup před postavením čistírny, zvýšené hodnoty během zkušební a na začátku normálního provozu a poté opětovné snížení na mírně vyšší hladinu než byla původní.

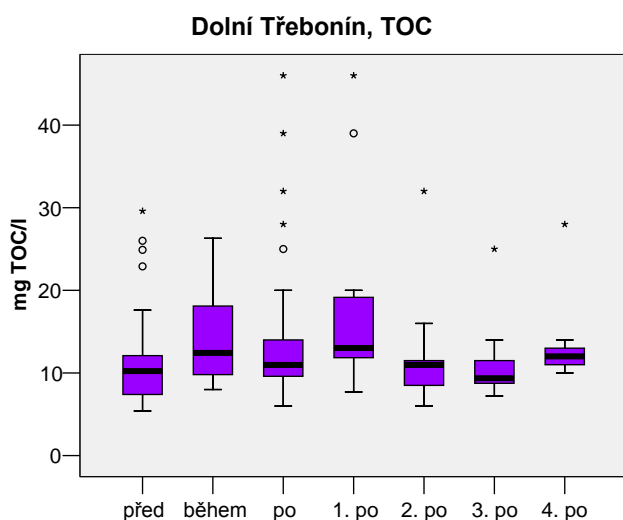


Obr. č. 136: Absolutní hodnoty TOC v mg/l, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, TOC, neobrazené hodnoty	datum
	mg TOC/l
23.1.06	16.10.06
46	39

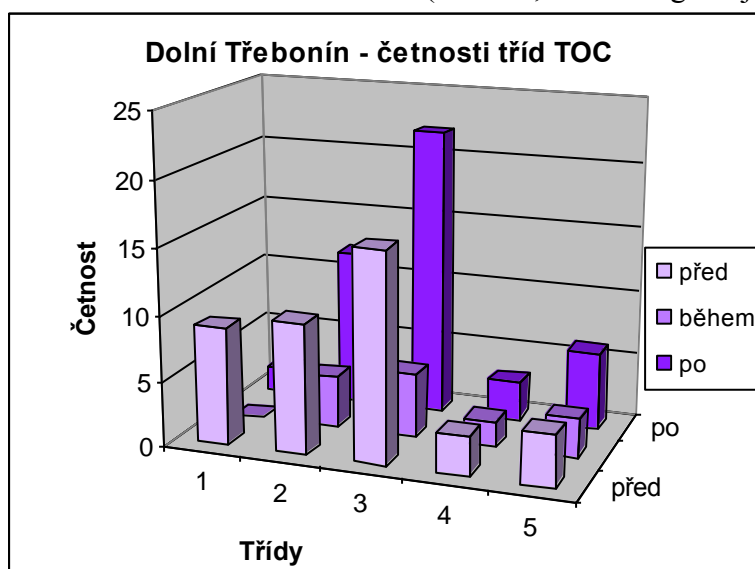
Tab. č. 110: Neobrazené hodnoty na obr. č. 136

Zobrazení koncentrací pomocí boxplotů ukazuje zvýšení při začátku provozu čistírny, snížení a opětovné zvýšení ve 4. roce normálního provozu. Zajímavé je také neustálé snižování variability měřených hodnot i snižování extrémních hodnot. Je zřetelné, že pohyb mediánů je téměř stále v rámci intervalu 3. třídy jakosti vody.



Obr. č. 137: Zastoupení koncentrací TOC v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Zobrazení přiřazování hodnot do intervalů tříd jakosti vody pomocí histogramu potvrzuje mírné zhoršení situace – velké snížení zastoupení měření v 1. třídě (téměř 17 %) a vzrůst ve všech ostatních třídách (až na 4., u které registrujeme minimální úbytek).



Obr. č. 138: Četnosti tříd TOC, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, TOC					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	9	10	16	3	4
%	21,43	23,81	38,10	7,14	9,52
během	0	4	5	2	3
%	0,00	28,57	35,71	14,29	21,43
po ČOV	2	12	22	3	6
%	4,44	26,67	48,89	6,67	13,33

Tab. č. 111: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření TOC dle tříd jakosti vody, Dolní Třebonín

Koncentrace celkového uhlíku po postavení čistírny se mírně zvýšila. Variabilita měření se zmenšila. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v době zkušebního provozu a v 1. roce normálního provozu. Vliv čistírny nemusí být ve vztahu ke zvýšení koncentrací TOC příčinný, protože tyto hodnoty vzrostly již zhruba 1 ½ roku před spuštěním ČOV.

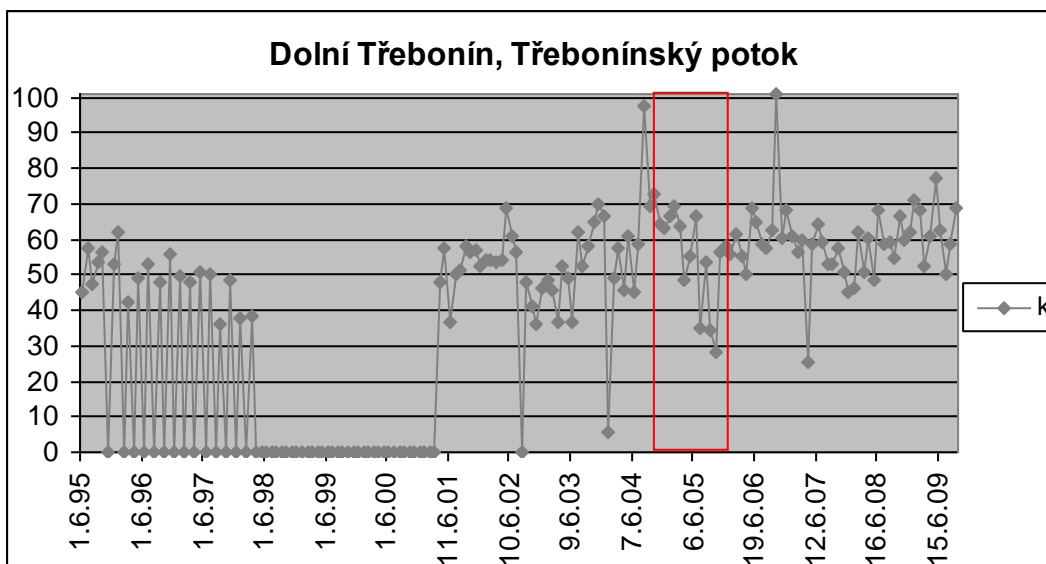
### Konduktivita (κ)

Hodnoty konduktivity poukazují (z tohoto hlediska) na dobrý stav toku – mediány se pohybují stále v rámci 2. třídy jakosti vody. Po uvedení ČOV do provozu sice statistické hodnoty mírně vzrostly, nové hodnoty však jsou vyšší spíše minimálně. I maxima či oba zvolené percentily ukazují na velmi konsolidované měření a velmi malý rozptyl hodnot.

	Dolní Třebonín, κ				hodnoty v mS/m		
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	5,4	28,4	25,51	50	25,51	46,42	50,07
max.	97,5	69,2	101	101	64,09	68,15	77,37
průměr	52,074	54,493	59,471	63,758	53,658	58,089	63,348
medián	52,45	57,35	59,51	60,75	56,865	59,57	62,48
90%perc.	64,54	66,44	68,74	68,86	60,6	66,029	72,234
95%perc.	69,365	67,445	70,54	83,345	62,226	67,221	74,802

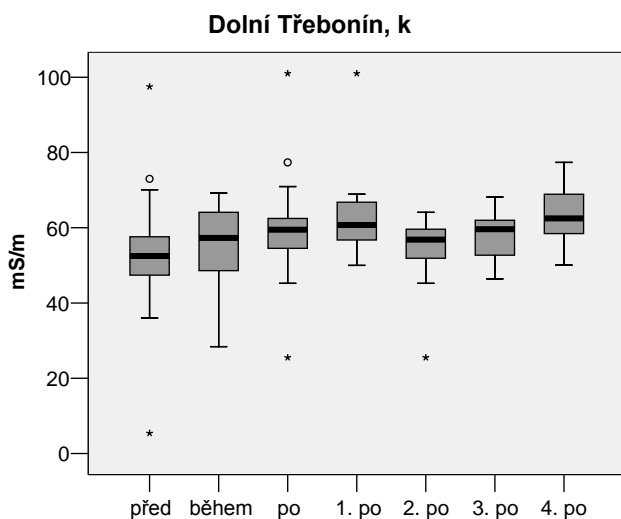
Tab. č. 112: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, κ

Graf absolutních hodnot potvrzuje podobný průběh jako u jiných indikátorů kvality vody – první období měření (do r. 1998) je charakterizováno jasně nejnižšími hodnotami za celou dobu měření. Po obnovení monitoringu v r. 2001 došlo zhruba na 1 rok k poklesu a následně opět k růstu (stejně jako u jiných indikátorů byl i zde zaznamenán růst hodnot před spuštěním čistírny). Během zkušebního provozu hodnoty velmi mírně kolísaly s minimálním vzrůstem.



Obr. č. 139: Absolutní hodnoty  $\kappa$  v mS/m, Dolní Třebonín

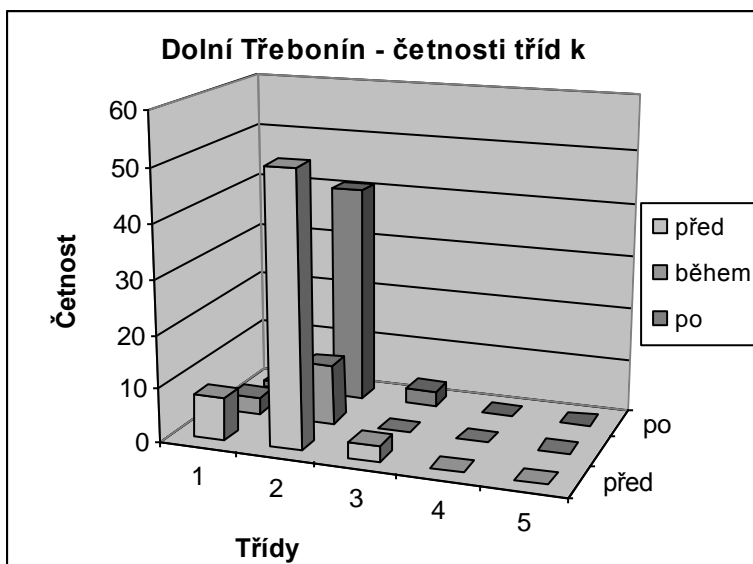
Boxploty znázorňující hodnoty  $\kappa$  v jednotlivých obdobích ukazují na nárůst po postavení ČOV. V 2. roce sice došlo k poklesu, vzrůst hodnot ale dále pokračoval. Zatímco ve zkušebním provozu byl medián těsně nad horním kvartilem původních hodnot, ve 4. roce normálního provozu byl nad horním kvartilem původních hodnot již celý dolní vartil – posun tedy relativně významný. Důležité je ale brát na vědomí velmi malou variabilitu měření, téměř všechna měření (kromě extrémních a některých okrajových hodnot) spadají do intervalu pro 2. třídu jakosti vody.



Obr. č. 140: Zastoupení  $\kappa$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín. .

Přiřazením naměřených hodnot do intervalů tříd jakosti vody získáme informaci o pohybu hodnot prakticky pouze v rámci 1. a 2. třídy, přičemž stěžejní množství měření se nachází v rámci 2. třídy. V období zkušebního provozu je eliminována 3. třída, jinak slabě zastoupená. Přibližně 10 % vzrůst ve zkušebním provozu a naopak stejný pokles v normálním provozu (oproti původním hodnotám) je doprovázen ekvivalentním posunem ve 2. (resp.3.) třídě.





Obr. č. 141: Četnosti tříd k, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, k					
počty měření	třidy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	8	51	3	0	0
%	12,90	82,26	4,84	0,00	0,00
během	3	11	0	0	0
%	21,43	78,57	0,00	0,00	0,00
po ČOV	1	41	3	0	0
%	2,22	91,11	6,67	0,00	0,00

Tab. č. 113: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření k dle tříd jakosti vody, Dolní Třebonín

Konduktivita doznala po postavení čistírny mírného nárůstu. Variabilita hodnot zůstala po celou sledovanou dobu velmi nízká a extrémních hodnot se vyskytlo také malé množství, zmíněná extremita je relativní (v rámci 3. třídy). Absolutní hodnoty se vyskytují převážně v intervalu 2. třídy jakosti vody, 4. a 5. třída nejsou zastoupeny vůbec. Postupný vzrůst hodnot byl zaznamenán již v r. 2001.

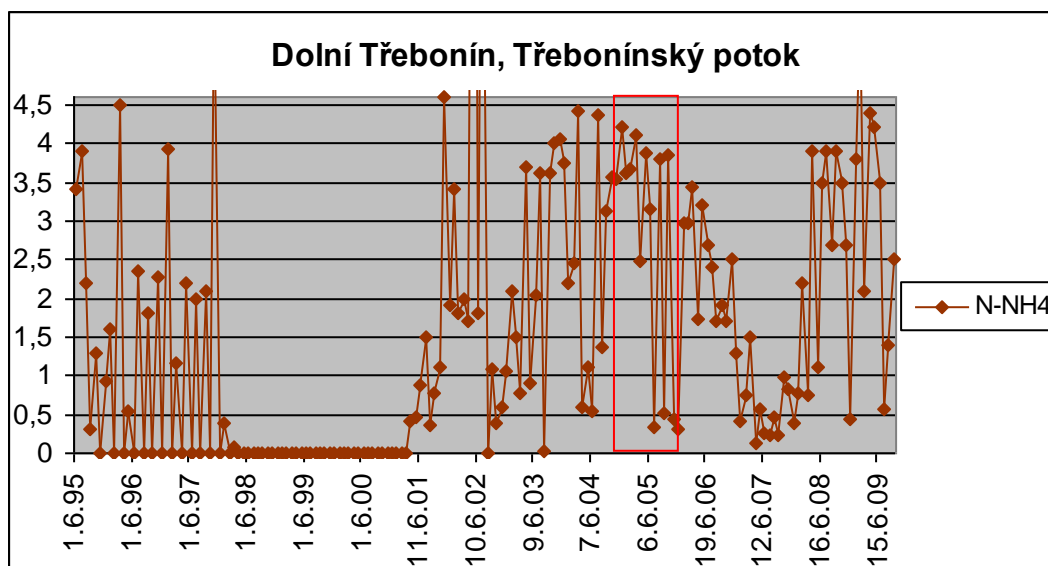
#### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

Statistické ukazatele změn N-NH<sub>4</sub> zobrazují značné rozdíly v jednotlivých zvolených obdobích. Velká variabilita hodnot jak v rámci jednotlivých období tak mezi obdobími navzájem poukazuje na nevyrovnanost hodnot. Nárůst v období zkušebního provozu byl následován snížením a opětovným zvýšením hodnot téměř na dvojnásobek původních koncentrací (dle mediánu).

Dolní Třebonín, N-NH <sub>4</sub>				hodnoty v mg N-NH <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	0,03	0,31	0,14	1,3	0,14	0,43	0,56
max.	15	4,21	5,7	3,43	1,5	3,9	5,7
průměr	2,367	2,705	2,061	2,374	0,560	2,447	3,129
medián	1,855	3,57	1,9	2,45	0,435	2,7	3,5
90%perc.	4,33	4,041	3,9	3,178	0,955	3,9	4,66
95%perc.	4,595	4,145	4,14	3,304	1,209	3,9	5,18

Tab. č. 114: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, N-NH<sub>4</sub>

Graf absolutních hodnot opakuje průběh koncentrací předešlých indikátorů – období do r. 1998 se vyznačuje nízkými (relativně) hodnotami, v r. 2001 pak nastává vzrůst hodnot, ke klesání dochází v normálním provozu ČOV, avšak po 2 letech je opět objevuje velmi prudký vzrůst koncentrací. Hodnoty jsou velmi variabilní a vysoké, kvalita vody je tímto indikátorem značně ovlivněna.

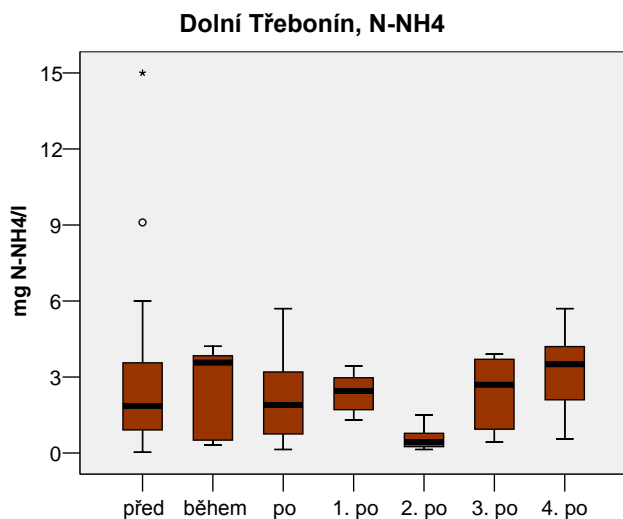


Obr. č. 142: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> v mg/l, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, N-NH <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty		datum	
		mg N-NH <sub>4</sub> /l	
10.11.97	13.5.02	15.7.02	16.2.09
6	15	9,1	5,7

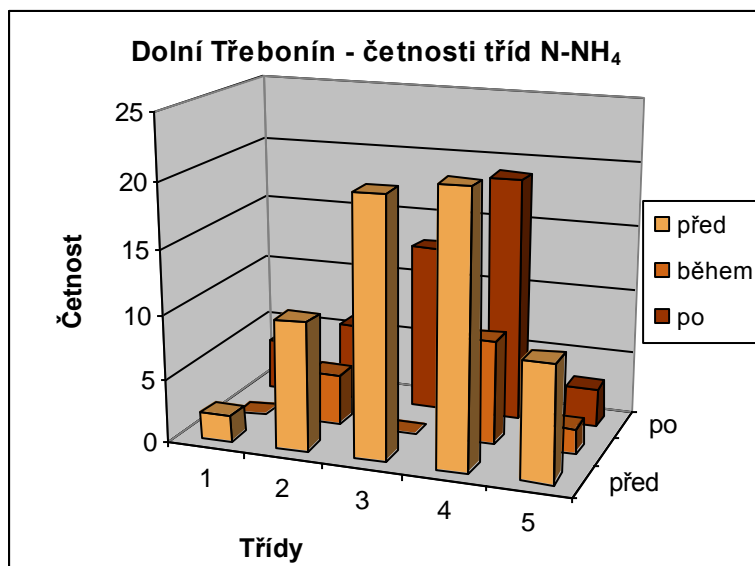
Tab. č 115: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 142

Boxploty zobrazují pokles hodnot v 2. roce normálního provozu, kdy v prvním roce nejprve poklesla variabilita i medián (vzhledem ke zkušebnímu provozu). Ve 3. a 4. roce ovšem dochází opět k značnému růstu jak samotných hodnot, tak jejich variability. Jsou sice eliminovány extrémní a mírně sníženy nejvyšší hodnoty, celkově však můžeme situaci díky zvýšení většího počtu měření zhodnotit jako mírně negativní.



Obr. č. 143: Zastoupení koncentrací N-NH<sub>4</sub> v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Přiřazení naměřených hodnot do intervalů tříd jakosti vody potvrzuje špatný stav Třebonínského potoka z hlediska N-NH<sub>4</sub>. Zatímco před spuštěním čistírny byly nejvíce zastoupeny 3. a 4. třída (prakticky shodně každá 1/3 měření), po jejím spuštění se většina naměřených hodnot shromáždila ve 4. třídě (42 %). Množství měření v 5. třídě sice pokleslo o více jak polovinu původního stavu a došlo k mírnému navýšení v 1. třídě, celkově ale změna vyznívá spíše negativně.

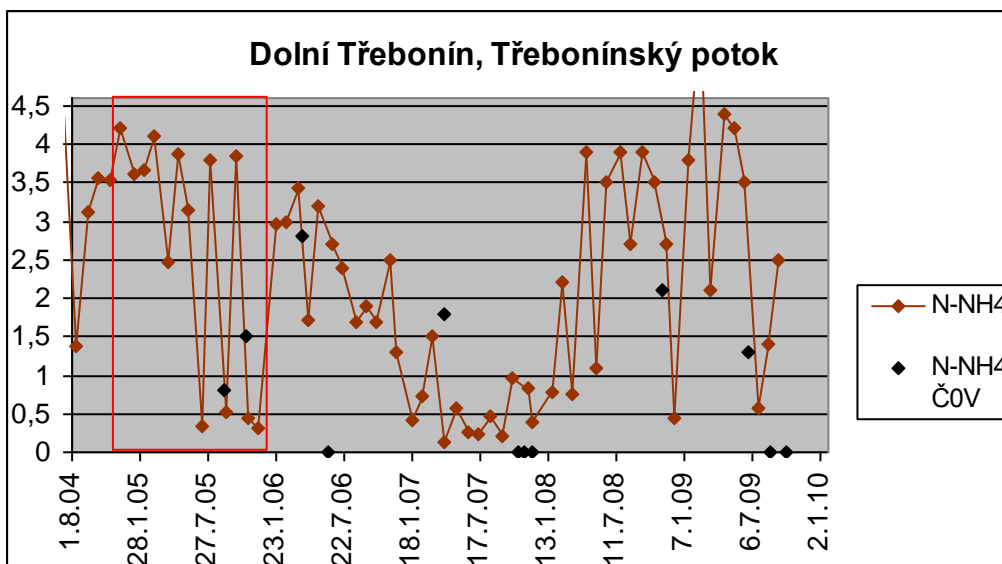


Obr. č. 144: Četnosti tříd N-NH<sub>4</sub>, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, N-NH <sub>4</sub>					
počty měření	třidy kvality vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	2	10	20	21	9
%	3,23	16,13	32,26	33,87	14,52
během	0	4	0	8	2
%	0,00	28,57	0,00	57,14	14,29
po ČOV	4	6	13	19	3
%	8,89	13,33	28,89	42,22	6,67

Tab. č. 116: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NH<sub>4</sub> dle tříd kvality vody, Dolní Třebonín

Hodnocení vlivu čistírny na koncentraci N-NH<sub>4</sub> v toku z dat koncentrací z ČOV je vzhledem k jejich nedostatku problematické. Korelační koeficient je 0,638, což je relativně vysoká hodnota, dokonce i při počtu pouhých 10 měření je prokázána její signifikantnost.



Obr. č. 145: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> a N-NH<sub>4</sub> ČOV v mg N-NH<sub>4</sub>/l, Dolní Třebonín

Změna N-NH<sub>4</sub> způsobená postavením a provozem čistírny v Dolním Třeboníně vyznívá mírně negativně. Nejvyšší hodnoty byly sice mírně sníženy, větší počet měření byl ale navýšen. Celkově byla kvalita vody z hlediska tohoto indikátoru již před spuštěním ČOV nedobrá, koncentrace byly značně vysoké. Největší zastoupení měření je ve 4. třídě.

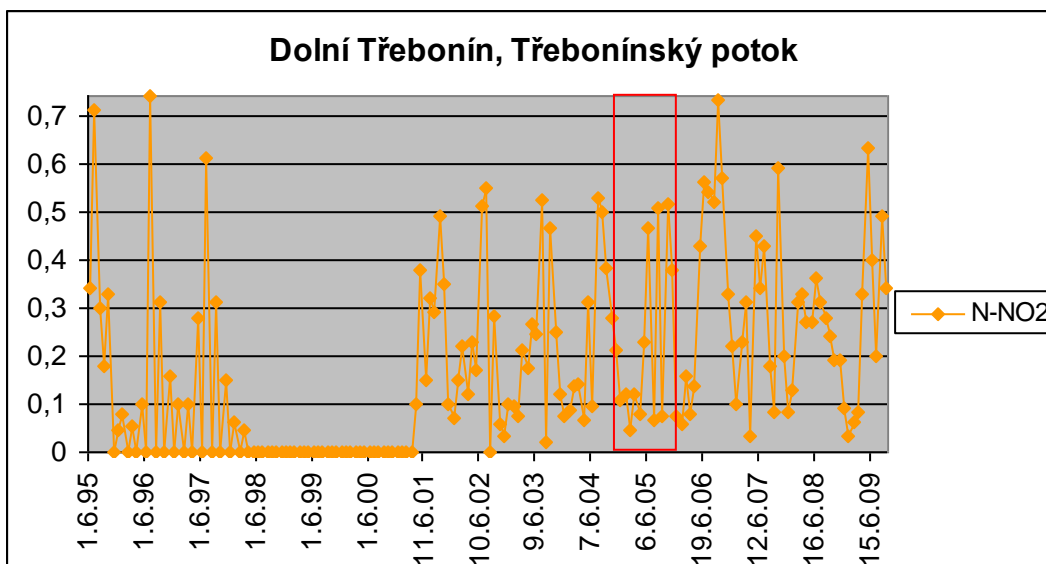
#### Dusitanový dusík (N-NO<sub>2</sub>)

Stejně jako u předchozího indikátoru i u N-NO<sub>2</sub> dochází po postavení ČOV ke vzrůstu koncentrací. Vyjímkou je období zkušebního provozu, kdy téměř všechny statistické ukazatele naopak poklesly, v normálním provozu však již byly hodnoty vždy vyšší.

Dolní Třebonín, N-NO <sub>2</sub>				hodnoty v mg N-NO <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po	4. po
min.	0,02	0,047	0,034	0,06	0,034	0,09	0,034
max.	0,74	0,516	0,73	0,73	0,59	0,36	0,63
průměr	0,237	0,214	0,287	0,361	0,253	0,248	0,285
medián	0,177	0,120	0,27	0,379	0,215	0,27	0,33
90%perc.	0,509	0,496	0,552	0,569	0,448	0,328	0,518
95%perc.	0,549	0,511	0,586	0,642	0,513	0,344	0,574

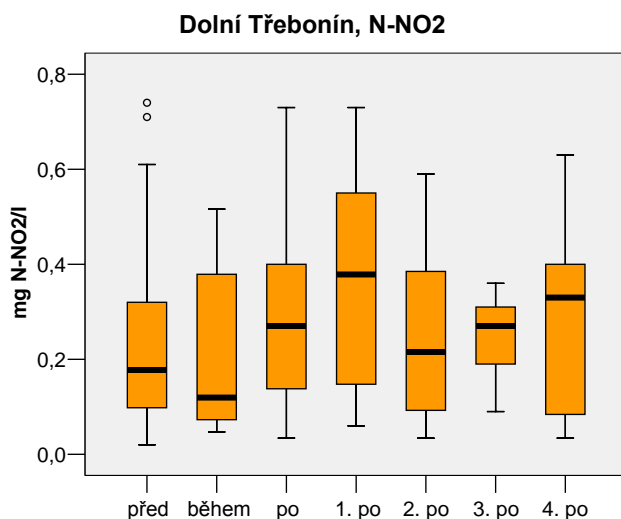
Tab. č. 117: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, N-NO<sub>2</sub>.

Opakující se scénář, kdy první období monitoringu (do přerušení v r. 1998) je specifické nejnižšími naměřenými hodnotami se opakuje i zde. Od r. 2001 se ale hodnoty příliš nemění, ve zkušebním provozu je pak patrný nárůst a další zvýšení v 1. roce normálního provozu. Od uvedení ČOV do provozu dochází také k větší rozkolísanosti hodnot a k narušení zřetelného ročního chodu koncentrací.



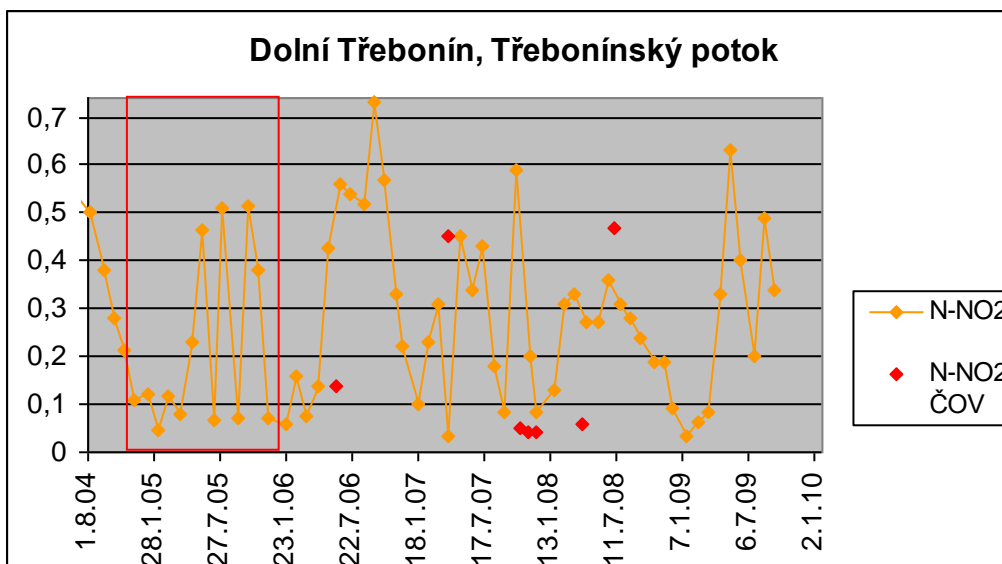
Obr. č. 146: Absolutní hodnoty  $N-NO_2$  v mg/l, Dolní Třebonín

Boxploty zobrazují významné hodnoty navýšení a rozkolísanosti mediánů. 1. rok normálního provozu je patrný díky extrémnímu navýšení, 3. rok zase značně sníženou variabilitou.



Obr. č. 147: Zastoupení koncentrací  $N-NO_2$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Hodnotit ovlivnění koncentrací v toku vodou vytékající z čistírny je složité kvůli malému počtu měření (na odtoku z ČOV bylo měřeno pouze 8x za dobu sledování). Ani v grafickém zobrazení nelze hledat podobnost ze stejného důvodu.



Obr. č. 148: Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> a N-NO<sub>2</sub> ČOV v mg N-NO<sub>2</sub>/l, Dolní Třebonín

Koncentrace N-NO<sub>2</sub> po zprovoznění čistírny mírně stouply. Další změnou bylo narušení pravidelného ročního chodu hodnot.

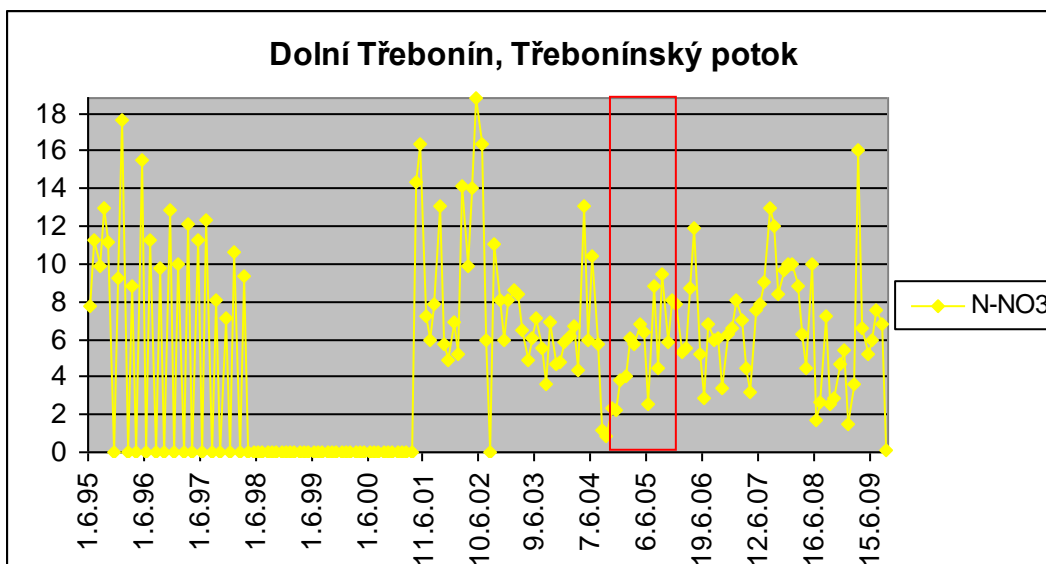
### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Podle statistických charakteristik se koncentrace N-NO<sub>3</sub> v Třebonínském potoce po uvedení čistírny do provozu snížily. Zároveň došlo k výraznému snížení prostých maxim i obou sledovaných kvantilů a to výrazným způsobem. Mediánové hodnoty se dostaly pod významnou hranici 6 mg N-NO<sub>3</sub>/l (až na zvýšený 2. rok normálního provozu).

Dolní Třebonín, N-NO <sub>3</sub>				hodnoty v mg N-NO <sub>3</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po	4. po
min.	0,89	2,21	0,099	2,9	3,2	1,7	0,099
max.	18,8	9,44	16	11,9	13	10	16
průměr	8,842	5,845	6,551	6,217	8,358	5,558	5,911
medián	8,06	5,905	6,3	6	8,25	5,05	5,9
90%perc.	14,09	8,597	10	8,51	11,8	9,88	9,2
95%perc.	16,355	9,031	11,98	10,14	12,45	10	12,6

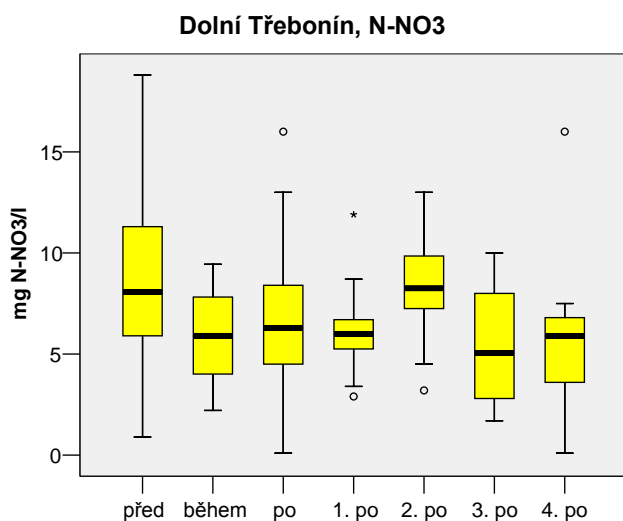
Tab. č 118: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, N-NO<sub>3</sub>

Graf absolutních hodnot N-NO<sub>3</sub> je zajímavý zejména jiným průběhem hodnot ve srovnání s předešlými indikátory. První období monitoringu (do r. 1998) je charakteristické nejvyššími naměřenými hodnotami, zatímco od r. 2001 dochází (s viditelnými 2 výjimkami) k poklesu. První opětovný vzestup nastal spolu se zkušebním provozem, druhý pak poslední zachycený rok.



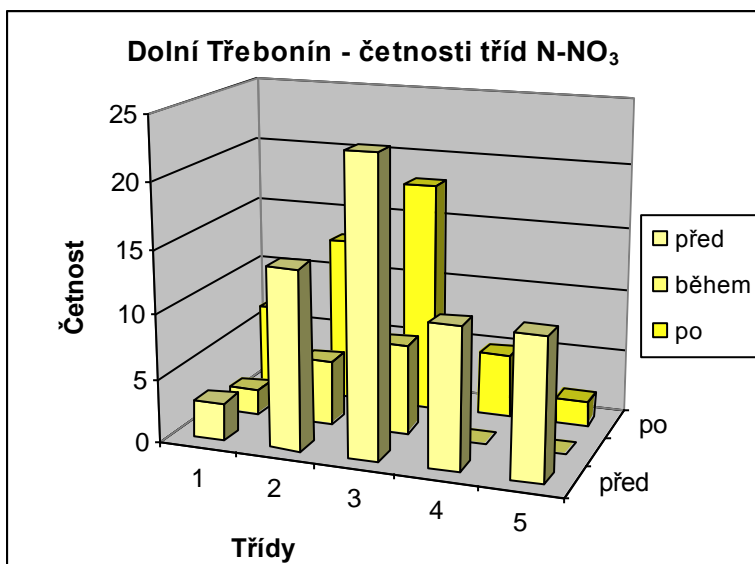
Obr. č. 149: Absolutní hodnoty  $N-NO_3$  v mg/l, Dolní Třebonín

Zachycení koncentrací pomocí boxplotů znázorňující jednotlivá období potvrzuje vyšší koncentrace  $N-NO_3$  v období před postavením čistírny. Postupné snižování je přerušeno zvýšením v 2. a menším zvýšením ve 4. roce normálního provozu. Vlivem čistírny došlo zřejmě i ke snížení variability a k celkovému poklesu vysokých hodnot.



Obr. č. 150: Zastoupení koncentrací  $N-NO_3$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Přiřazení jednotlivých měření do intervalu tříd jakosti vody ukazuje snížení počtu měření v nejhorších třídách (4. a 5.) o téměř 20 %. Naproti tomu se zvýšil počet v 1. a 2. třídě o 17 %, což je jednoznačně pozitivní změna.

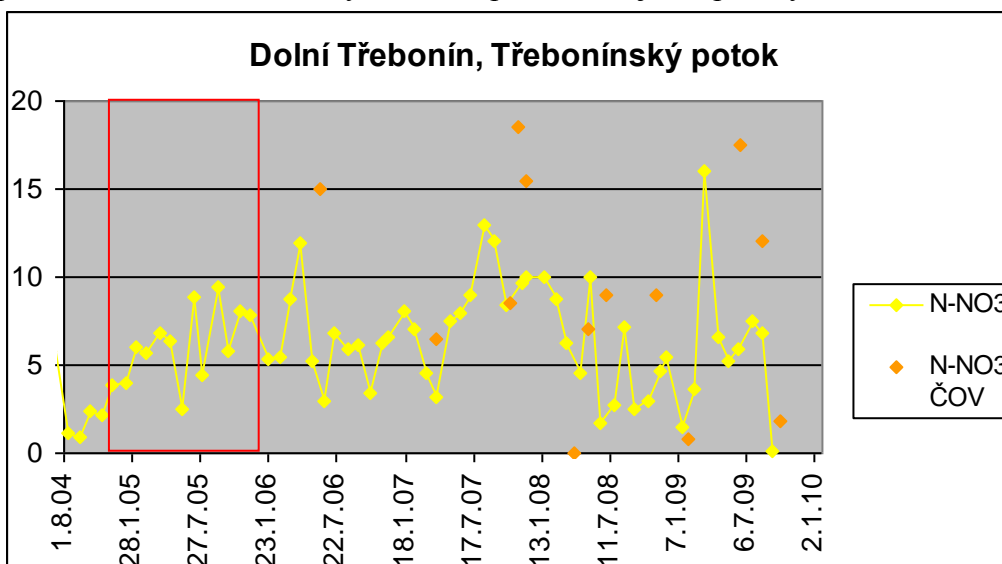


Obr. č. 151: Četnosti tříd N-NO<sub>3</sub>, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, N-NO <sub>3</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	3	14	23	11	11
%	4,84	22,58	37,10	17,74	17,74
během	2	5	7	0	0
%	14,29	35,71	50,00	0,00	0,00
po ČOV	7	13	18	5	2
%	15,56	28,89	40,00	11,11	4,44

Tab. č. 1197: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NO<sub>3</sub> dle tříd jakosti vody, Dolní Třebonín.

I u měření koncentrací N-NO<sub>3</sub> ve vodě vytékající z ČOV chybí více dat. Pro korelaci bylo k dispozici pouze 10 případů a korelační koeficient je roven 0,354. Na grafu je pak patrné, že koncentrace ve vyčištěné odpadní vodě jsou spíše vyšší.



Obr. č. 152: Absolutní hodnoty N-NO<sub>3</sub> a N-NO<sub>3</sub> ČOV v mg N-NO<sub>3</sub>/l, Dolní Třebonín



Vliv čistírny na koncentrace N-NO<sub>3</sub> v Třebonínském potoce je dle dostupných dat pozitivní. Koncentrace se po uvedení čistírny do provozu snížily, nutno však připomenout, že na nižší hladiny koncentrací se měření snížila již před postavením čistírny (zhruba v r. 2003, tedy 2 roky před spuštěním zkušebního provozu). Stejně tak se snížila i variabilita měření, která se po uvedení do provozu již na původní úroveň nezvýšila.

### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Hodnoty celkového fosforu se ve vodách Třebonínského potoka po postavení čistírny výrazně zvýšily. Nejen zvýšení je velké, rozvňž i absolutní hodnoty jsou vysoké, medián je nad spodní hranicí intervalu 5. třídy jakosti vody. V posledním sledovaném roce (4. roce normálního provozu) sice hodnoty mírně poklesly, doznaly ale stavu přibližně jen ve zkušebním provozu, které nelze nazývat nízkými.

Dolní Třebonín, P <sub>C</sub>				hodnoty v mg P <sub>C</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	0,08	0,17	0,13	0,38	0,13	0,36	0,38
max.	3,15	2,51	3	2,6	2,4	3	2,4
průměr	0,863	1,306	1,368	1,431	1,243	1,428	1,372
medián	0,605	1,25	1,4	1,35	1,3	1,4	1,2
90%perc.	2,038	2,094	2,36	2,2	2,07	2,42	2,32
95%perc.	2,389	2,244	2,48	2,38	2,235	2,725	2,36

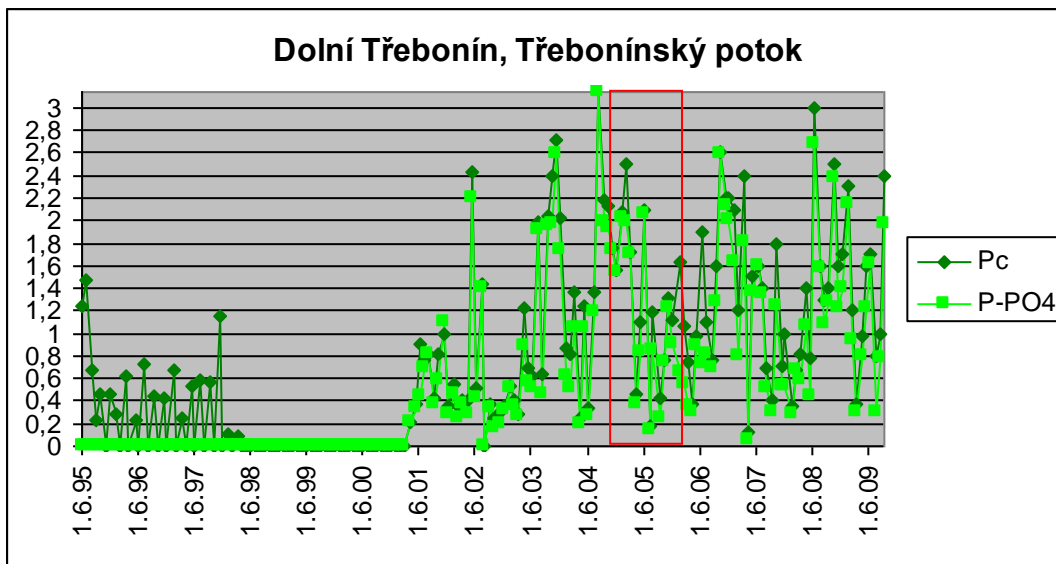
Tab. č. 120: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, P<sub>C</sub>

Statistické charakteristiky P-PO<sub>4</sub> logicky kopírují hodnoty P<sub>C</sub>, objevuje se pouze několik málo vyjímek – vyšší hodnoty P-PO<sub>4</sub> než P<sub>C</sub> jsou způsobeny kratším obdobím monitoringu P-PO<sub>4</sub>, převažují tedy spíše vyšší měření.

Dolní Třebonín, P-PO <sub>4</sub>				hodnoty v mg P-PO <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1.po	2. po	3. po	4. po
min.	0,16	0,15	0,06	0,31	0,06	0,28	0,31
max.	3,14	2,06	2,67	2,59	1,81	2,67	2,15
průměr	0,878	1,172	1,100	1,081	0,981	1,223	1,121
medián	0,515	1,07	0,94	0,77	1,025	1,155	0,94
90%perc.	1,968	2,018	2,072	2,108	1,627	2,3	2,006
95%perc.	2,190	2,041	2,334	2,332	1,711	2,511	2,078

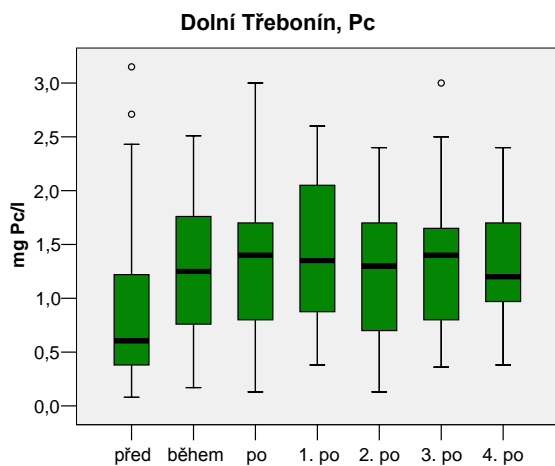
Tab. č. 121: Statistické hodnoty, Dolní Třebonín, P-PO<sub>4</sub>

Průběh koncentrací P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub> ukazuje podobný jev jako u téměř všech ostatních indikátorů – tedy že v prvním období monitoringu (tedy do jeho přerušení) jsou hodnoty výrazně nižší než po jeho obnovení v r. 2001. Od poloviny r. 2003 dochází k citelnému navýšení hodnot a k jejich výrazné fluktuaci. Ve zvýšené rozrůzněnosti hodnot není příliš patrné, zda má provoz ČOV vliv na další změnu či nikoli.

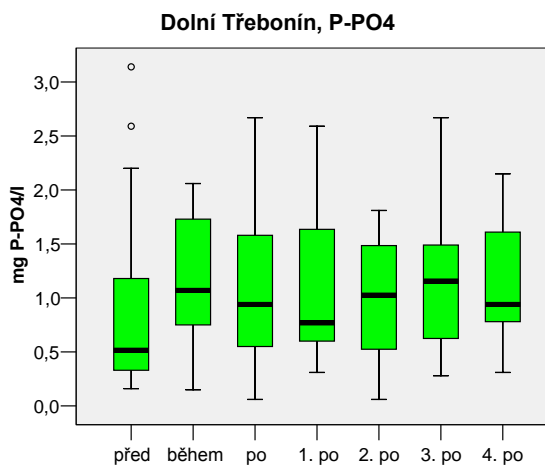


Obr. č. 153: Absolutní hodnoty  $P_C$  a  $P-PO_4$  v mg/l, Dolní Třebonín

Obě boxplotové zobrazení potvrzují nižší koncentrace v době před postavením čistírny a značně zvýšené, relativně stabilní nové hladiny koncentrací po jejím uvedení do provozu. Zajímavým jevem u  $P_C$  je prakticky nezvýšená variabilita – navýšení je charakteristické zvýšením minim a jakousi konsolidací vyšších hodnot – horní i dolní kvartil zůstávají téměř stejné. U  $P-PO_4$  je zřetelnější větší variabilita.

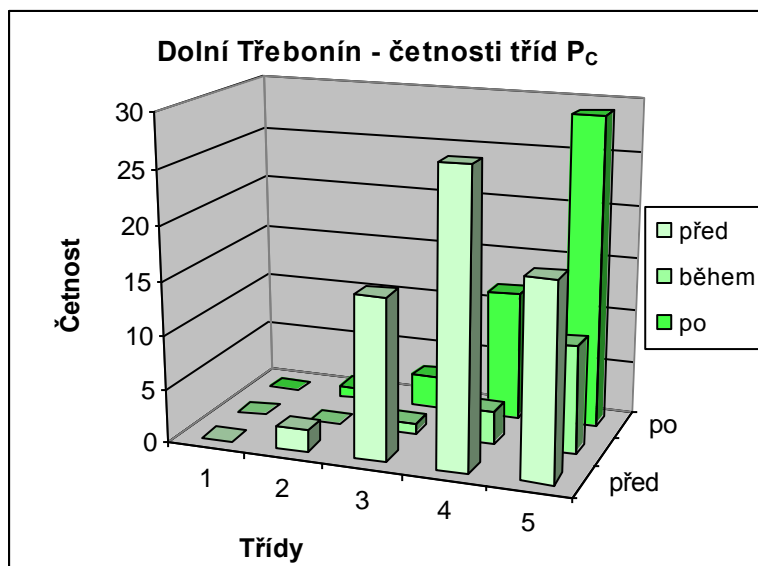


Obr. č. 154: Zastoupení koncentrací  $P_C$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín



Obr. č. 155: Zastoupení koncentrací  $P-PO_4$  v jednotlivých obdobích, Dolní Třebonín

Navýšení koncentrací dokumentuje i histogram vzniklý přiřazením naměřených hodnot do intervalů tříd jakosti vody. Zatímco v období bezčistírny byl největší počet měření ve 4. třídě (44 %), a ve 4. a 5. třídě dohromady téměř 73 %, po uvedení ČOV do provozu je nejvíce měření v 5. třídě (64 %) a 2 nejhorší třídy zaujímají většinu měření – celých 91 %.

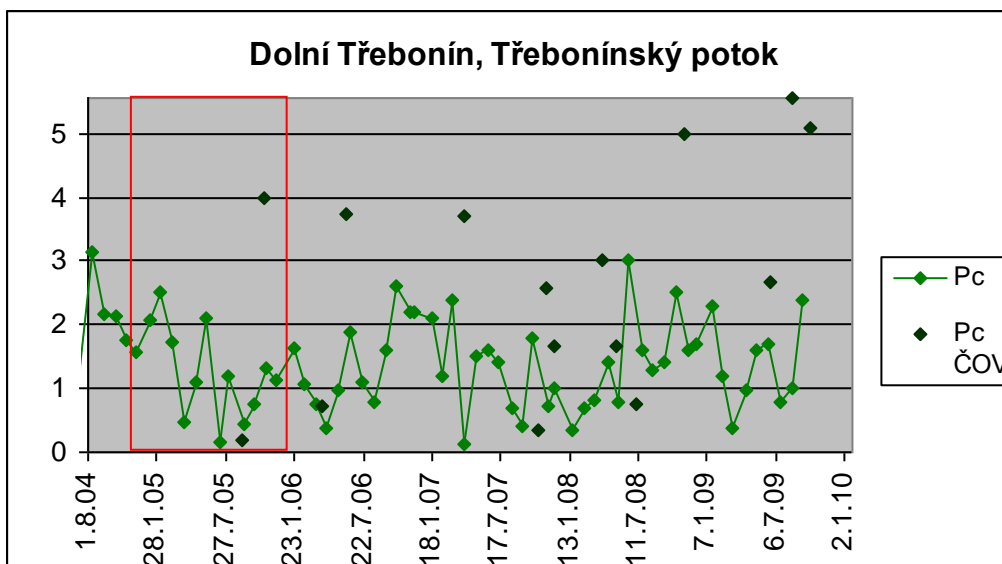


Obr. č. 156: Četnosti tříd P<sub>C</sub>, Dolní Třebonín

Dolní Třebonín, Třebonínský potok, P <sub>C</sub>					
počty měření	třidy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	2	15	27	18
%	0,00	3,23	24,19	43,55	29,03
během	0	0	1	3	10
%	0,00	0,00	7,14	21,43	71,43
po ČOV	0	1	3	12	29
%	0,00	2,22	6,67	26,67	64,44

Tab. č. 122: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření P<sub>C</sub> dle tříd jakosti vody, Dolní Třebonín

Hodnocení vztahu koncentrací P<sub>C</sub> ve vodě Třebonínského potoka a vyčištěné odpadní vody z ČOV je podobně jako u jiných indikátorů ztíženo nedostatkem kvalitních dat. V tomto případě bylo vhodných jen 14 měření a korelační koeficient je roven 0,383, což sice jakýsi vztah znamená, ale závislost je slabá. Také je patrné, že koncentrace P<sub>C</sub> vypuštěné čistírnou jsou značně vysoké.



Obr. č. 157: Absolutní hodnoty  $P_c$  a  $P_c$  ČOV v mg  $P_c$ /l, Dolní Třebonín

U hodnocení celkového a fosforečnanového fosforu platí, že koncentrace obou těchto ukazatelů se po uvedení čistírny do provozu zvýšily. Na grafu absolutních hodnot je ale zvýšení patrné již v r. 2003 (tedy před spuštěním čistírny), kdy v nově nabyté hladině již hodnoty prakticky stagnují i přes provoz ČOV. Hodnoty jsou velmi variabilní a obecně vysoké. Proto se také přes 90% všech měření nachází v intervalu 4. a 5. třídy jakosti vody.

### Celkové hodnocení

Souhrnné hodnocení změny kvality vody po postavení čistírny v Dolním Třeboníně vyznívá spíše negativně. Většina sledovaných indikátorů doznala v tomto období růst. Celkově je tak kvalita vody u jednotlivých indikátorů charakterizována 3., 4. a někdy i 5. třídou jakosti vody.

Vyjímkou je rozpuštěný kyslík, který prakticky nereagoval na způsobenou změnu a jeho koncentrace stagnovaly. Druhou vyjímkou je  $N-NO_3$ , který naopak doznal mírné snížení koncentrací.

U všech indikátorů, u kterých došlo k mírnému zvýšení hodnot (ale i u  $N-NO_3$ ) však došlo k nárůstu (u  $N-NO_3$  ke snížení) již v r. 2003, tedy přibližně 2 roky před uvedením ČOV do zkušebního provozu. Následná funkce čistírny pak není na zvýšených koncentracích patrná, v některých případech došlo pouze k větší fluktuaci hodnot a k destabilizaci. K viditelnému snížení ale vlivem čistírny nedošlo ani u jednoho indikátoru.

	Datum začátku intervalu pro výpočet tříd jakosti vody					
	1.6.1995	9.4.2001	14.4.2003	8.11.2004	23.1.2006	21.1.2008
D. Třebonín						
O <sub>2</sub>	3	4	4	3	3	4
BSK <sub>5</sub>	4	3	5	4	5	4
CHSKCr	3	3	3	5	5	4
TOC		3	5	5	5	3
k	2	2	3	2	2	2
N-NH <sub>4</sub>	4	5	5	5	4	5
N-NO <sub>3</sub>	5	5	3	3	4	4
$P_c$	5	4	5	5	5	5

Tab. č. 123: Třídy jakosti vody v Třebonínském potoce dle ČSN 75 7221. Červeně zvýrazněno období zkušebního provozu.

### 3.1.5 Tochovice

ZVHS zahájila pravidelný monitoring na Modřejce pod obcí Tochovice 18. 4. 2001 a bez jakéhokoli přerušení ho vedla do 3. 3. 2008, kdy byl přerušen.

Zkušební provoz na čistírně v Tochovicích byl spuštěn 15. 12. 2003 a kolaudace ČOV proběhla 2. 1. 2006, od kdy je počítán provoz jako normální. Analýzy vzorků z ČOV je k dispozici od 25. 1. 2007 do 3. 12. 2009. Z předchozího období (tedy ze zkušebního a počátku normálního provozu) nejsou k dispozici z důvodu ztráty. Vzorkování bylo prováděno velmi občasně a nepravidelně, pravidelná měsíční data jsou pouze u průtoků.

Statistické hodnoty průtoků, ČOV Tochovice					hodnoty v l/s	
minimum	maximum	průměr	medián	90% percentil	95% percentil	
0,55	1,88	0,94	0,86	1,28	1,62	

Tab. č. 124 Statistické hodnoty průtoků, ČOV Tochovice

Počet měření sledovaných indikátorů včetně výjimek je uveden v následující tabulce:

období	počet měření	výjimečné počty měření
		O <sub>2</sub>
před	33	32
během	24	
po	27	
1. po	12	
2. po	12	
3. po	3	

Tab. č. 125: Počet měření, Tochovice

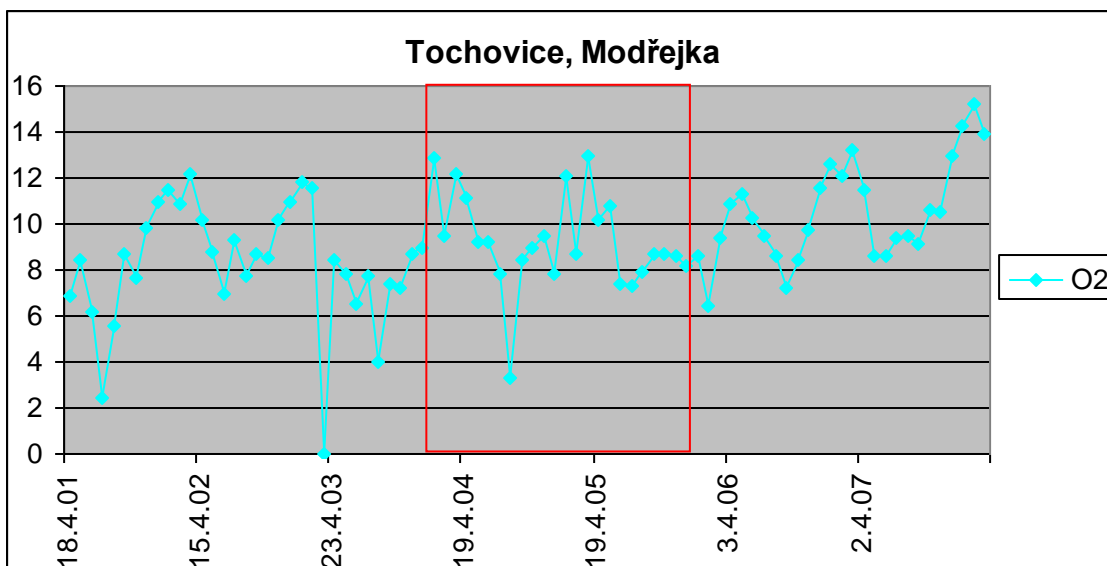
### Rozpuštěný kyslík (O<sub>2</sub>)

Statistické charakteristiky rozpuštěného kyslíku za sledované období v Tochovicích ukazuje výborné výsledky – jak před spuštěním čistírny, tak po jejím uvedení do provozu. V období s čistírnou navíc již tak vysoké hodnoty ještě stouply.

	Tochovice, O <sub>2</sub>			hodnoty v mg O <sub>2</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	2,46	3,3	6,4	6,4	8,6	13,9
max.	12,2	13	15,2	11,6	13,2	15,2
průměr	8,528	9,229	10,519	9,325	10,725	14,467
medián	8,615	8,85	10,3	9,45	10,55	14,3
90%per.	11,45	12,17	13,48	11,26	12,96	15,02
95%perc.	11,69	12,795	14,18	11,435	13,09	15,11

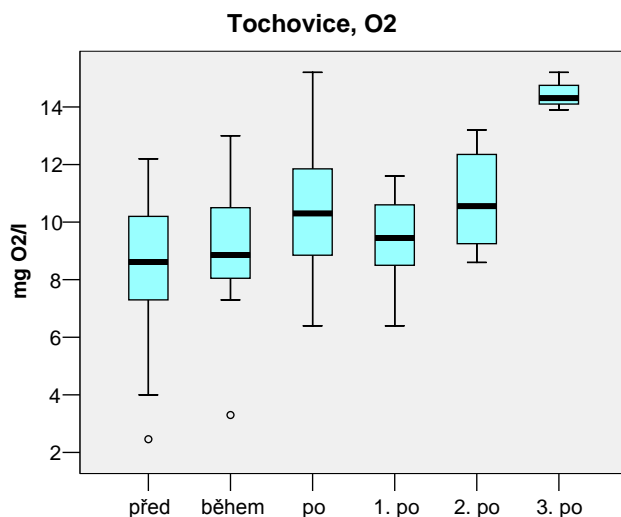
Tab. č. 126: Statistické hodnoty, Tochovice, O<sub>2</sub>

Absolutní naměřené hodnoty O<sub>2</sub> potvrzují značně vysoké koncentrace tohoto indikátoru. Po uvedení ČOV do provozu navíc dochází k postupnému nárůstu hodnot, přičemž viditelný rozdíl nastává v 1. roce normálního provozu, zkušební provoz evidentně koncentrace příliš nezvýšil. Stále je zachován tradiční roční chod hodnot s letními minimy. Extrémní minima byla eliminována. Závislost rozpuštěného kyslíku na průtoku vyčištěné odpadní vody z čistírny je značná – korelační koeficient dosahuje -0,76.



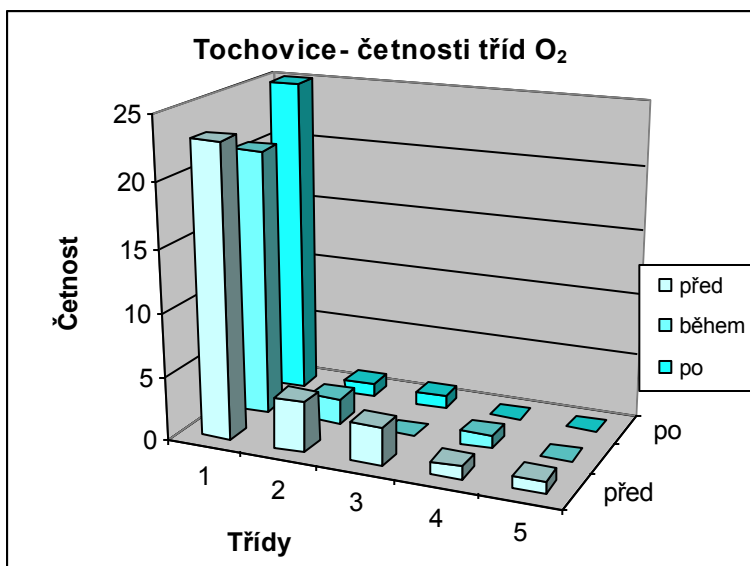
Obr. č. 158 Absolutní hodnoty  $O_2$  v mg/l, Tochovice

Boxplotové zobrazení dokládá jak značné zvýšení mediánů, tak zvýšení minim a eliminaci extrémních minim. Odlehlý boxplot 3. roku normálního provozu je způsoben malým počtem měření (3) v zimním období, kdy dochází k měření maxim.



Obr. č. 159: Zastoupení koncentrací  $O_2$  v jednotlivých obdobích, Tochovice

Zařazení měřených hodnot do intervalů charakterizujících třídy jakosti vody potvrzuje výborný stav (z hlediska  $O_2$ ) Modřejky. Vzrůst zastoupení 1. třídy o více jak 20% spolu s naprostou eliminací sporadicky zastoupené 4. a 5. třídy je viditelné zlepšení již tak dobrého stavu.



Obr. č. 160: Četnosti tříd O<sub>2</sub>, Tochovice

Tochovice, Modřejka, O <sub>2</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	23	4	3	1	1
%	71,88	12,50	9,38	3,13	3,13
během	21	2	0	1	0
%	87,50	8,33	0,00	4,17	0,00
po ČOV	25	1	1	0	0
%	92,59	3,70	3,70	0,00	0,00

Tab. č. 127: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření O<sub>2</sub> dle tříd jakosti vody, Tochovice

Velmi dobrý stav v toku byl umocněn dalším zvýšením koncentrací O<sub>2</sub> po uvedení čistírny do provozu. Nastalá změna se dá charakterizovat jako obecné zvýšení hodnot a eliminace velmi nízkých měření.

### Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní (BSK<sub>5</sub>)

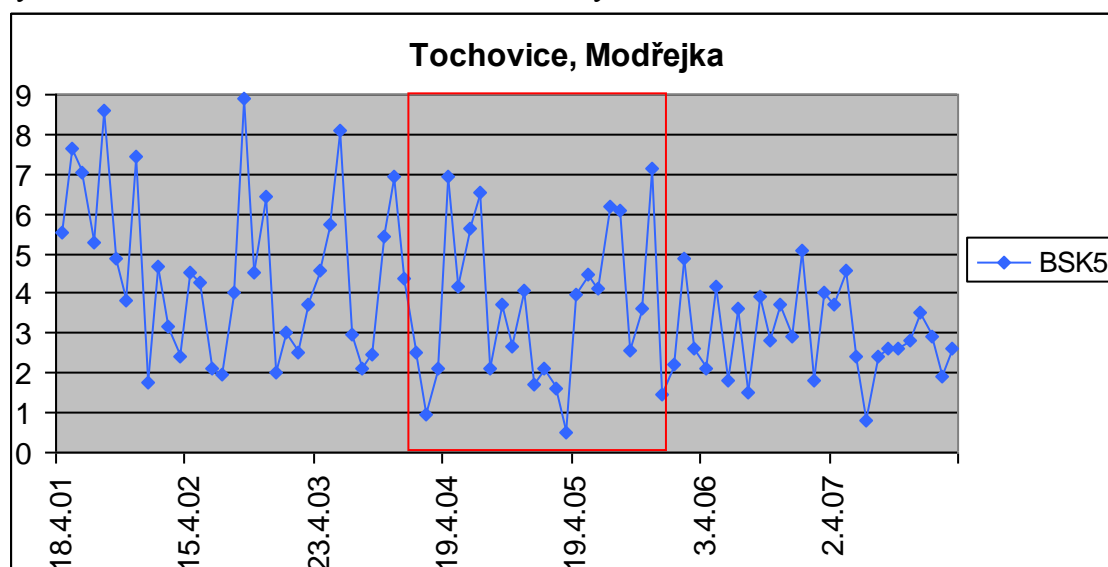
Statistické vyjádření změny BSK<sub>5</sub> po postavení čistírny vyznívá pozitivně. Došlo k výraznému snížení hodnot, což potvrzují všechny zvolené statistiky. Mírné snížení ve zkušebním provozu je následováno dalším snížením v normálním provozu, kdy oba dva roky vykazují velkou podobnost.

	Tochovice, BSK <sub>5</sub>			hodnoty v mg BSK <sub>5</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	1,78	0,499	0,8	1,5	0,8	1,9
max.	8,91	7,14	5,1	4,89	5,1	2,9
průměr	4,631	3,623	2,959	3,016	3,025	2,467
medián	4,53	3,665	2,8	2,85	2,7	2,6
90%per.	7,588	6,424	4,336	4,134	4,54	2,84
95%perc.	8,284	6,877	4,803	4,4885	4,825	2,87

Tab. č. 128: Statistické hodnoty, Tochovice, BSK<sub>5</sub>

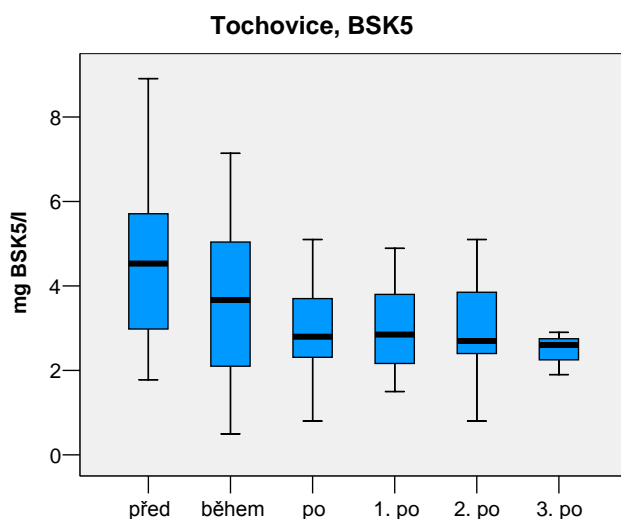
Na průběhu absolutních hodnot je patrné několikanásobné snížení hodnot. První snížení nastalo v r.2001, následováno relativně vyššími hodnotami. Zkušební provoz také

vykazuje mírné snížení a razantní snížení nastává v normálním provozu – jedná se zvláště o výrazné snížení maxim a konsolidaci naměřených hodnot.



Obr. č. 161: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> v mg/l, Tochovice

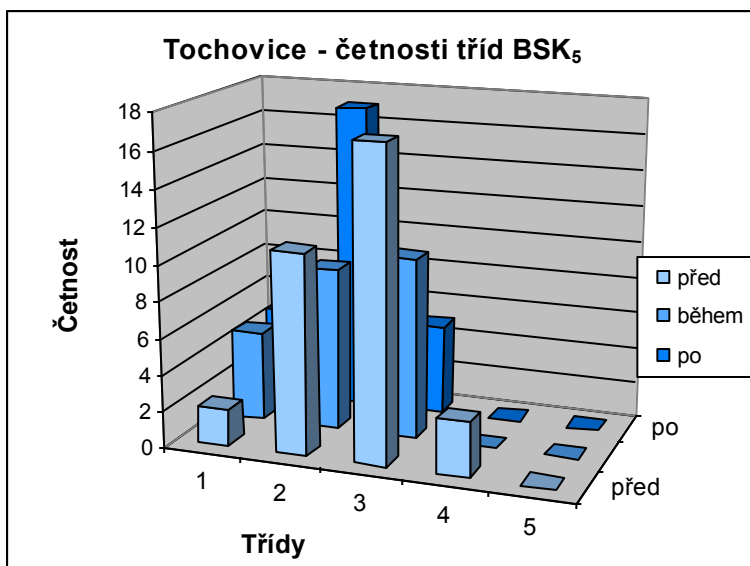
Boxplotový diagram potvrzuje značné snížení hodnot zejména v normálním provozu. Ve zkušebním provozu je patrné obecné snížení veškerých hodnot, přičemž variabilita zůstává prakticky stejná. Redukce vyšších hodnot v normálním provozu pod úroveň horního kvartilu v období před čistírnou je velmi výrazná. Velká je i redukce variability měření.



Obr. č. 162: Zastoupení koncentrací BSK<sub>5</sub> v jednotlivých obdobích, Tochovice

Snížení koncentrací dokládá i grafické znázornění přiřazení naměřených hodnot do intervalů tříd jakosti vody. Poloviční zastoupení hodnot ve třetí třídě je v normálním provozu zlepšeno nadpolovičním (téměř 63%) zastoupením v 2. třídě a naprostou eliminací 4. třídy.



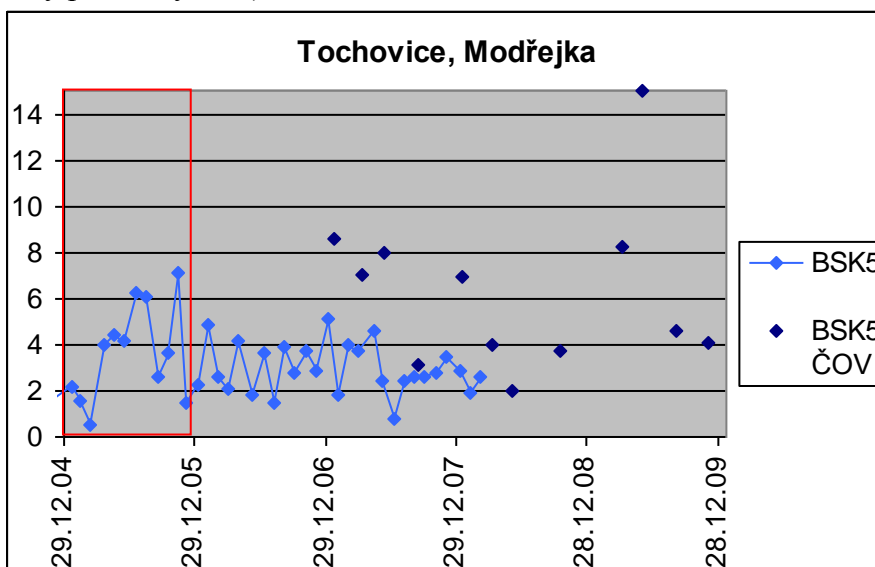


Obr. č. 163: Četnosti tříd BSK<sub>5</sub>, Tochovice

Tochovice, Modřejka, BSK <sub>5</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	2	11	17	3	0
%	6,06	33,33	51,52	9,09	0,00
během	5	9	10	0	0
%	20,83	37,50	41,67	0,00	0,00
po ČOV	5	17	5	0	0
%	18,52	62,96	18,52	0,00	0,00

Tab. č. 129: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření BSK<sub>5</sub> dle tříd jakosti vody, Tochovice

Vliv koncentrací BSK<sub>5</sub> ve vodě z ČOV na koncentrace téhož v toku je vzhledem ke sporadickým datům složité určit. Korelační koeficient sice vychází 0,4, signifikance je ale slabá a závislost koncentrací BSK<sub>5</sub> v toku na průtoku vody z čistírny je také velmi malá – korelační koeficient má hodnotu 0,231 (závislost BSK<sub>5</sub>ČOV na průtoku vyčištěné odpadní vody prakticky není).



Obr. č. 164: Absolutní hodnoty BSK<sub>5</sub> a BSK<sub>5</sub>ČOV v mg BSK<sub>5</sub>/l, Tochovice

Provoz čistírny v Tochovicích měl z hlediska BSK<sub>5</sub> kladný vliv na kvalitu vody v Modřeji. Zároveň s celkovým snížením hodnot datovaného do období normálního provozu došlo i k velkému snížení variability. Koncentrace BSK<sub>5</sub> byly na relativně dobré úrovni již v období bez čistírny, po jejím uvedení do provozu se tak stav ještě zlepšil (63% měření bylo v intervalu 2. třídy jakosti vody).

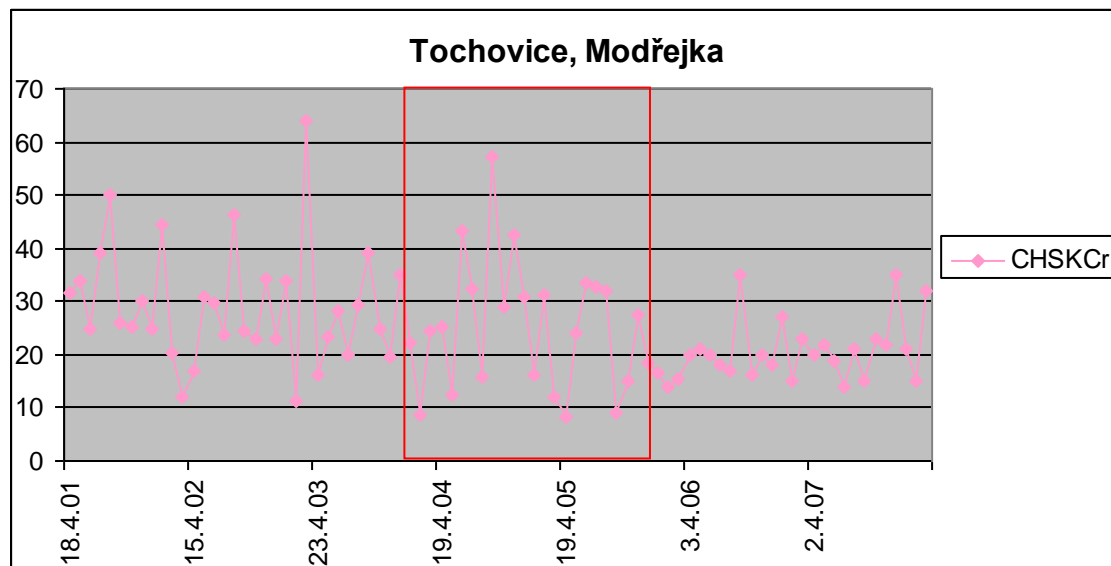
### Chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>Cr</sub>)

Stejně jako u předchozích indikátorů je i u CHSK<sub>Cr</sub> patrné snížení koncentrací po uvedení čistírny do provozu. Mírné snížení ve zkušebním provozu bylo následováno razantnějším snížením v normálním provozu, který se jeví již jako ustálený (v pozorovatelném období). Výrazně byly sníženy zejména maxima a vyšší hodnoty (viz oba percentily).

Tochovice, CHSK <sub>Cr</sub>			hodnoty v mg CHSK <sub>Cr</sub> / l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	11,2	8,2	14	14,1	14	15
max.	64	57,1	35	35	35	32
průměr	29,108	25,15	20,56	19,258	21,333	22,667
medián	26,15	24,8	20	18	21,5	21
90%per.	43,3	39,94	29	21,08	26,6	29,8
95%perc.	47,72	43,21	34,1	27,41	30,6	30,9

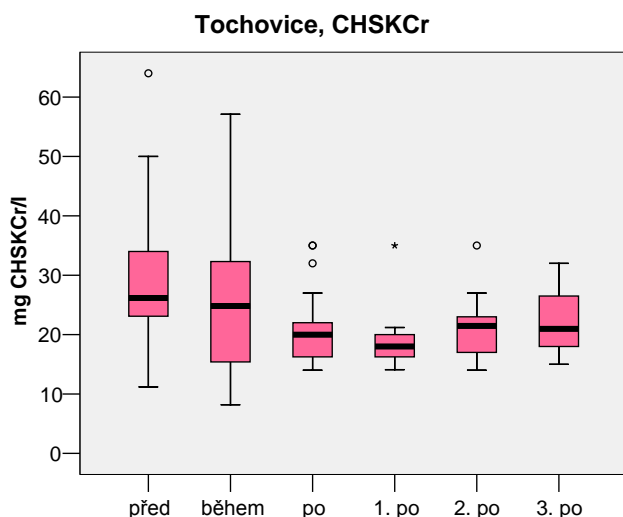
Tab. č. 130: Statistické hodnoty, Tochovice, CHSK<sub>Cr</sub>

Průběh absolutních hodnot ukazuje razantní snížení hodnot související s normálním provozem čistírny. Zkušební provoz je také charakterizován mírným poklesem nižších hodnot, variabilita měření je však stále vysoká. Oproti tomu normální provoz je zajímavý zejména díky značné konsolidaci měření s výrazně malým rozsahem hodnot.



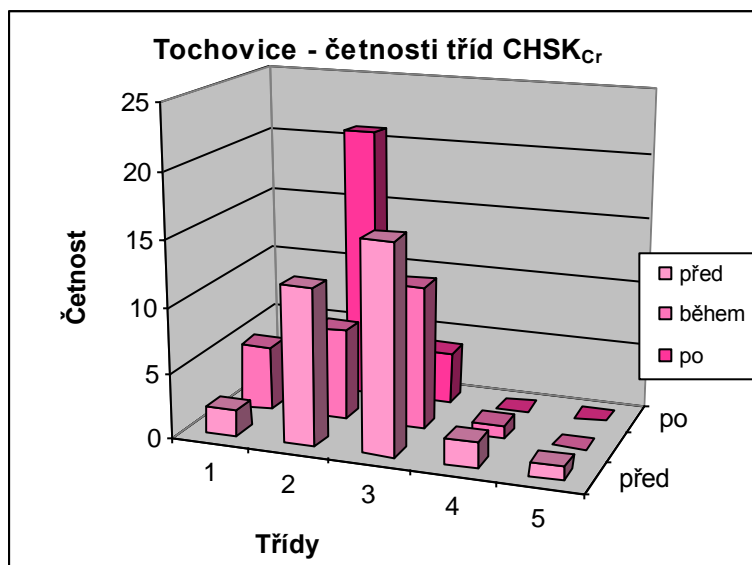
Obr. č. 165: Absolutní hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> v mg/l, Tochovice

Boxplotový diagram potvrzuje výrazné snížení hodnot v normálním provozu čistírny. Zkušební provoz doznal mírného snížení současně se vzrůstem variability měření. Normální provoz je charakterizován výrazným snížením absolutních hodnot a zároveň velkým snížením variability měření.



Obr. č. 166: Zastoupení koncentrací CHSK<sub>Cr</sub> v jednotlivých obdobích, Tochovice

Přiřazení naměřených hodnot k intervalům tříd jakosti vody také potvrzuje zlepšení situace z hlediska CHSK<sub>Cr</sub> po uvedení čistírny do provozu. Stav koncentrací byl sice již před postavením čistírny dobrý, dále se ovšem zlepšil. Prakticky nastal přesun 39% měřených hodnot z 3., 4. a 5. třídy do 2. třídy a tím i naprostá eliminace zmíněné 4. a 5. třídy.

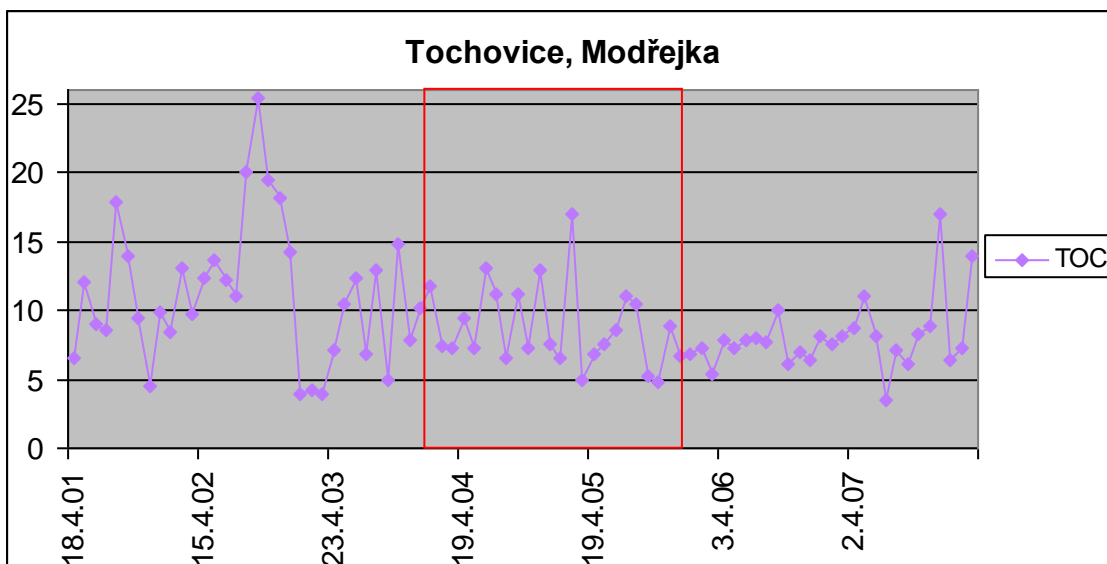


Obr. č. 167: Četnosti tříd CHSK<sub>Cr</sub>, Tochovice

Tochovice, Modřejka, CHSK <sub>Cr</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	2	12	16	2	1
%	6,06	36,36	48,48	6,06	3,03
během	5	7	11	1	0
%	20,83	29,17	45,83	4,17	0,00
po ČOV	2	21	4	0	0
%	7,41	77,78	14,81	0,00	0,00

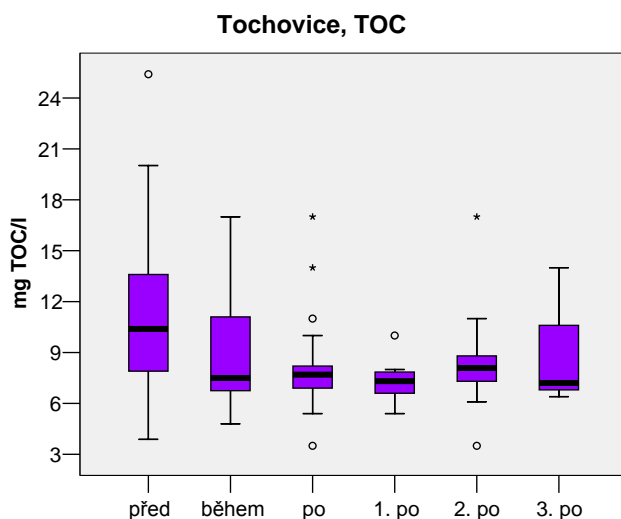
Tab. č. 131: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření CHSK<sub>Cr</sub> dle tříd jakosti vody, Tochovice





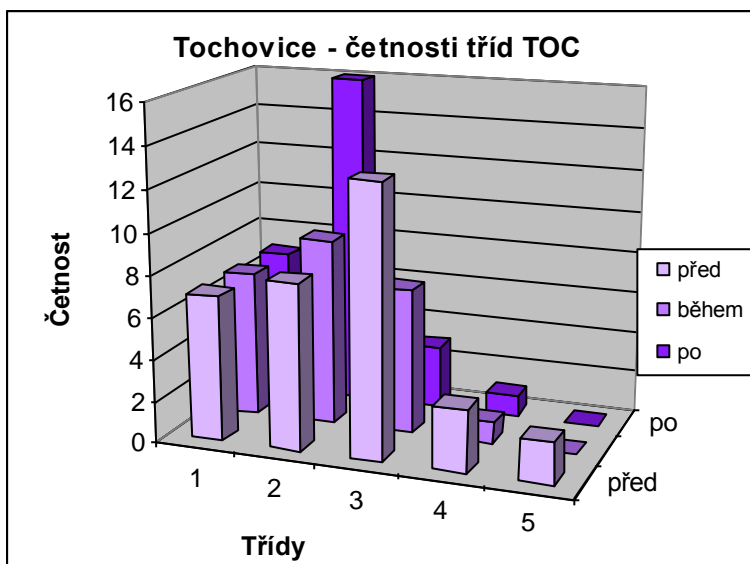
Obr. č. 168: Absolutní hodnoty TOC v mg/l, Tochovice

Boxplotové zobrazení potvrzuje výrazné snížení jak absolutních hodnot měření, tak variability. Variabilita sice od počátku normálního provozu opět vzrůstá, mediánové hodnoty jednotlivých let normálního provozu jsou však relativně stabilní.



Obr. č. 169: Zastoupení koncentrací TOC v jednotlivých obdobích, Tochovice

Graf přiřazených měření k jednotlivých třídám jakosti vody potvrzuje snížení TOC po postavení čistírny. 1. a 2. třída zaznamenaly nárůst téměř o 40 %, nejhůře hodnocené 4. a 5. třídy naopak snížily zastoupení měření více jak o 11 %, přičemž u 5. třídy došlo k celkové eliminaci.



Obr. č. 170: Četnosti tříd TOC, Tochovice

Tochovice, Modřejka, TOC					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	7	8	13	3	2
%	21,21	24,24	39,39	9,09	6,06
během	7	9	7	1	0
%	29,17	37,50	29,17	4,17	0,00
po ČOV	7	16	3	1	0
%	25,93	59,26	11,11	3,70	0,00

Tab. č. 133: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření TOC dle tříd jakosti vody, Tochovice

U TOC je patrné jasné zlepšení související s funkcí čistírny. Mírné snížení je sice patrné již zhruba rok před spuštěním zkušebního provozu, k dalšímu snížení pak došlo při jeho přechodu do normálního provozu. Zřetelný je též výrazný pokles variability měření, který měl za následek přesun měření v rámci tříd jakosti vody směrem do nižších tříd.

### Konduktivita ( $\kappa$ )

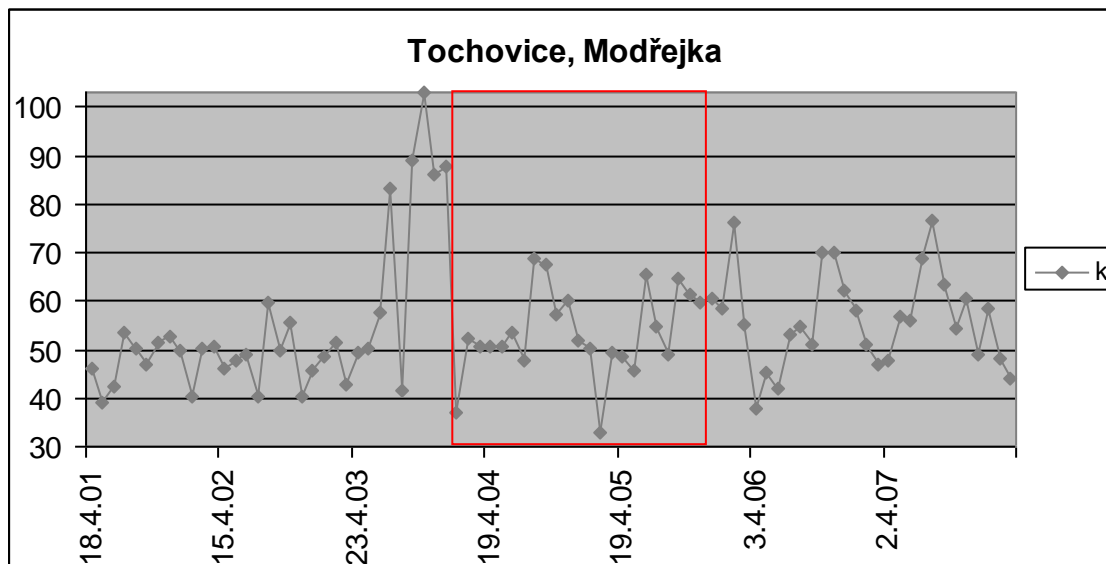
Ukazatele hodnot  $\kappa$  potvrzují po uvedení čistírny do provozu mírné zvýšení. V posledním zaznamenaném, tedy 3. roce normálního provozu sice hodnoty poklesly, ale pouze na původní úroveň a počet měření ve 3. roce je nízký. Během celého provozu jinak docházelo k nárůstu středních hodnot, u vyšších hodnot však došlo naopak k poklesu.

	Tochovice, $\kappa$			hodnoty v mS/m		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	39	32,8	37,9	37,9	47	44,09
max.	103	68,7	76,76	76,2	76,76	58,27
průměr	54,479	53,771	56,164	56,317	57,497	50,227
medián	49,9	52,1	55,3	55	56,37	48,32
90%per.	85,5	65,2	69,92	70,07	68,419	56,28
95%perc.	88,14	67,115	74,37	72,845	72,47	57,275

Tab. č. 134: Statistické hodnoty, Tochovice,  $\kappa$

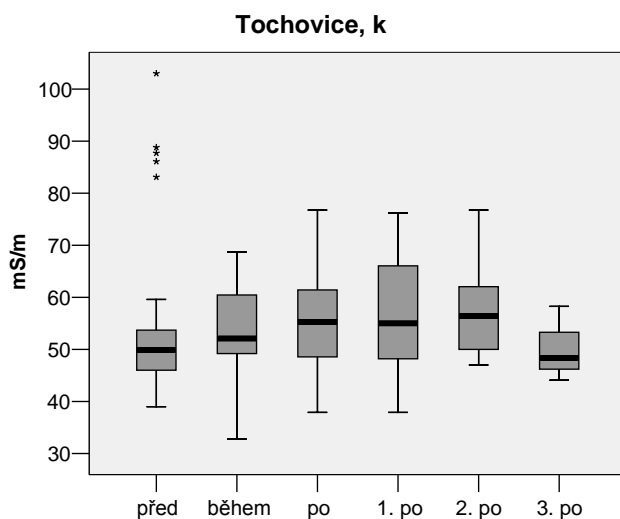
Graf absolutních hodnot osvětluje situaci lépe než statistické ukazatele. Zřetelné je výrazné zvýšení hodnot zhruba ½ roku před spuštěním čistírny, které ovlivnilo vybrané

statistické ukazatele. Budou-li tyto hodnoty opominuty, je zřejmé, že provoz čistírny naopak přispěl ke zvýšení hodnot i jejich variability. V průběhu provozu pak není pozorován výrazný trend hodnot.



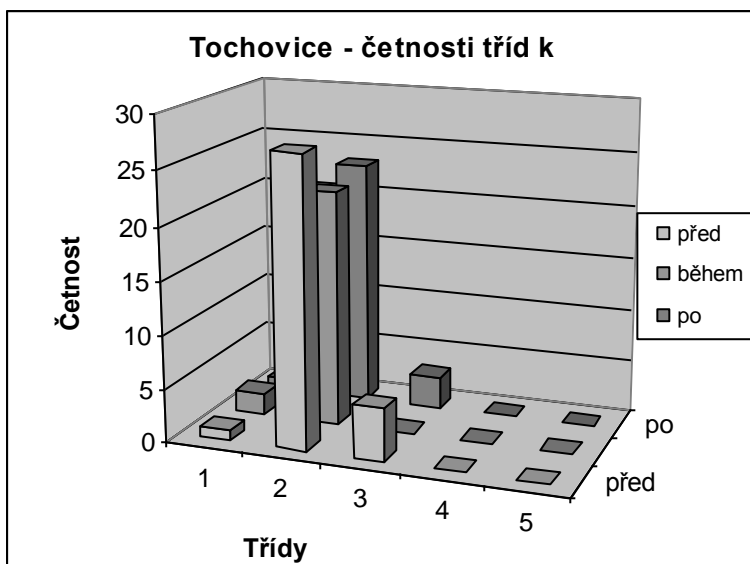
Obr. č. 171: Absolutní hodnoty  $\kappa$  v mS/m, Tochovice

Znázornění hodnot  $\kappa$  pomocí boxplotů potvrzuje nárůst ve zvolených obdobích. 3. rok normálního provozu nelze brát jako určující vzhledem k nízkému počtu měření. I přes relativně velký nárůst hodnot i variability měření lze stále považovat indikátor jako celek na nízké absolutní úrovni.



Obr. č. 172: Zastoupení koncentrací  $\kappa$  v jednotlivých obdobích, Tochovic.

Rozdělení měření do intervalů tříd jakosti vody potvrzuje jak nízkou absolutní úroveň sledovaného indikátoru, tak malý pohyb hodnot. Veškeré změny v zastoupení tříd jsou velmi malé a představují pouze přesun 4 % měření z 3. do 2. třídy. Absence měření v rámci 4. a 5. třídy potvrzuje nízké celkové hodnoty  $\kappa$ .



Obr. č. 173: Četnosti tříd κ, Tochovice

Tochovice, Modřejka, κ					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	1	27	5	0	0
%	3,03	81,82	15,15	0,00	0,00
během	2	22	0	0	0
%	8,33	91,67	0,00	0,00	0,00
po ČOV	1	23	3	0	0
%	3,70	85,19	11,11	0,00	0,00

Tab. 135: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření κ dle tříd jakosti vody, Tochovice

Po postavení čistírny v Tochovicích došlo k mírnému nárůstu hodnot κ. Zvýšení hodnot i variability bylo sice patrné a může být dáno do souvislostí s provozem čistírny, celkově je však velmi nízké, proto téměř veškeré hodnoty spadají do intervalu 2. stupně třídy jakosti vody a to po celou dobu sledování.

#### Amoniakální dusík (N-NH<sub>4</sub>)

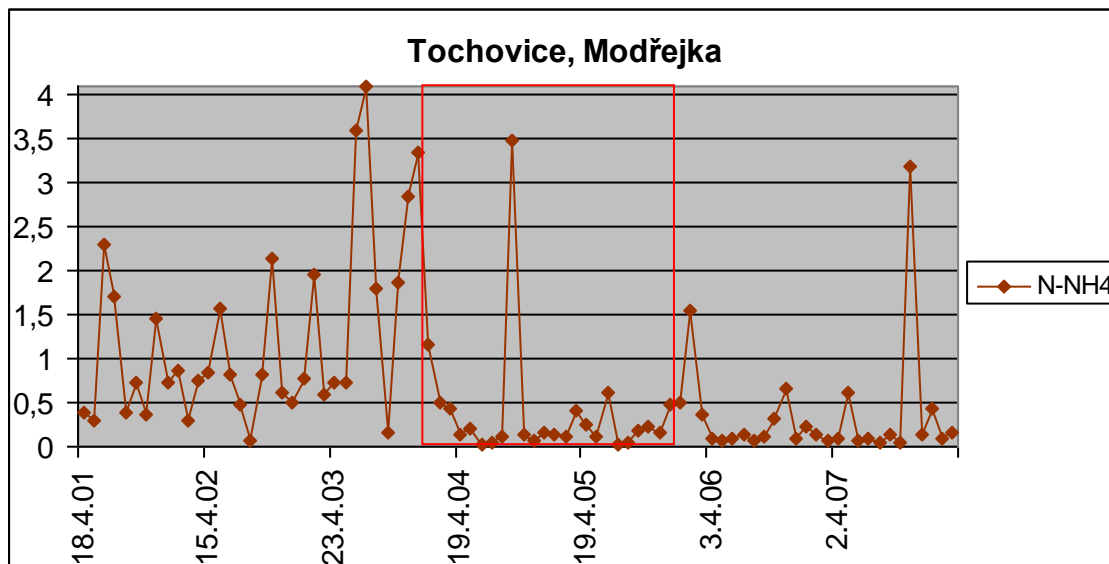
Statistika měření N-NH<sub>4</sub> ukazuje výrazné snížení již během zkušebního provozu doprovázené dalším mírným snížením v normálním provozu. Rozdíl mezi mediány a průměry naznačuje větší kumulaci měření u vyšších hodnot, důležitějším zjištěním je ale razantní snížení celkových hodnot.

	Tochovice, N-NH <sub>4</sub>			hodnoty v mg N-NH <sub>4</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,07	0,03	0,04	0,07	0,04	0,1
max.	4,09	3,48	3,2	1,56	3,2	0,43
průměr	1,230	0,386	0,354	0,338	0,403	0,227
medián	0,777	0,165	0,13	0,13	0,105	0,15
90%per.	2,738	0,58	0,632	0,634	0,58	0,374
95%perc.	3,44	1,0775	1,287	1,0595	1,781	0,402

Tab. č. 136: Statistické hodnoty, Tochovice, N-NH<sub>4</sub>

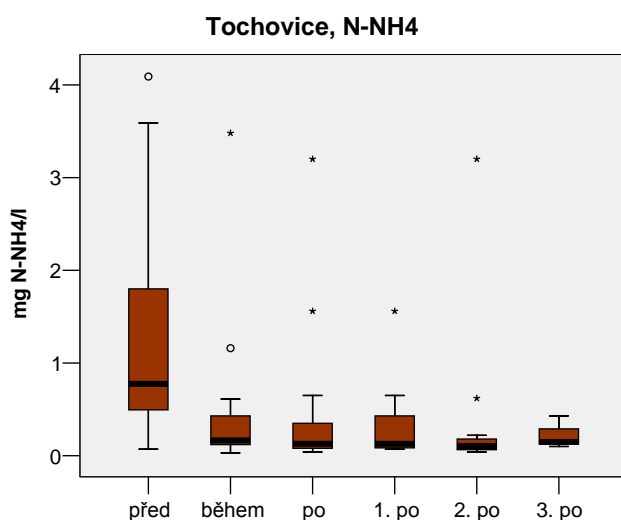


Absolutní hodnoty zachycené v grafu potvrzují jasně patrné snížení hodnot  $N-NH_4$  související s provozem čistírny. Právě na tomto grafu je zřetelné nejen absolutní snížení, ale i velmi výrazné snížení variability měření.



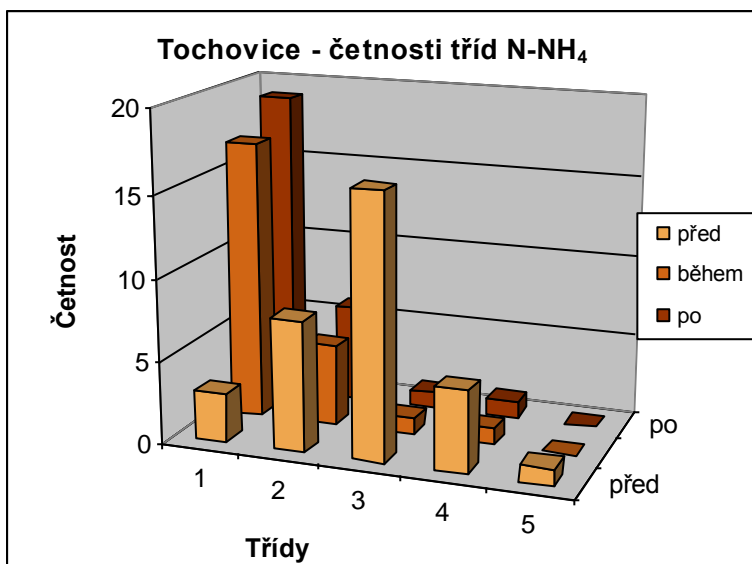
Obr. č. 174: Absolutní hodnoty  $N-NH_4$  v mg/l, Tochovice

Boxploty také potvrzují velmi značné snížení měřených hodnot i variability. Od uvedení ČOV do provozu je navíc snížení trvalé a nevykazuje známky přílišných změn. Extrémní hodnoty jsou měřeny max. 1x ročně a nepřesahují hodnoty 4. třídy jakosti.



Obr. č. 175: Zastoupení koncentrací  $N-NH_4$  v jednotlivých obdobích, Tochovice

Graf naměřených hodnot přiřazených intervalům tříd jakosti vody také ukazuje snížení hodnot  $N-NH_4$  prostřednictvím razantního přesunu zastoupení z 3. do 1. třídy, která tak počty měření zvýšila o více než 61 %. Snížení 3., 4. a 5. třídy představuje necelých 60 % a prakticky znamená jejich eliminaci.

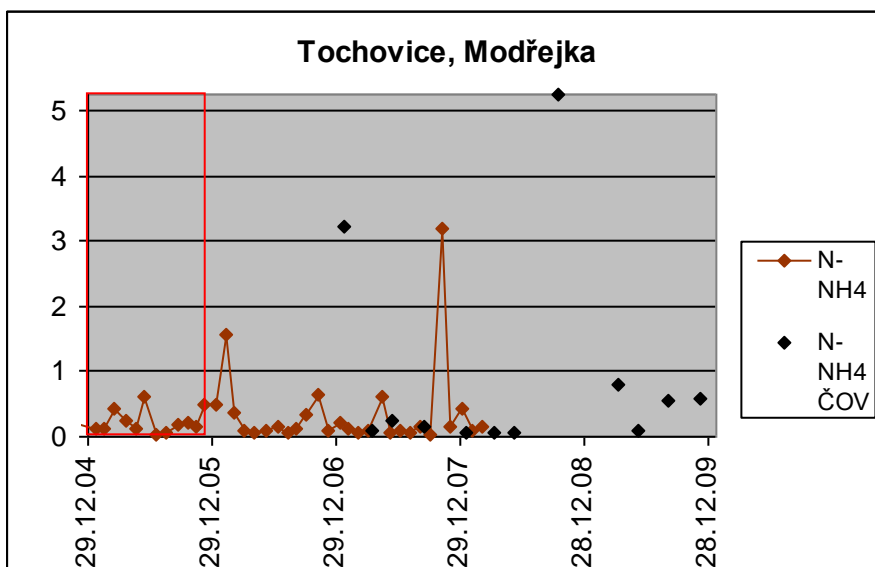


Obr. č. 176: Četnosti tříd N-NH<sub>4</sub>, Tochovice

Tochovice, Modřejka, N-NH <sub>4</sub>					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	3	8	16	5	1
%	9,09	24,24	48,48	15,15	3,03
během	17	5	1	1	0
%	70,83	20,83	4,17	4,17	0,00
po ČOV	19	6	1	1	0
%	70,37	22,22	3,70	3,70	0,00

Tab. č. 137: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NH<sub>4</sub> dle tříd jakosti vody, Tochovice

Graf hodnot N-NH<sub>4</sub> v toku a z odtoku ČOV je zatížen malým počtem měření. Vzhledem k celkovým hodnotám N-NH<sub>4</sub> ČOV lze vysoké hodnoty (nad 1mg/l) považovat za ojedinělé, nicméně jistě ovlivňující stav recipientu. Velmi slabá závislost byla prokázána pouze u koncentrací N-NH<sub>4</sub> v toku a průtoku vyčištěné OV z ČOV – korelační koeficient má hodnotu 0,399.



Obr. č. 177: Absolutní hodnoty N-NH<sub>4</sub> a N-NH<sub>4</sub> ČOV v mg N-NH<sub>4</sub> /l, Tochovice

Snížení hodnot N-NH<sub>4</sub> po postavení čistírny je zcela zřetelné a velké. Většina hodnot se přesunula ze 3., 4. a 5. třídy jakosti do 1. třídy. Zároveň s hodnotami došlo i k razantnímu omezení variability, extrémní hodnoty jsou měřeny velmi zřídka a dosahují relativně nízké úrovně. Vliv čistírny na N-NH<sub>4</sub> je jasně pozitivní.

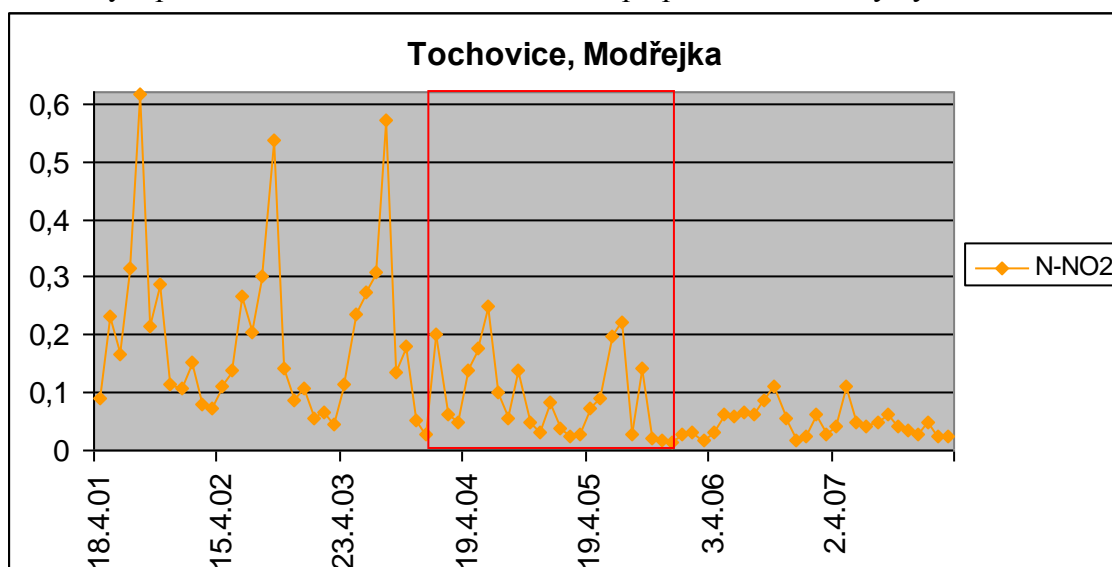
### Dusitanový dusík (N-NO<sub>2</sub>)

Na statistickém přehledu N-NO<sub>2</sub> je patrné snížení související se spuštěním ČOV. Výrazné snížení ve zkušební provozu bylo následováno dalším, již mírnějším snížením v provozu normálním.

Tochovice, N-NO <sub>2</sub>			hodnoty v mg N-NO <sub>2</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,028	0,014	0,019	0,019	0,024	0,023
max.	0,618	0,248	0,11	0,11	0,11	0,048
průměr	0,194	0,093	0,048	0,052	0,048	0,032
medián	0,141	0,068	0,042	0,056	0,042	0,024
90%per.	0,313	0,201	0,074	0,086	0,064	0,043
95%perc.	0,55	0,217	0,103	0,098	0,085	0,046

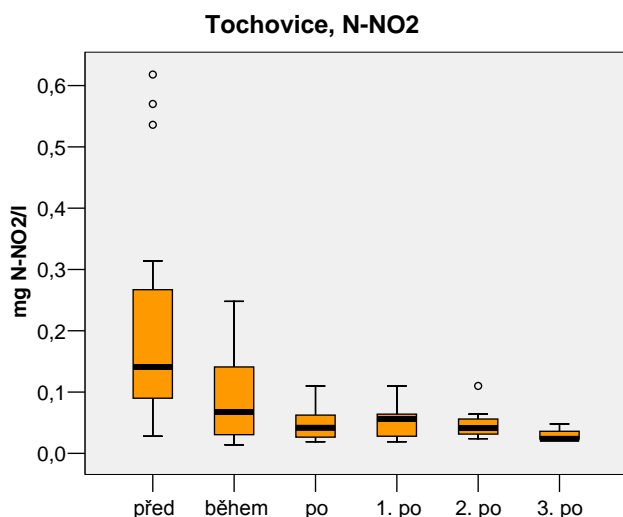
Tab. č. 138: Statistické hodnoty, Tochovice, N-NO<sub>2</sub>

Absolutní hodnoty zachycené v grafu potvrzují statistické zhodnocení – razantní snížení nastává při uvedení čistírny do zkušební provozu a na jeho konci dochází k dalším snížení přecházejícího do normálního provozu, kdy je výrazně snížena i variabilita měření. Monitoring před postavením čistírny je také charakteristický ročním chodem hodnot s maximy v pozdním létě. Tento chod hodnot se po postavení čistírny vytrácí.



Obr. č. 178: Absolutní hodnoty N-NO<sub>2</sub> v mg/l, Tochovice

Boxploty N-NO<sub>2</sub> potvrzují dvoustupňové snížení vázané na zkušební a normální provoz, ve kterém se navíc výrazně snížila i variabilita měření. Mediánové hodnoty jsou pak již od zkušební provozu relativně stabilní.



Obr. č. 179: Zastoupení koncentrací N-NO<sub>2</sub> v jednotlivých obdobích, Tochovice

I u N-NO<sub>2</sub> je patrné výrazné snížení měřených hodnot a to ve dvou stupních vázané na začátek zkušebního a normálního provozu, kdy navíc dochází i k výraznému omezení variability měření. Roční chod patrný v období bez čistírny se po jejím uvedení do provozu vytrácí.

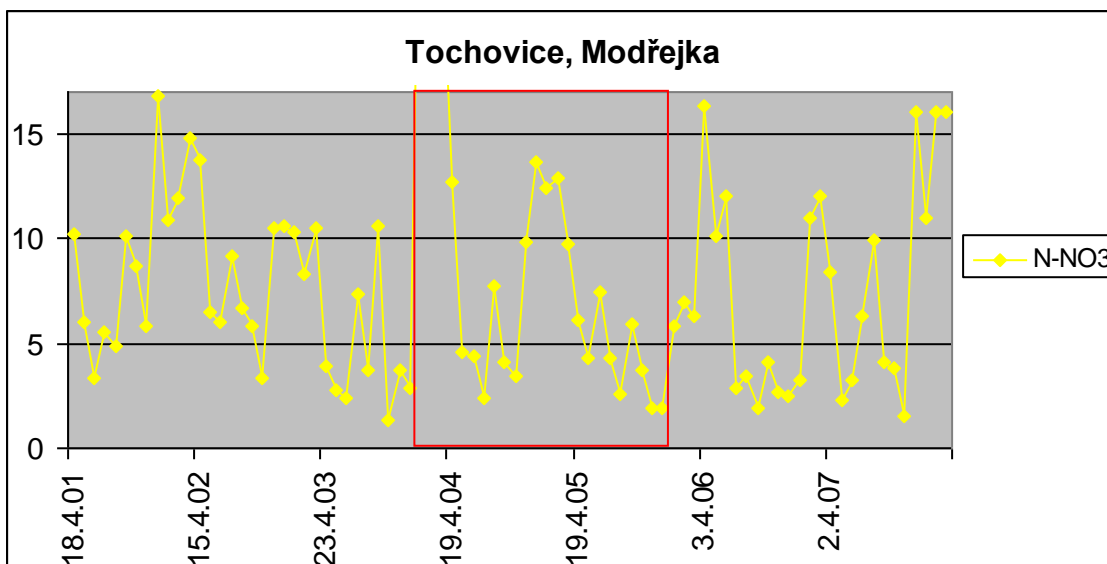
### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Statistické ukazatele naměřených hodnot N-NO<sub>3</sub> vykazují pouze mírnou změnu. V období zkušebního provozu jsou veškeré okrajové hodnoty zvýšené, ale jejich medián je naopak snížen. V období normálního provozu také došlo ke snížení mediánů a méně i u průměrů, u ostatních ukazatelů však zůstávají hodnoty pozoruhodně na totožné výši.

Tochovice, N-NO <sub>3</sub>			hodnoty v mg N-NO <sub>3</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	1,38	1,91	1,5	1,9	1,5	11
max.	16,8	30,2	16,3	16,3	16	16
průměr	7,552	8,923	7,396	6,250	6,808	14,333
medián	6,73	6,005	6,3	4,95	5,2	16
90%perc.	11,694	20,84	16	11,81	11,9	16
95%perc.	14,204	23,9	16	13,935	13,8	16

Tab. č. 139: Statistické hodnoty, Tochovice, N-NO<sub>3</sub>

Graf absolutních hodnot potvrzuje mírné snížení po postavení čistírny, jedná se ale pouze o částečné snížení nižších hodnot a jejich vyšší zastoupení. Radikální změna po uvedení ČOV do provozu však u tohoto indikátoru nenastala.

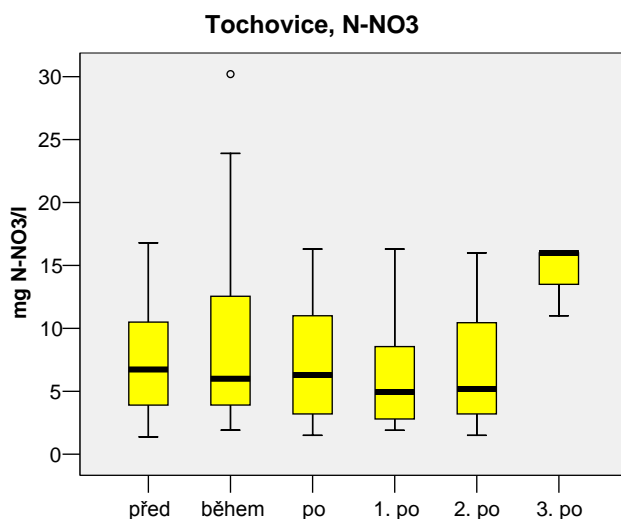


Obr. č. 180: Absolutní hodnoty  $N-NO_3$  v mg/l, Tochovice

Tochovice, $N-NO_3$ , nezobrazené hodnoty	datum	
	mg $N-NO_2$ /l	
19.1.04	16.2.04	15.3.04
30,2	23,9	23,9

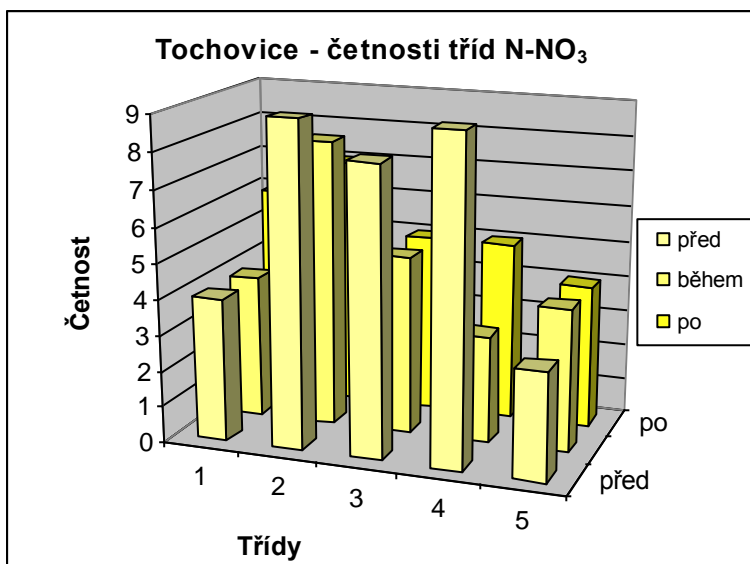
Tab. č. 140: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 180

Boxploty potvrzují pouze mírný pohyb hodnot – zřetelné je snížení mediánových hodnot po spuštění čistírny (celkové hodnocení „po“ je ovlivněno vysokými naměřenými hodnotami ve 3. roce normálního provozu, který však nelze vzhledem k malému počtu hodnot brát v úvahu rovnocenně s ostatními obdobími). V době zkušebního provozu je patrná zvýšená variabilita měření, ostatní změny však nejsou velké.



Obr. č. 181: Zastoupení koncentrací  $N-NO_3$  v jednotlivých obdobích, Tochovice

Graf přiřazených hodnot k intervalům tříd jakosti vody má značný rozptyl. Před postavením čistírny jsou sice 1. a 5. třída méně zastoupeny (12 a 9 %), po spuštění ČOV se sice více měření přesune do první, ale zároveň i do 5. třídy a měřené hodnoty jsou tak rovnoměrněji rozptýlené mezi třídami.



Obr. č. 182: Četnosti tříd N-NO<sub>3</sub>, Tochovice

Tochovice, Modřejka, N-NO <sub>3</sub>					
počty měření	třidy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	4	9	8	9	3
%	12,12	27,27	24,24	27,27	9,09
během	4	8	5	3	4
%	16,67	33,33	20,83	12,50	16,67
po ČOV	6	7	5	5	4
%	22,22	25,93	18,52	18,52	14,81

Tab. č. 140: Absolutní a relativní zastoupení počtů měření N-NO<sub>3</sub> dle tříd jakosti vody, Tochovice

U N-NO<sub>3</sub> není patrná jasná změna, kterou by bylo možno přisoudit provozu čistírny. Mírné snížení mediánů a zároveň rovnoměrnější rozdělení hodnot do všech 5 tříd nevypovídá o případném trendu.

### Dusičnanový dusík (N-NO<sub>3</sub>)

Statistika celkového fosforu poukazuje na snížení vztahující se k funkci čistírny. Již ve zkušebním provozu došlo k značnému snížení všech sledovaných ukazatelů a tyto snížené hodnoty se v následujícím období pouze málo změnily.

	Tochovice, P <sub>C</sub>			hodnoty v mg P <sub>C</sub> /l		
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,17	0,09	0,07	0,11	0,12	0,07
max.	3,5	1,42	0,63	0,63	0,62	0,23
průměr	0,834	0,300	0,276	0,279	0,308	0,14
medián	0,428	0,215	0,24	0,25	0,3	0,12
90%per.	2,012	0,482	0,466	0,408	0,532	0,208
95%perc.	2,684	0,844	0,599	0,509	0,582	0,219

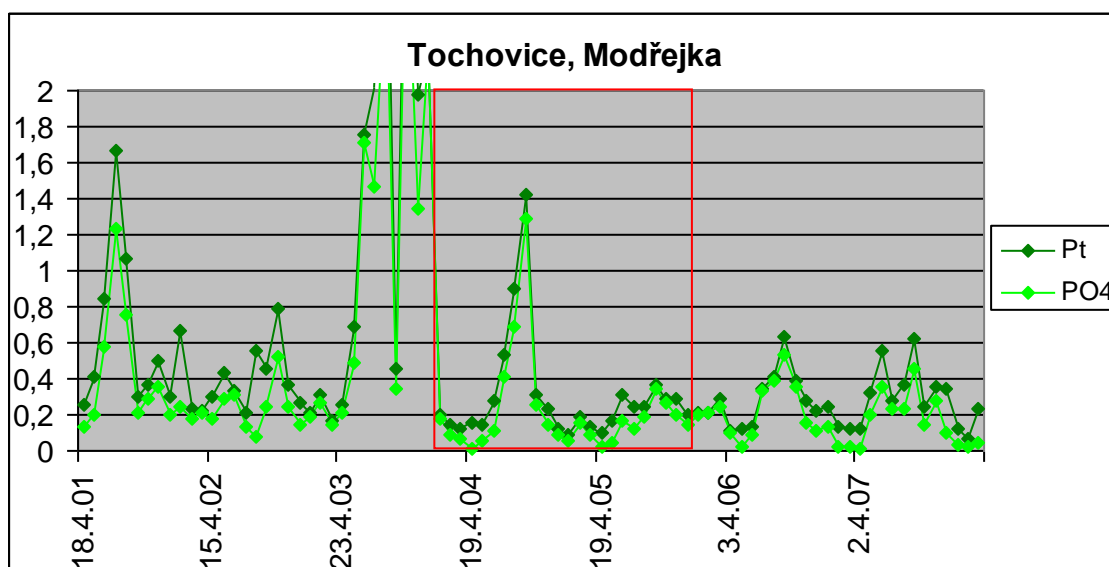
Tab. č. 141: Statistické hodnoty Tochovice, P<sub>C</sub>

Hodnocení P-PO<sub>4</sub> je v rámci změn prakticky identické s hodnocením celkového fosforu, což splňuje předpoklady podobnosti těchto dvou indikátorů.

Tochovice, P-PO <sub>4</sub>			hodnoty v mg P-PO <sub>4</sub> /l			
	před	během	po	1. po	2. po	3. po
min	0,08	0,01	0,009	0,02	0,009	0,02
max.	3	1,29	0,53	0,53	0,46	0,04
průměr	0,630	0,218	0,186	0,229	0,182	0,03
medián	0,27	0,145	0,16	0,205	0,17	0,03
90%per.	1,662	0,389	0,372	0,387	0,352	0,038
95%perc.	2,404	0,648	0,439	0,453	0,405	0,039

Tab. č. 142: Statistické hodnoty, Tochovice, P-PO<sub>4</sub>

Změny absolutních hodnot zachycené na grafech představuje zejména razantní zvýšení od pozdního jara r. 2003 do konce tohoto roku, tedy v období předcházející uvedení čistírny do provozu. Ve zkušebním provozu došlo k okamžitému poklesu a k velkému snížení variability, výjimkou bylo období zvýšených koncentrací v 1. létě zkušebního provozu. V normálním provozu se koncentrace obou sledovaných indikátorů opět mírně zvýšily spolu s variabilitou měření

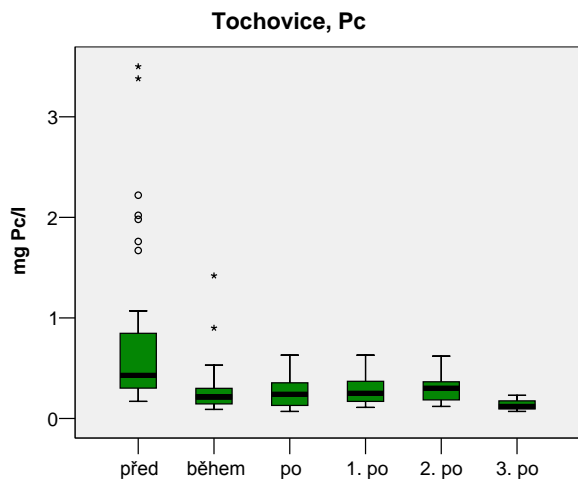


Obr. č. 183: Absolutní hodnoty P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub> v mg/l, Tochovice

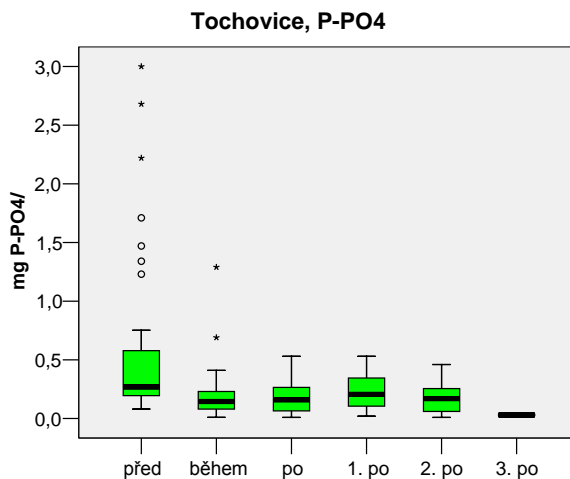
Tochovice, P <sub>C</sub> , P-PO <sub>4</sub> , nezobrazené hodnoty		datum	
		mg P <sub>C</sub> /l	
		mg P-PO <sub>4</sub> /l	
21.7.03	18.8.03	20.10.03	8.12.03
2,02	3,38	3,5	
	2,68	3	2,22

Tab. č. 143: Nezobrazené hodnoty na obr. č. 183

Boxplotová zobrazení potvrzují značné snížení hodnot P<sub>C</sub> i P-PO<sub>4</sub> ve spojitosti s uvedením čistírny do provozu. Výrazné snížení hodnot i variability ve zkušebním provozu je následováno mírným vzestupem (hodnot i variability) v normálním provozu, stále se však jedná o významný pokles.

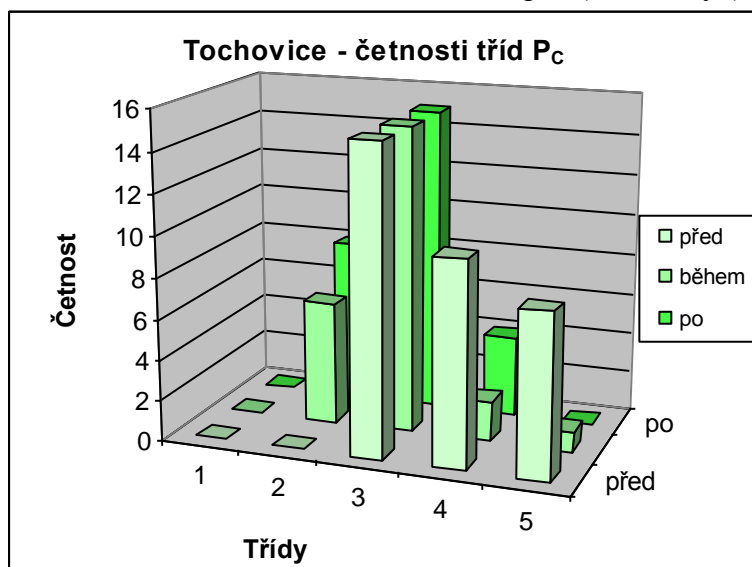


Obr. č. 184: Zastoupení koncentrací  $P_c$  v jednotlivých obdobích, Tochovice



Obr. č. 185: Zastoupení koncentrací  $P-PO_4$  v jednotlivých obdobích, Tochovice

Histogram třídám přiřazených naměřených hodnot potvrzuje snížení hodnot v normálním provozu přesunem 40 % měření ze 4. a 5. třídy (která byla tímto eliminována) do 2. (30 %, v období bez ČOV nezastoupena) a 3. třídy (10% přírůstek).



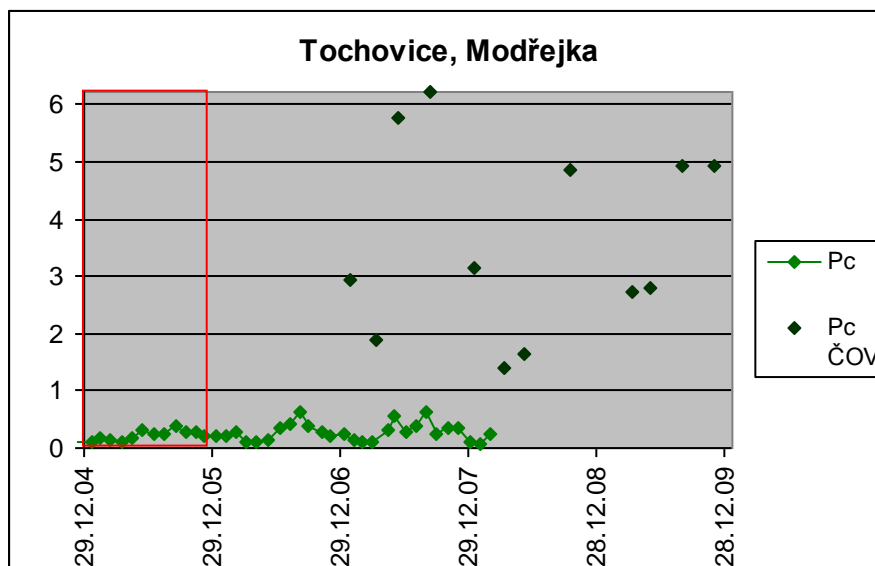
Obr. č. 186: Četnosti tříd  $P_c$ , Tochovice

Tochovice, Modřejka, $P_c$					
počty měření	třídy jakosti vody				
	I	II	III	IV	V
před ČOV	0	0	15	10	8
%	0,00	0,00	45,45	30,30	24,24
během	0	6	15	2	1
%	0,00	25,00	62,50	8,33	4,17
po ČOV	0	8	15	4	0
%	0,00	29,63	55,56	14,81	0,00

Tab. č. 144 : Absolutní a relativní zastoupení počtů měření  $P_c$  dle tříd jakosti vody, Tochovice



Souvislost mezi koncentracemi  $P_C$  odtékající z ČOV a v toku je znázorněná na grafu. Potvrzená je negativní závislost koncentrací fosforu v toku na průtoku z čistírny  $R$  dosahuje - 0,54, stejně tak jako koncentrací fosforu ve vyčištěné OV na průtoku z ČOV –  $R = - 0,601$ . Dalším vztahem je závislost koncentrací  $P_C$  v toku na  $O_2$  v toku ( $R = - 0,616$ ). Je také zcela zřejmé, že koncentrace fosforu ve vyčištěné odpadní vodě jsou velmi vysoké, odpovídají koncentracím v nečištěné splaškové vodě.



Obr. č. 187: Absolutní hodnoty  $P_C$  a  $P_C$  ČOV v  $mg P_C/l$ , Tochovice

U koncentrací  $P_C$  i  $P-PO_4$  je patrný pokles po postavení čistírny, který je na ni úzce navázán. Přesun 40 % měření ze 4. a 5. třídy a eliminace měření v nejhorší 5. třídě jasně potvrzují tento trend. Nejnižších hodnot bylo dosaženo ve zkušebním provozu, poté hodnoty opět mírně stouply, ale trend postupného zvyšování nebyl prokázán. Ovlivnění koncentrací fosforu v toku čistírnou je prokázáno, koncentrace fosforu ve vyčištěné OV jsou také velmi vysoké.

### Celkové hodnocení

Vliv nově postavené čistírny v Tochovicích na kvalitu vody v Modřejce je patrný a má vesměs pozitivní charakter. U některých indikátorů se změna kvality vody projevila v souvislosti se spuštěním čistírny a další nastala při uvedení čistírny do normálního provozu, u některých indikátorů došlo k pozorovatelné změně již zhruba necelý rok před spuštěním čistírny.

U organických látek reprezentovaných ukazateli rozp.  $O_2$  a  $BSK_5$  a u  $N-NO_2$  došlo k první vlně snížení koncentrací (u  $O_2$  samozřejmě zvýšení) již při spuštění zkušebního provozu. Při začátku normálního provozu pak došlo k dalšímu zlepšení. Při hodnocení pomocí tříd došlo u  $CHSK_{Cr}$  ke zlepšení o třídu (tedy při poměru nejvíce zastoupené třídy). U  $O_2$  byla i před spuštěním čistírny zastoupena prakticky pouze 1. třída. U  $N-NO_2$  došlo při spuštění čistírny k eliminaci ročního chodu koncentrací.

Další skupina s podobnými změnami je představována změnou zhruba rok před spuštěním zkušebního provozu. Náhlé zvýšení hodnot u  $N-NH_4$ ,  $P_C$  a  $P-PO_4$  bylo následováno snížením pod původní hodnoty ve zkušebním a dalším snížením hodnot v normálním provozu. Pouze u  $CHSK_{Cr}$  a  $TOC$  nedošlo k prvotnímu zvýšení, ale rovnou ke snížení měřených hodnot. I u těchto indikátorů došlo ke zlepšení „o třídu“ – u  $N-NH_4$  dokonce o 2 třídy a u  $P_C$  se změna projevila prakticky eliminací 4. a 5. třídy. U těchto dvou indikátorů také byla potvrzena slabá vazba na ČOV

U  $\kappa$  a  $N-NO_3$  je situace jiná – hodnoty  $\kappa$  se rok před spuštěním čistírny zvýšily a mírně zvyšující trend si udržely přes celé pozorované období, aniž by to ovšem přineslo změny v zastoupení jednotlivých tříd.  $N-NO_3$  však neproказuje žádný zřetelný trend změny hodnot. Velký rozptyl měření zachycuje všech 5 tříd velmi rovnoměrně, za změnu lze považovat pouze 10% nárůst zastoupení v 1. třídě, současně ale i téměř 6% nárůst v 5. třídě.

	Datum začátku intervalu pro výpočet tříd jakosti vody				
Tochovice	18.4.2001	15.4.2002	19.1.2004	9.1.2006	5.3.2007
O <sub>2</sub>	3	2	1	1	1
BSK <sub>5</sub>	3	3	3	3	2
CHSKCr	3	3	3	3	3
TOC	3	4	3	2	3
k	2	3	2	3	3
N-NH <sub>4</sub>	3	4	2	2	2
N-NO <sub>3</sub>	5	4	5	4	5
Pc	5	5	4	3	3

Tab. č. 145: Třídy jakosti vody v Černošínském potoce dle ČSN 75 7221. Červeně zvýrazněno období zkušebního provozu.

### 3.2 Trendy změn kvality vody v modelových povodích ve vazbě na ovlivňující faktory

Modelová povodí ukazují charakteristické rysy změn kvality vody v malých povodích, ke kterým dochází po výstavbě ČOV a jejím uvedení do provozu. Charakter celkových změn jakosti vody pokrývá prakticky celou škálu možných variant vývoje – od výrazného zlepšení, přes neutrální charakter až po zhoršení jakosti vody.

V rámci hodnocených povodí je zřetelný vliv nově postavené čistírny na kvalitu vody v recipientu nejvíce patrný v Čejkovicích. Charakter této změny má podobu obecně očekávaných výsledků, tedy výrazného zlepšení kvality vody a to ihned po uvedení ČOV do provozu. V tomto povodí došlo k poklesu nejen absolutních hodnot pozorovaných indikátorů, ale i jejich variability. Z pozorovaných toků právě zde dosahovala kvalita vody nejhorších hodnot a zároveň zde došlo k nejvýraznějšímu zlepšení.

Mírné zlepšení kvality vody v souvislosti s výstavbou ČOV je patrné i v případě Modřejky, kde byla zprovozněna čistírna v Tochovicích. Před spuštěním ČOV se jednalo o středně silně znečištěný tok. Kvalita vody se po jejím uvedení do provozu zlepšila jen částečně, koncentrace některých indikátorů poklesly ale i s ročním předstihem, jiné poklesly až v normálním provozu. Vliv čistírny na pokles koncentrací však je patrný.

Naproti tomu vliv nově postavené čistírny v Černošíně na Černošínský potok je velmi omezený. Hodnocení částečně ovlivňuje fakt, že již před postavením čistírny byl tento tok relativně málo znečištěný, přesto dílčí změny, které v povodí nastaly, nelze přímo vázat na výstavbu ČOV.

Reakce Bousovského potoka na zprovoznění čistírny v Dolním Bousově je rovněž mírná. U většiny sledovaných indikátorů došlo k mírnému zlepšení, u některých naopak ke zhoršení či vzhledem k velikosti změn lze situaci označit za stagnaci hodnot. Přímá reakce na spuštění čistírny nastala pouze u jednoho indikátoru, u části však ke změnám došlo zhruba již rok a půl před uvedením ČOV do zkušebního provozu. Již před vybudováním čistírny se nicméně jednalo o velmi silně znečištěný tok.

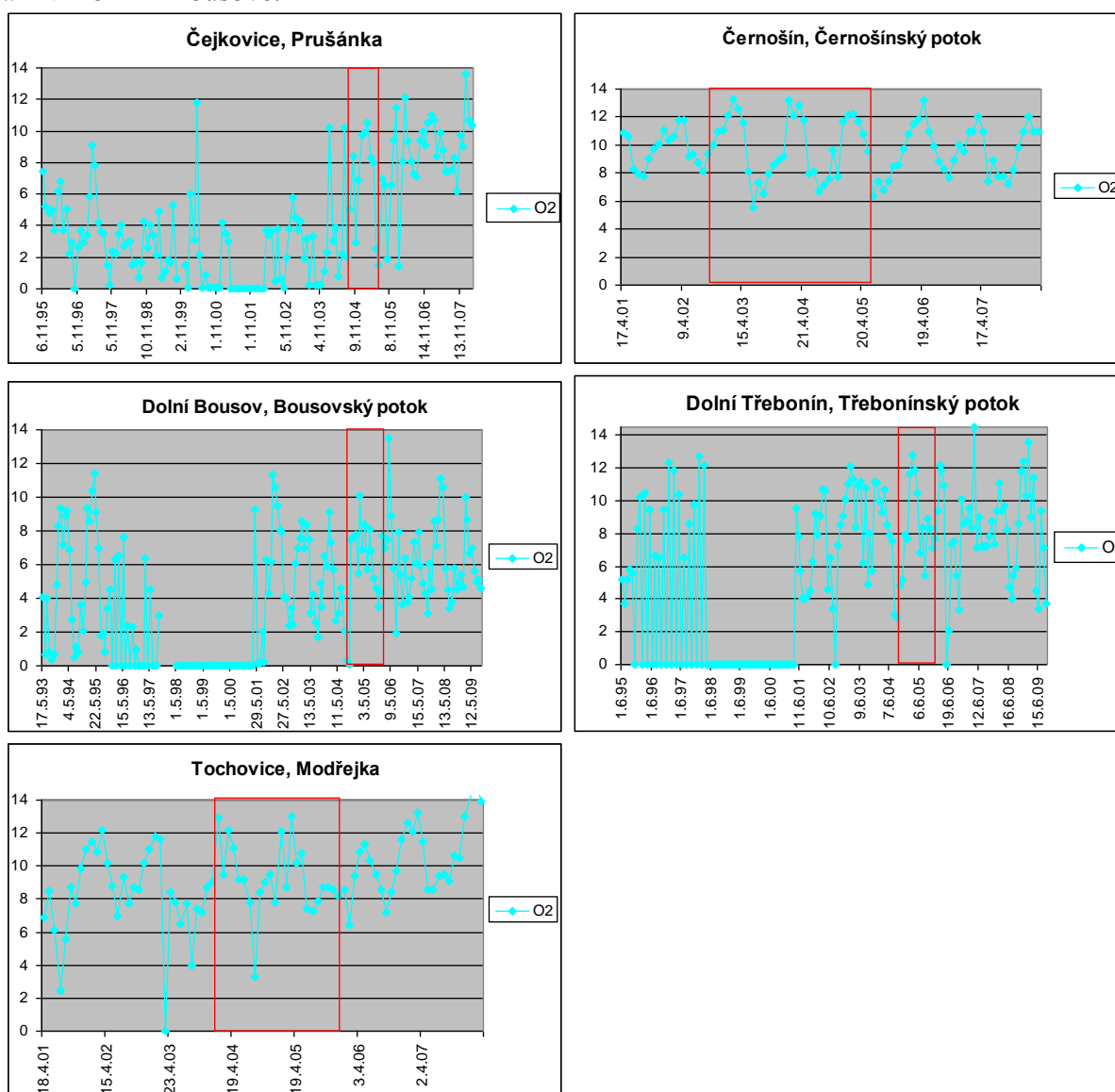
Souhrnné hodnocení změny kvality vody v Dolním Třeboníně z hlediska ovlivnění nově postavenou čistírnou odpadních vod lze označit za spíše negativní. Již před jejím spuštěním byl Třebonínský potok relativně silně znečištěný tok. U většiny sledovaných indikátorů byl v průběhu sledování zaznamenán mírný růst koncentrací, přičemž převažuje

zastoupení hodnot ve 3. a 4. třídě jakosti vody, což se většinou neliší od zastoupení měření před zbudováním čistírny. V některých případech však došlo ke změně hodnot přibližně 2 roky před spuštěním ČOV. Následná funkce čistírny pak není na zvýšených koncentracích patrná, v některých případech došlo pouze k větší fluktuaci a k destabilizaci hodnot. K výraznějšímu snížení ale vlivem čistírny nedošlo ani u jednoho indikátoru.

Rozdíly v trendech vývoje jsou dobře patrné při vyhodnocení jednotlivých sledovaných indikátorů jakosti vody.

### Rozpuštěný kyslík

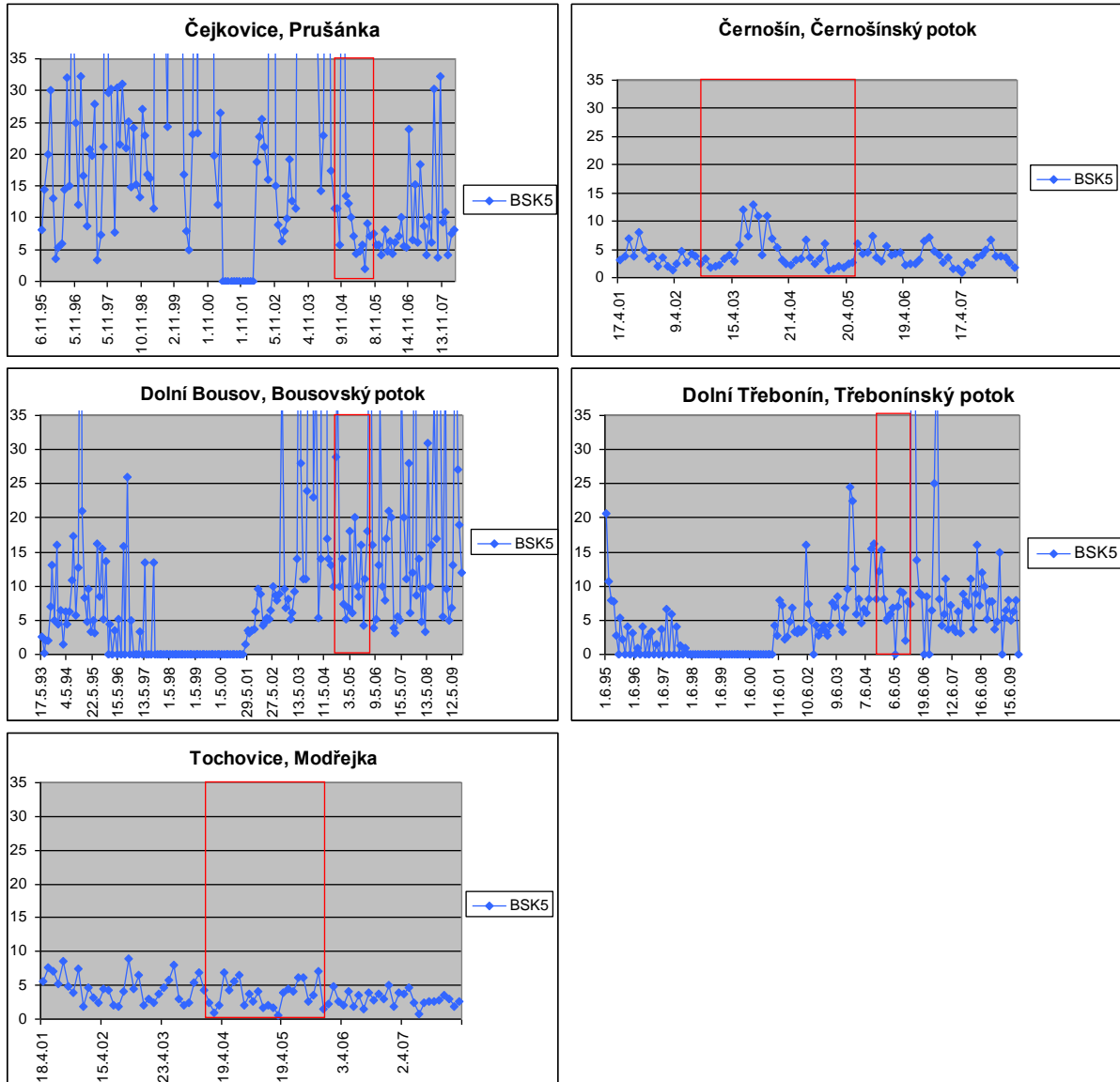
U koncentrací kyslíku je patrné rozdíly mezi jednotlivými sledovanými lokalitami. Nejlépe patrná změna je u velmi znečištěné Prušánky (Čejkovice), kdy se spolu s počátkem provozu v ČOV zvyšují i koncentrace rozpuštěného kyslíku. Statistické zlepšení stavu nastalo i u Dolního Bousova, výsledky jsou však ovlivněné velmi nízkými hodnotami v první fázi monitoringu, po přestávce jsou však koncentrace již vyšší. Zlepšení nastalo i v Modřejce, koncentrace  $O_2$  byly ale již před spuštěním na úrovni 1. třídy, z tohoto hlediska tak ke změně nedošlo. Změny související s ČOV nejsou zaznamenány v Černošíně, Dolním Třeboníně ale ani v Dolním Bousově.



Obr. č. 187 – 191: Upravené grafy absolutních hodnot  $O_2$  ve vybraných lokalitách

## BSK<sub>5</sub>

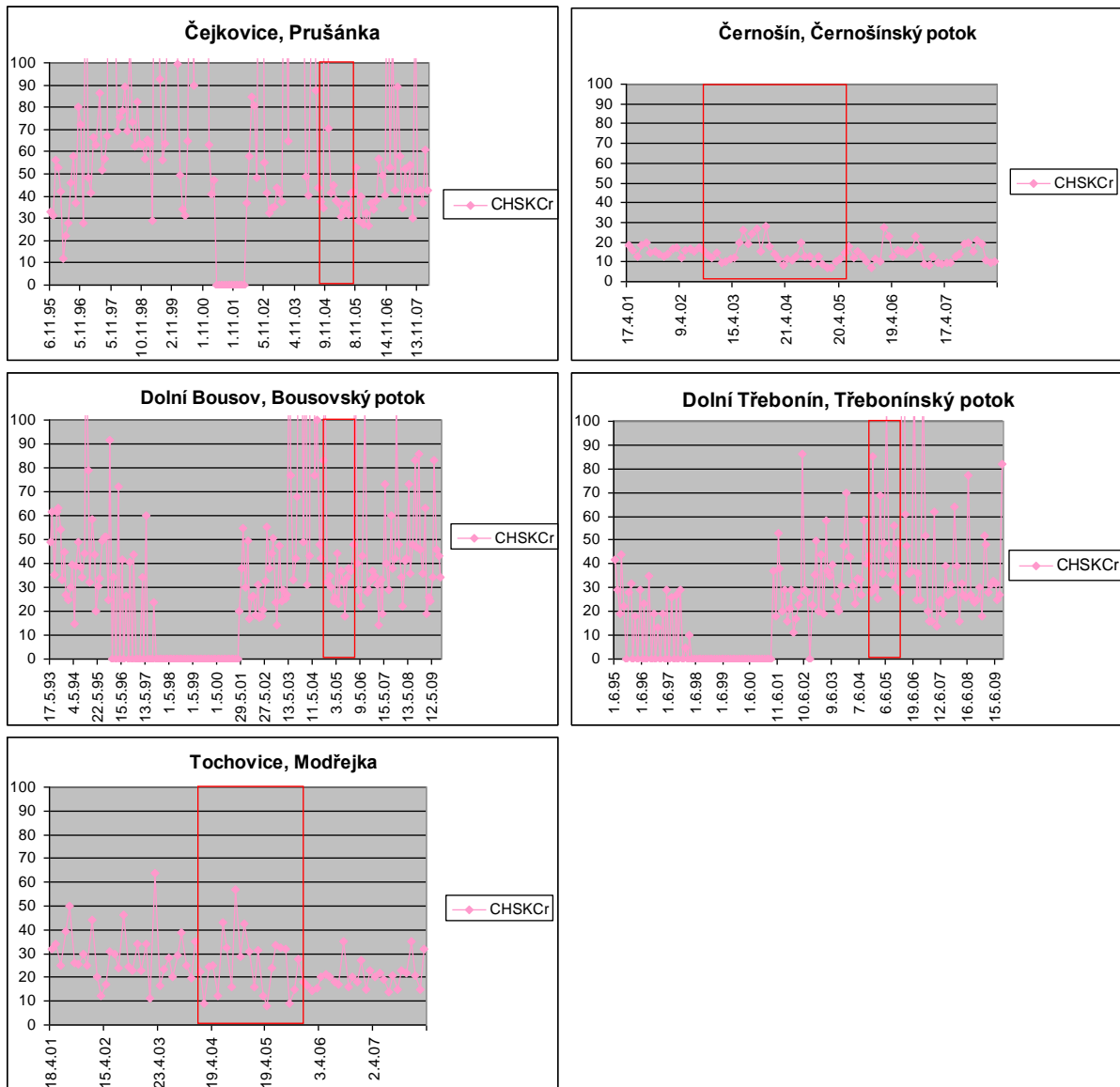
Naprosto zřetelná silná reakce na spuštění čistírny je opět patrná pouze v Čejkovicích. Pozvolnou mírnou změnu lze pozorovat i v Tochovicích. U ostatních lokalit není změna přímo vyvolaná fungováním čistírny zaznamenatelná – u tohoto hodnocení není brána v úvahu první fáze monitoringu (před pauzou) v Dolním Třeboníně, kdy byly hodnoty velmi nízké, jejich zvýšení v následné fázi monitoringu ale mělo jiný důvod než čištění odpadních vod.



Obr. č. 192 - 196: Upravené grafy absolutních hodnot BSK<sub>5</sub> ve vybraných lokalitách

## CHSK<sub>Cr</sub>

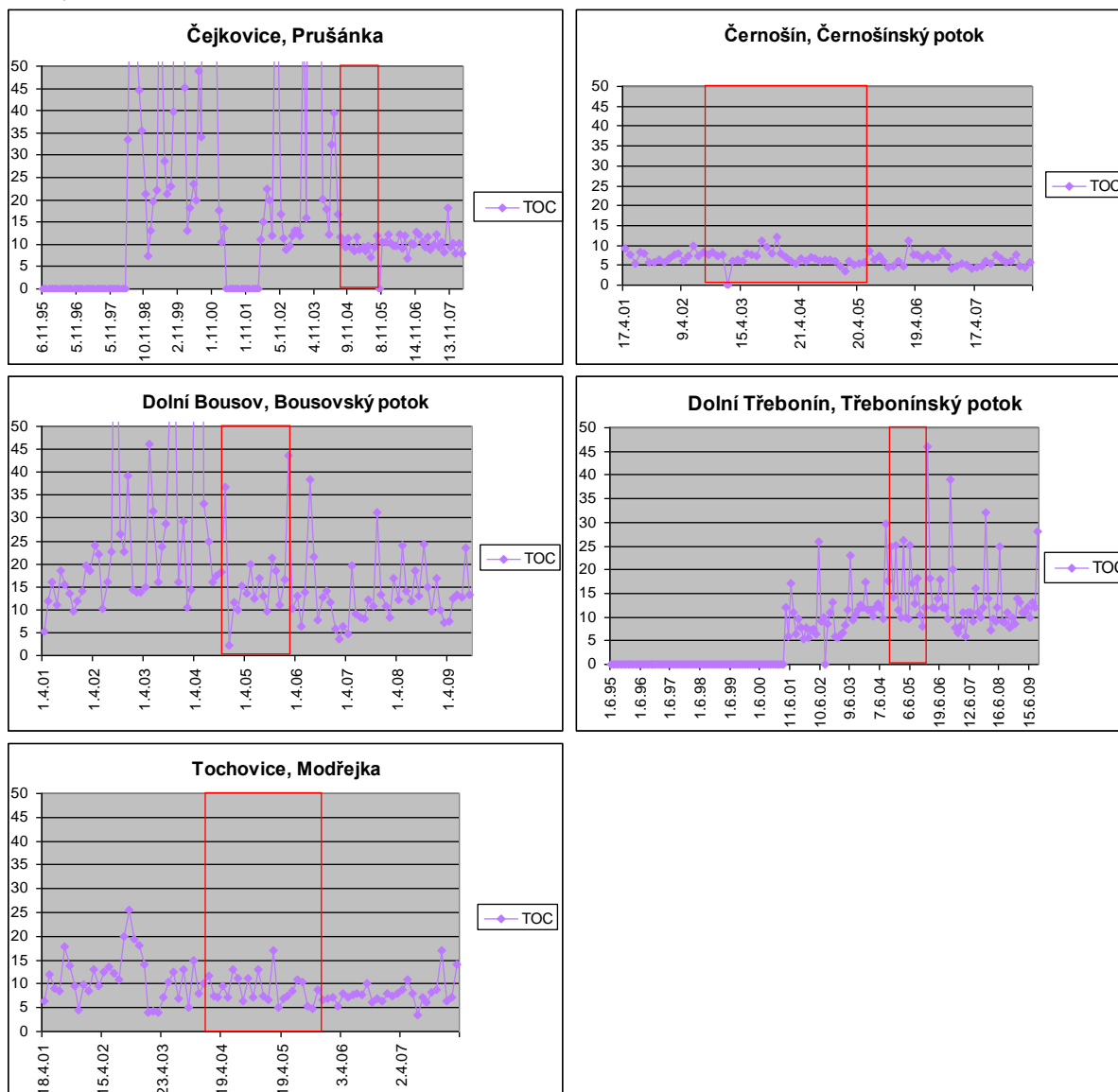
Výrazné snížení CHSK<sub>Cr</sub> jako reakce na spuštění provozu v čistírně je patrné v Čejkovicích, kde došlo i ke snížení variability. Podobný průběh má i zkušební provoz v Dolním Bousově, normální provoz již ale prakticky vliv čistírny nevykazuje. U relativně čistších toků (Černošínský potok a Modřejka) došlo po postavení čistírny k mírnému poklesu s rozdílnými trendy variability měření (u Černošína se zvýšila, v Tochovicích naopak snížila). V Dolním Třeboníně naopak došlo k mírnému zhoršení zvláště v začátku provozu ČOV, v dalších letech je situace prakticky stejná jako před jejím spuštěním, což je podobný stav jako v Dolním Bousově.



Obr. č. 197 – 201: Upravené grafy absolutních hodnot CHSK<sub>Cr</sub> ve vybraných lokalitách

## TOC

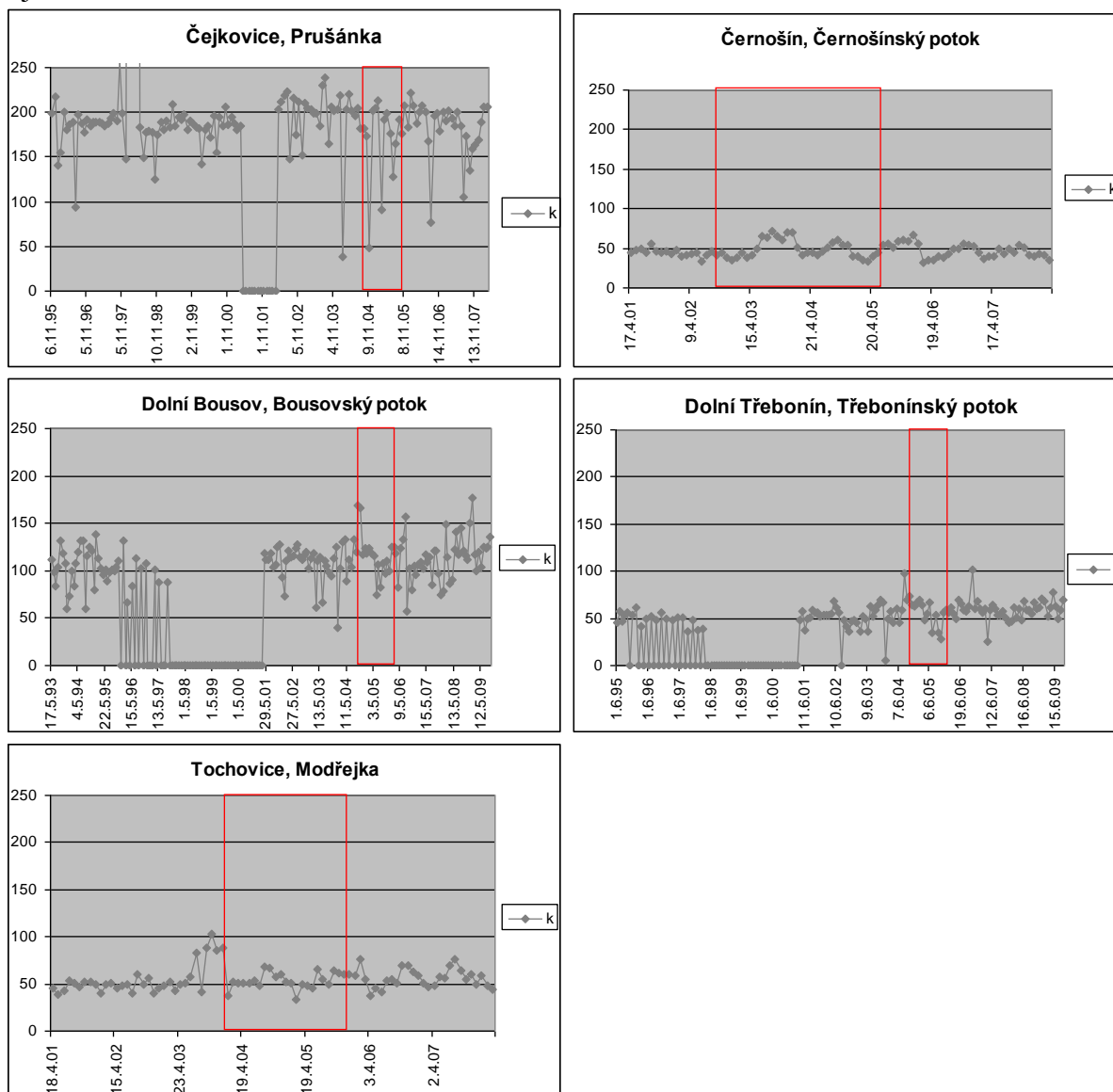
Koncentrace TOC se vlivem čistírny snížily zcela zřetelně v Čejkovicích a s menší intenzitou i v Dolním Bousově a v Tochovicích a to již při zavedení zkušebního provozu (u Tochovice více zřetelné až v normálním provozu). U všech těchto lokalit navíc došlo k velmi významnému snížení variability měření. Také v Černošíně došlo ke snížení TOC, variabilita měření tam ale naopak vzrostla. V Dolním Třeboníně došlo naopak k navýšení koncentrací TOC, variabilita se však nezměnila.



Obr. č. 202 - 206: Upravené grafy absolutních hodnot TOC ve vybraných lokalitách

## Vodivost

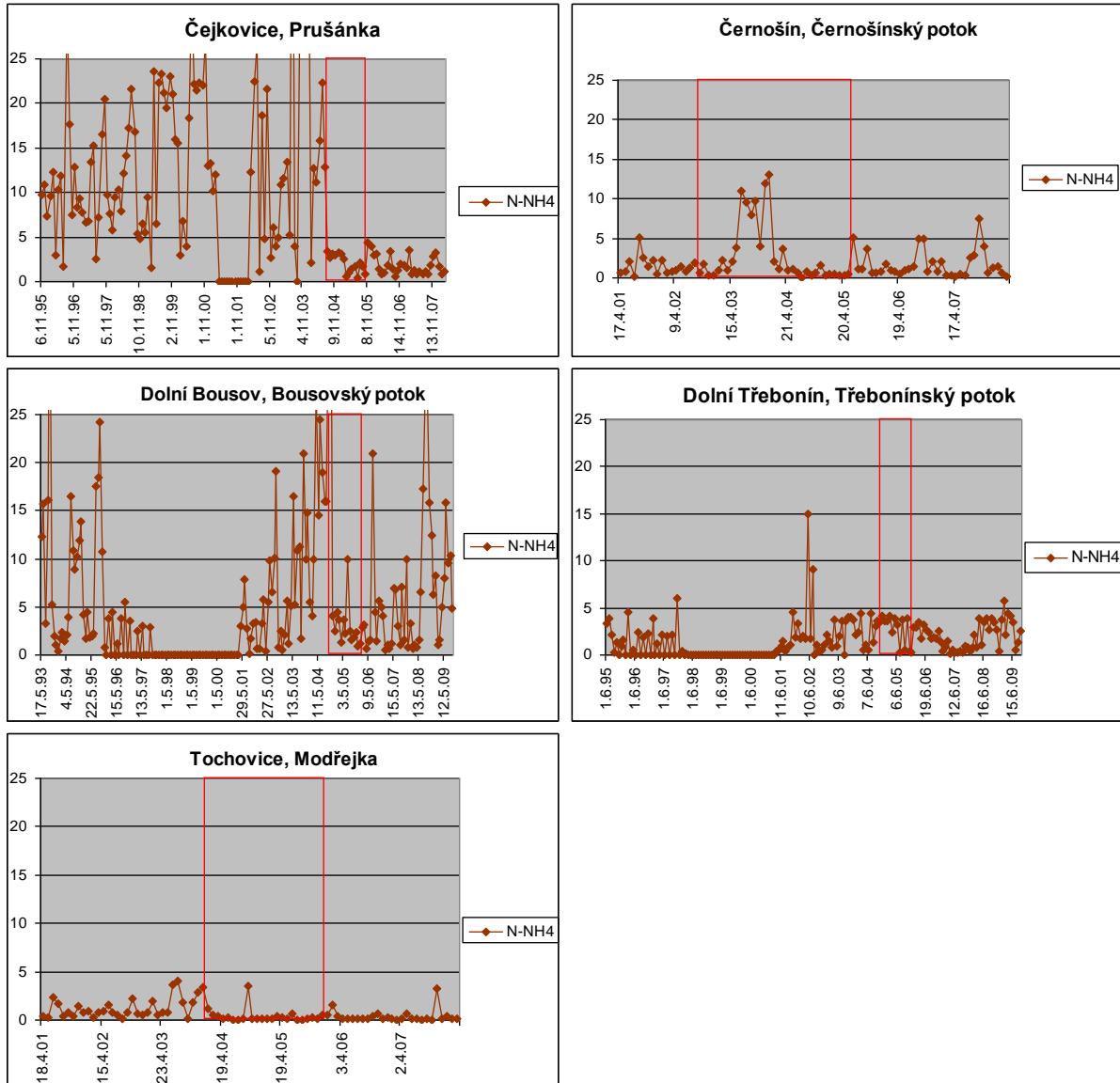
Vodivost je jediný ukazatel, u kterého došlo shodně ve všech pozorovaných lokalitách ke stagnaci (Čejkovice, Černošín), či dokonce ke zvýšení, ikdyž mírnému (Dolní Bousov, Třebonín, Tochovice). Variability měření měly podobný průběh. U konduktivity se také neprojevují krátkodobé výkyvy jako u jiných indikátorů a to bez ohledu na jejich reálnou výši. U Černošína a Tochovic se navíc od spuštění ČOV projevuje roční chod hodnot  $\kappa$  s minimy v jarním období.



Obr. č. 207 – 211: Upravené grafy absolutních hodnot  $\kappa$  ve vybraných lokalitách

## N-NH<sub>4</sub>

U N-NH<sub>4</sub> pozorujeme ve zvolených lokalitách 2 trendy: V Čejkovicích a v Tochovicích (již méně) koncentrace jasně reagují na spuštění ČOV okamžitým poklesem hodnot i variability, přičemž následné změny jsou minimální. Do druhé skupiny s podobným průběhem změn patří Černošín, Dolní Bousov a Dolní Třebonín. Podobnost spočívá v poklesu a následném postupném růstu v průběhu fungování čistírny. Celkově pak v těchto lokalitách nedochází ve sledovaném období ke statisticky významnému posunu hodnot.

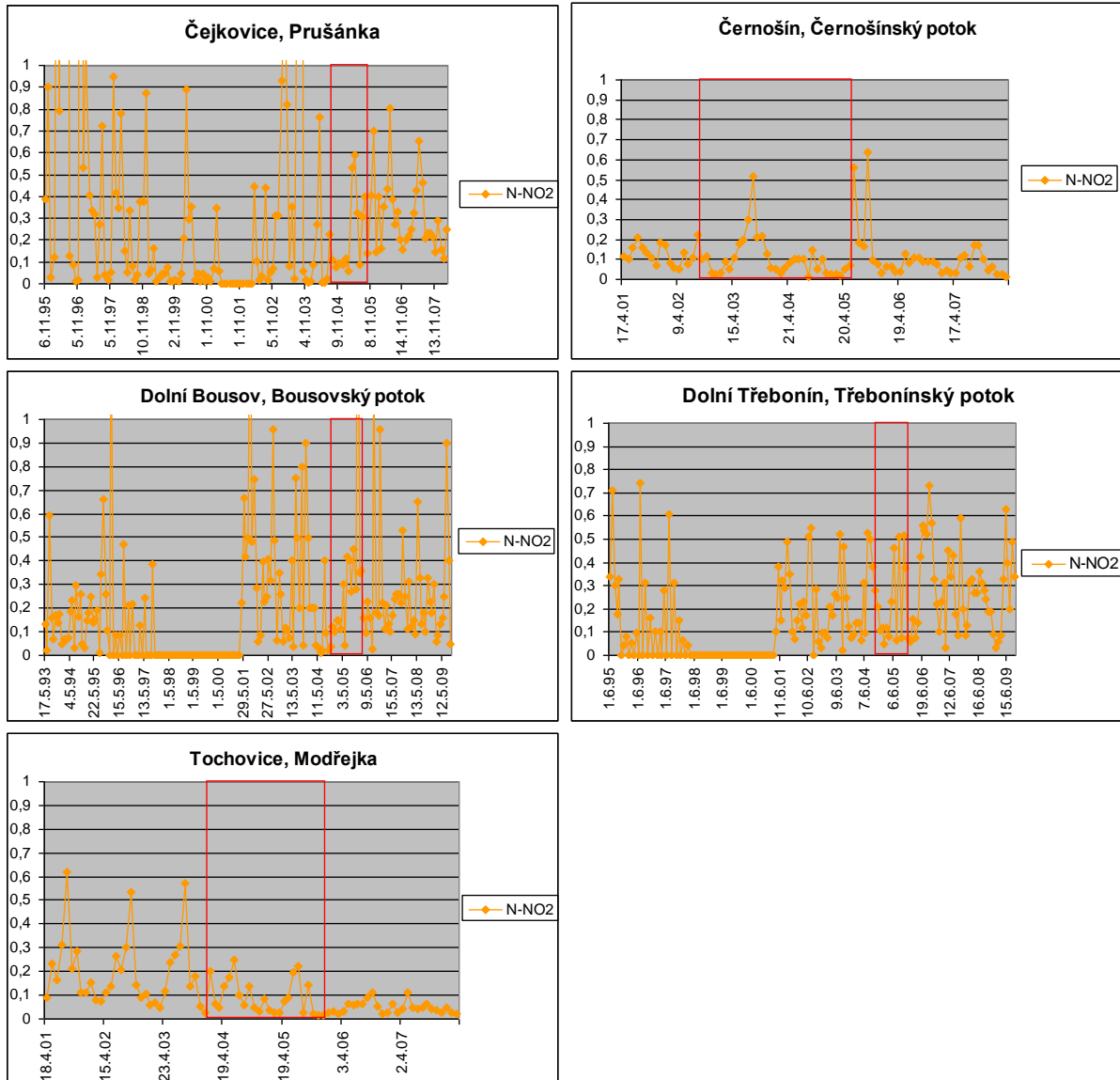


Obr. č. 212 – 216: Upravené grafy absolutních hodnot N-NH<sub>4</sub> ve vybraných lokalitách



## N-NO<sub>2</sub>

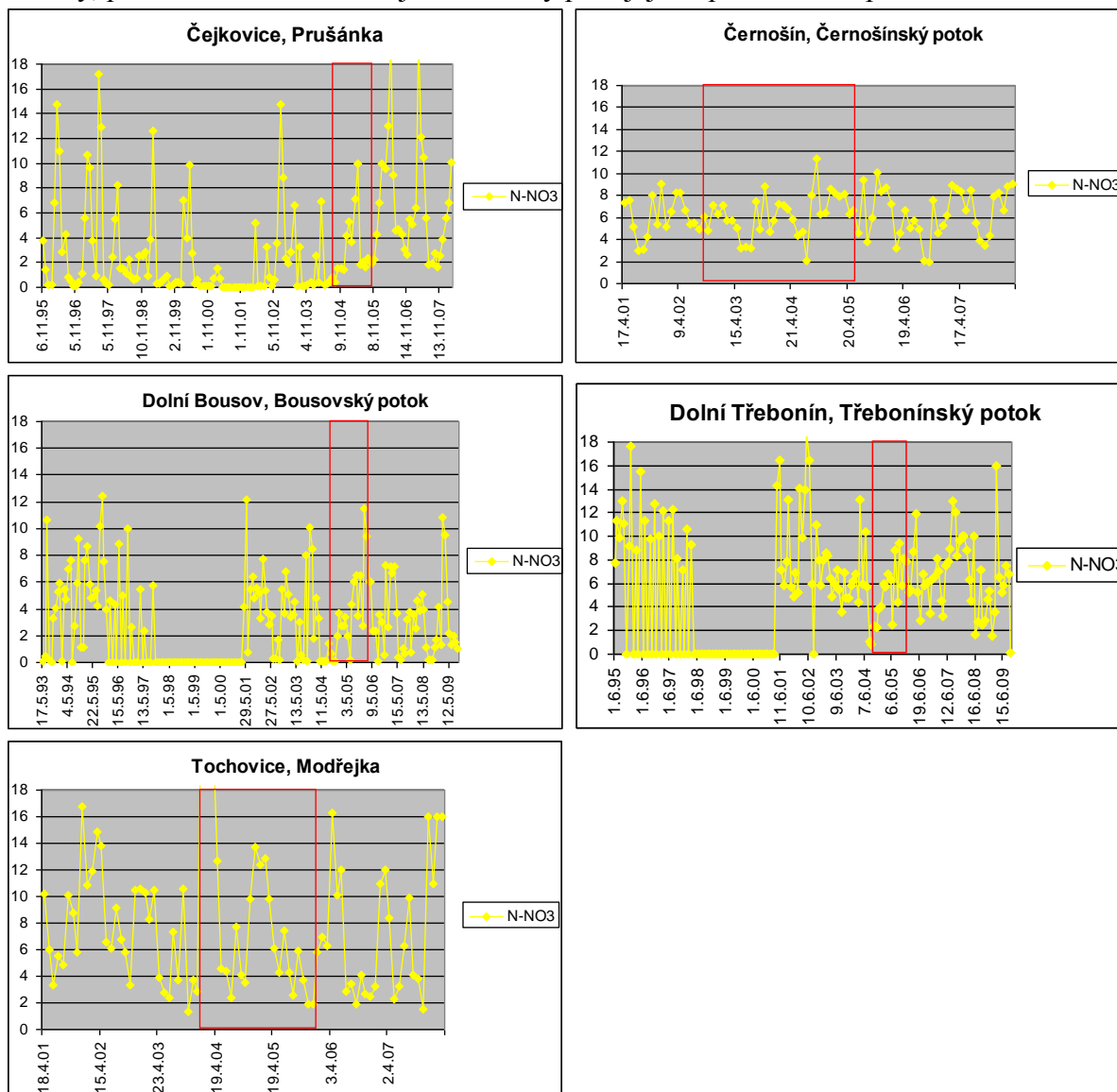
Jedním ze dvou pozorovaných trendů u koncentrací N-NO<sub>2</sub> je pokles hodnot. V Tochovicích je nejvýraznější, spolu se snížením variability se vytrácí i roční chod koncentrací. Další snížení jako reakce na spuštění čistírny je patrné v Černošíně, kde se roční chod hodnot objevuje zřetelněji během fungování čistírny. Druhým trendem je stagnace (Čejkovice, Dolní Bousov vzhledem k 2. fázi monitoringu) až mírné zvýšení koncentrací (Dolní Třebonín). U těchto lokalit je také charakteristické snížení zřetelnosti ročního chodu hodnot a především zvýšení minimálních hodnot.



Obr. č. 217 – 221: Upravené grafy absolutních hodnot N-NO<sub>2</sub> ve vybraných lokalitách

## N-NO<sub>3</sub>

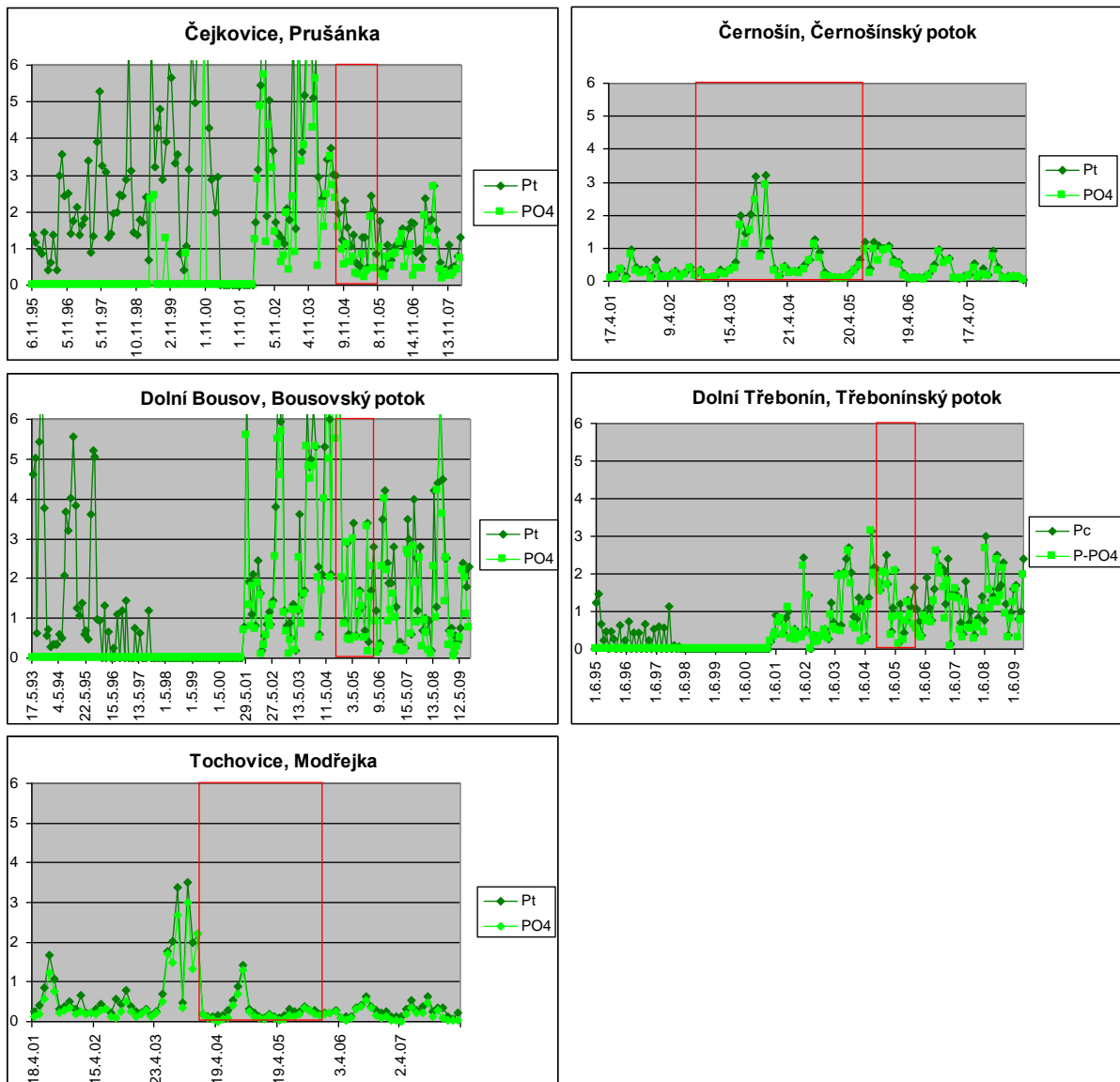
U dusičnanového dusíku jsou zastoupeny všechny jednoduché možnosti změny. Zvýšení koncentrací bylo zaznamenáno v Čejkovicích, což je vzhledem k masivnímu snížení N-NH<sub>4</sub> a jeho absolutním koncentracím v Prušánce logické. Stagnace hodnot N-NO<sub>3</sub> (statisticky nevýznamné změny) jsou charakteristické pro Černošín a Tochovice. V obou lokalitách navíc zůstávají i téměř stejné variability měření. Ke snížení koncentrací N-NO<sub>3</sub> došlo v Dolním Bousově a v Dolním Třeboníně. V Dolním Bousově dosahují hodnoty velmi nízké úrovně – nadpoloviční většina měření je v intervalu 1. třídy a roční chod hodnot se projevuje zřetelněji. V Dolním Třeboníně však nemůže být snížení hodnot připsáno fungování čistírny, protože ke změně došlo již asi 2 roky před jejím spuštěním do provozu.



Obr. č. 222-226: Upravené grafy absolutních hodnot N-NO<sub>3</sub> ve vybraných lokalitách.

## P<sub>C</sub> a P-PO<sub>4</sub>

Jako u jiných indikátorů je největší změna patrná u Prušánky (Čejkovice). Shodná změna – tedy snížení se začátkem provozu čistírny, i když ne tak razantní jako v Čejkovicích, je pozorována v Dolním Bousově, kde stejně jako u Prušánky došlo i k velkému snížení variability. V obou případech jsou ale hodnoty stále značně vysoké a proto je převažující počet měření (kolem 60%) i po snížení v intervalu 5. třídy. Mírnější snížení je patrné i u Tochovic, kde díky nižším celkovým hodnotám došlo i ke značné změně v zastoupení tříd. Naopak nárůst koncentrací nastal v Černošíně a Dolním Třeboníně. V Černošíně docházelo od spuštění ČOV po náhlém nárůstu k postupnému snižování a to až pod úroveň původních hodnot. V Dolním Třeboníně platí zvýšení nejen vzhledem k celkově měřeným hodnotám, ale i vzhledem k 2. fázi monitoringu, která je charakterizována výrazně vyššími hodnotami než předchozí fáze.



Obr. č. 227 – 231: Upravené grafy absolutních hodnot P a P-PO<sub>4</sub> ve vybraných lokalitách

### 3.3 Kvalita vody ve vybraných povodích a srovnání s hodnocením malých vodních toků v ČR

Ve vybraných 5 malých povodích byla provedena analýza kvality povrchové vody pomocí základních indikátorů z dostupných dat v 8 – 16ti letých časových řadách. Výsledky byly srovnány s dostupnými daty o změnách kvality vody v malých povodích ČR a trendy jejich vývoje.

#### 3.3.1 Ukazatele organického znečištění

V jediné lokalitě, ve které se stavba a funkce ČOV projeví velmi výrazně – v Čejkovicích, nelze stav kvality vody hodnotit jako jedno sledované období, ale je nutné je rozdělit na etapy před a po uvedení čistírny do provozu. Silně znečištěné vody Prušanky doznaly díky ČOV významné změny a koncentrace organických látek se značně snížily – BSK<sub>5</sub> v průměru dokonce 10x a mediánově více než 3x, kdy nejvyšších hodnot bylo dosaženo v letech 1999-2000 a 2003-2004. Medián CHSK<sub>Cr</sub> se pohyboval nad hranicí intervalu 5. třídy jakosti, 90 % percentil dosahoval před snížením obrovské hodnoty 417 mg CHSK<sub>Cr</sub>/l. Situace u TOC se velmi podobá změnám CHSK<sub>Cr</sub> – značně vysoké hodnoty se snížily okamžitě se začátkem provozu čistírny. Hodnoty rozpuštěného kyslíku dosahovaly v období před čistírnou pouze 3 mg/l, po jejím spuštění se ale průměrná hodnota zvýšila na téměř 9 mg/l a zastoupení tříd prakticky odpovídá průměru v malých tocích. Další průměrné hodnoty charakterizující malé vodní toky v ČR pod správou ZVHS jsou však zřetelně nižší než v Prušance. BSK<sub>5</sub> po snížení je o 30 % více zastoupena ve 4. a 5. třídě a o 60% méně v 1. a 2. třídě; CHSK<sub>Cr</sub> o 32 % více ve 4. a 5. třídě, v 1. a 2. třídě není zastoupena vůbec, rozdíl je tedy 64%. TOC vychází již lépe – zastoupení v 1. a 2. třídě je po snížení o 29% nižší než v průměru malých toků, zastoupení ve 4. a 5. třídě je už ale nižší v Prušance. Velké množství velmi vysokých hodnot bylo způsobeno vtokem především oplachových vod z vinařských provozů a to zejména v pozdních podzimních a brzkých zimních měsících (OÚ Čejkovice, ústní sdělení), které byly po svedení na ČOV čištěny a jejich negativní vliv na recipient setak výrazně snížil. Původně nečištěné odpadní vody pocházející od značného počtu obyvatel (vzhledem k ostatním sledovaným povodím) se ve velmi málo vodné Prušance nestačily naředit, koncentrace znečišťujících látek byly proto velmi vysoké. I přesto, že plocha povodí, ze které pochází znečištění zemědělského původu je větší než u ostatních povodí, množství polutantů je menší – na většině zemědělské plochy v povodí jsou vinice, které nevyžadují tak intenzivní hnojení, jako v případě jiných plodin. Vývoj kvality vody v Prušance potvrzuje závěry zprávy ZVHS, že největší podíl znečištění pochází z komunálních a zemědělských zdrojů (ZVHS, 2010). Celkově je kvalita vody v Prušance i po velmi výrazném snížení koncentrací sledovaných indikátorů způsobeném spuštěním ČOV velmi špatná.

V Černošínském potoce, který představuje relativně čistý tok byla po celou dobu sledování malá variabilita měření, pozorované změny jsou také minimální a to i přesto, že se mírně změnilo zastoupení měření v rámci tříd – důvodem byly absolutní hodnoty pohybující se u hranic intervalů. Minimální změny odpovídají i stabilnímu počtu hospodářských zvířat a absencí změn landuse v povodí. Černošínský potok má při srovnání s průměrem drobných toků dobré hodnocení – BSK<sub>5</sub> je pouze mírně horší - díky malé variabilitě jsou hodnoty soustředěny v rámci 2 a 3. třídy, koncentrace O<sub>2</sub> jsou mírně vyšší a CHSK<sub>Cr</sub> i TOC vychází dokonce výrazně lépe (a to i před spuštěním ČOV). Za relativně dobrým hodnocením stojí pravděpodobně největší průtok u sledovaných toků. I relativně velké zastoupení lesa v rámci srovnávaných povodí má pozitivní vliv na kvalitu vody, což podporuje zjištění mnoha autorů (Klouda, 2002).

Podobných koncentrací jako v Černošínském potoce je dosahováno v Modřejce, ve které je průtok sice menší, v povodí je ale také méně obyvatel i méně hospodářských zvířat, od kterých jsou navíc odpady vyváženy převážně mimo povodí (ZOD Starosedlský Hrádek, ústní sdělení). Při porovnání výsledků se daty ZVHS týkající se kvality vody v malých tocích (ZVHS, 2010) se u Modřejky projevuje vliv ČOV – před jejím postavením jsou indikátory BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub> i TOC oproti průměru zastoupeny především 3. a 2. třídou, po jejím postavení je stav ale výrazně lepší. U O<sub>2</sub> je stav srovnatelný s průměrem již před postavením ČOV. U všech indikátorů kormě kyslíku potom platí, že zastoupení v 1. třídě je i po snížení koncentrací nedostatečné – viz tabulka:

Modřejka		I	II	III	IV	V
O <sub>2</sub>	průměr	77.9	7.3	7.3	5.3	2.2
	před	71,88	12,5	9,38	3,13	3,13
	po	92,59	3,7	3,7	0	0
BSK <sub>5</sub>	průměr	25	37.8	25.1	8.1	4.1
	před	6,06	33,33	51,52	9,09	0
	po	18,52	62,96	18,52	0	0
CHSK <sub>Cr</sub>	průměr	25.3	39	27.1	3.8	4.8
	před	6,06	36,36	48,48	6,06	3,03
	po	7,41	77,78	14,81	0	0
TOC	průměr	46.7	26.7	18.4	3.6	4.6
	před	21,21	24,24	39,39	9,09	6,06
	po	25,93	59,26	11,11	3,7	0

Tab. č. 146 : Porovnání zastoupení tříd v malých tocích dle ZVHS (průměr) za rok 2006 a v Modřejce (před a po) za sledované období

V Dolním Bousově se potvrzuje obecný trend poklesu objemu hnojení v 90. letech (Langhammer, 200 a navazující zlepšení kvality povrchové vody. V první fázi monitoringu - do r. 97, mají indikátory BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Cr</sub> nižší hodnoty, ovšem koncentrace O<sub>2</sub> jsou také nižší, od r. 2002 se hodnoty zvyšují v návaznosti na budování kanalizace a rychlejšího odvodu nečistěné odpadní vody do toku. Koncentrace O<sub>2</sub> se výrazněji zvýšily až v návaznosti na provoz čistírny. Postavení čistírny se projevilo i náhlým snížením hodnot ostatních indikátorů. Značně velká variabilita měřených hodnot po celé sledované období poukazuje na nevyrovnané ředění či nerovnoměrný přísun znečištění do toku. Vzhledem k průměrným hodnotám v malých tocích (ZVHS, 2010) je kvalita vody v Bousovském potoce velmi špatná – O<sub>2</sub> představují zastoupení ve 4. a 5. třídě o 50 % a 30 % více než je průměr (před a po postavení ČOV) a v 1. a 2. třídě naopak v obou případech nižší o 50 %. Zastoupení BSK<sub>5</sub> ve 4. a 5. třídě je oproti průměru zvýšeno o 40 % (před postavením ČOV) a 60 % (po uvedení ČOV do provozu). U CHSK<sub>Cr</sub> o 31% před a o 23 % po a u TOC o 55 % před a 15 % po postavení ČOV.

Nižších koncentrací než v Dolním Bousově je z modelových povodí dosahováno pouze v Dolním Třeboníně. Přestože v první fázi monitoringu bylo na území více hospodářských zvířat (o 300 ks prasat), kvalita vody byla lepší, což pravděpodobně způsobily nižší dávky hnojiv i fakt, že odpady od těchto zvířat byly vyváženy mimo povodí (ZD Třebonín, ústní sdělení). Po obnovení monitorování kvality vody se projevil mírně se zvyšující trend, který však téměř nezměnil zastoupení tříd a který dosáhl vrcholu během či po zkušebním provozu ČOV. Ve srovnání s ostatními malými vodními toky má ve 4. a 5. třídě BSK<sub>5</sub> o 35 % větší zastoupení po postavení ČOV. U CHSK<sub>Cr</sub> je to o 18% vyšší zastoupení, u TOC o 12 % a u O<sub>2</sub> o 8,5 %. Kvalita vody v Třebonínském potoce je tak z hlediska ukazatelů kyslíkového režimu horší než v průměrných malých tocích.

### 3.3.2 Ukazatele dusíku

Okamžité snížení mediánové hodnoty a variability N-NH<sub>4</sub> po postavení ČOV v Čejkovicích o 88 % dokládá její velký vliv na kvalitu vody v Prušánce. Z původních téměř 12 mg N-NH<sub>4</sub>/l se hodnota mediánu po postavení ČOV pohybovala kolem 1,5 mg N-NH<sub>4</sub>/l, a hodnocení kvality vody se tak změnilo z 5. třídy na 3. třídu. Trend v podobě zvýšení hodnot před postavením čistírny se projevuje i zde. Pokles hodnot N-NO<sub>2</sub> po postavení čistírny dokazuje, že nitrifikace probíhá nad měrným profilem, což potvrzují i výrazně zvýšené hodnoty N-NO<sub>3</sub> (z mediánu 0,83 na 5,48 mg N-NO<sub>3</sub>/l) po postavení ČOV. Při srovnání s průměrem malých toků v ČR je zastoupení N-NO<sub>3</sub> v rámci 4. a 5. třídy v Prušánce o 15 % horší, koncentrace N-NH<sub>4</sub> jsou pak oproti průměru značně zvýšené.

V Černošíně zůstávají hodnoty N-NH<sub>4</sub> po celou dobu sledování prakticky na stejné úrovni – medián má hodnotu 1 mg N-NH<sub>4</sub>/l. Vyjimku tvoří zhruba půlrok během zkušebního období, kdy se hodnoty značně zvýšily (kolem 10 mg N-NH<sub>4</sub>/l). Hodnoty N-NO<sub>3</sub> setaké po celé sledované období pohybují prakticky stále kolem 6 mg N-NO<sub>3</sub>/l. Protože je to ale hraniční hodnota intervalů tříd jakosti vody, je hodnocení po postavení čistírny mírně horší. Ve srovnání s průměrem malých toků jsou však ukazatele dusíku v Černošinském potoce značně vyšší (NH<sub>4</sub> v 1. a 2. třídě menší zastoupení o 47 % a NO<sub>3</sub> o 28 %).

V Dolním Bousově se hodnoty N-NH<sub>4</sub> zvyšují před postavením čistírny až nad 10 mg N-NH<sub>4</sub>/l, čímž potvrzují vliv postupného připojování obyvatel na kanalizaci před dokončením ČOV. Při spuštění ČOV klesají na 2,5 mg N-NH<sub>4</sub>/l, ale rovnoměrně rostou i během provozu a to více než 3 násobně. U N-NO<sub>3</sub> dochází k snížení koncentrací před postavením čistírny (opět vliv postupného připojení obyvatel bez odpovídajícího čistění). Během provozu pak dochází k poklesu hodnot i variabilit na velmi nízkou úroveň pod 3 mg N-NO<sub>3</sub>/l a méně. N-NO<sub>3</sub> odpovídá průměru malých toků (před postavením ČOV má mírně horší, po postavení naopak lepší hodnocení). N-NH<sub>4</sub> naopak vychází velmi špatně - ve 4. a 5. třídě je zastoupeno o 50 % měření více než je průměr, přičemž v rámci první třídy (malými toky zastoupena 60 % měření) bylo za celou dobu sledování (6,5 roku) uskutečněno jediné měření. Ukazuje to na nedostatečnou nitrifikaci nad profilem.

Hodnoty N-NH<sub>4</sub> v Dolním Třeboníně se v průběhu sledování značně měnily. Zvýšení hodnot před spuštěním čistírny je běžné, snižování hodnot během prvních dvou let provozu je však jako reakce na funkci ČOV velmi pozvolné. Značně rozkolísané hodnoty N-NO<sub>2</sub> prakticky na funkci čistírny nereagují žádnou změnou, u N-NO<sub>3</sub> dochází k mírnému poklesu. Při srovnání s průměrem malých toků (ZVHS, 2010) je N-NH<sub>4</sub> hodnocen špatně – zastoupení ve 4. a 5. třídě je o 38 % větší, N-NO<sub>3</sub> dosahuje nižších hodnot, stále má však v 1. a 2. třídě o 27 % nižší zastoupení.

I u Modřejky je patrné razantní a trvalé (téměř 6 násobné) snížení N-NH<sub>4</sub> jako okamžitá reakce na uvedení čistírny do provozu doprovázené velkým a trvalým snížením variabilit měření. N-NO<sub>2</sub> se projevuje podobně, snížení je pouze 3 násobné. Naopak N-NO<sub>3</sub> prakticky nedoznal významnějších změn. Při srovnání s průměrem malých vodních toků je po snížení N-NH<sub>4</sub> hodnocen mírně lépe, N-NO<sub>3</sub> má však ve 4. a 5. třídě o 25 % měřených hodnot více.

### 3.3.3 Ukazatele fosforu

I přes značný pokles téměř extrémních hodnot vyvolaný provozem ČOV jsou hodnoty P<sub>C</sub> i P-PO<sub>4</sub> v Prušánce po jejím postavení stále vysoké (medián = 1,09 mg P<sub>C</sub>/l). Při srovnání s průměrem malých toků ve správě ZVHS je zastoupení ve 4. a 5. třídě v Prušánce o celých 72 % vyšší.

Koncentrace fosforu v Černošíně během zkušebního provozu prudce vzrůstá a v následujících 5 měřených letech se peaky s roční frekvencí s maximy v pozdním podzimu

postupně snižují až na původní hodnoty. Ve srovnání s průměrem malých toků je tak zastoupení ve 4. a 5. třídě v Černošínském potoce o 20 % větší.

Změny koncentrací fosforu v Dolní Bousově jsou skokového charakteru – snížení na začátku r. 1996, zvýšení před spuštěním čistírny, snížení při jejím uvedení do provozu. Při všech změnách je zachovaný roční chod hodnot s maximy v pozdním podzimu. Při srovnání s průměrem malých toků vychází Bousovský potok hůře o 60 % více měření v rámci 4. a 5. třídy.

Koncentrace fosforu v Třebonínském potoce doznaly během dvou let před spuštěním čistírny dvojnásobného trvalého zvýšení hodnot. Vysoké variability téměř stírají roční chod s maximy v pozdním podzimu. Ve srovnání s průměrem malých toků je Třebonínský potok hodnocen velmi špatně – ve 4. a 5. třídě se nachází o 67 % měření více.

Nejpatrnější změnou relativně nízkých koncentrací fosforu v Modřejce je prudké zvýšení hodnot necelý rok před uvedením ČOV do provozu a okamžité snížení hodnot a variabilit na polovinu předchozích po jejím spuštění. Velmi vysoké koncentrace fosforu ve vyčištěné odpadní vodě jsou naředěny do té míry, že celkově je Modřejka při fungování ČOV relativně srovnatelná s průměrem malých toků.

## 4 Diskuse

### 4.1 Hlavní změny kvality vody v recipientu po postavení čistírny

Problematika definování změn kvality vody v malých recipientech vázaných na nově vybudovanou čistírnu je novým tématem. Hlavním důvodem je složité získání dat – nutnost dlouhodobého monitoringu zachycujícího období před i po postavení čistírny je primární. Plánování a skutečná realizace stavby a provozu ČOV se ale mohou lišit i v řádu let. Monitoring změn jakosti vody, vhodný pro tento účel hodnocení, je však k dispozici pouze ojedinele. Sledování v rámci výzkumných projektů je z hlediska omezeného časového rozsahu a potřeby sladění období sledování s realizací výstavby ČOV prakticky nerealizovatelné. Pravidelný monitoring, zajišťovaný správci toků (podniky Povodí, ZVHS, Lesy ČR aj.) zase bývá založen s přesně daným účelem, který zpravidla sleduje jiné cíle. Vhodný soubor dat proto vzniká téměř náhodně v rámci dostupných monitorovacích programů a výběr vhodného vzorku dat, pokrývající typově vhodné lokality, je proto velmi omezený. Dalším důvodem malé znalosti nastalých změn je stále větší důraz na rychlé dořešení čištění odpadních vod ve větších aglomeracích a menší legislativní tlak na malé obce (Janský, Judová, 2005). Sledování změn jakosti vody v plošně rozsáhlém celku sítě malých vodních toků je tak i díky své náročnosti méně zajímavé.

Kvalita vody pod čistírnami odpadních vod je tak sledována spíše na větších tocích a z jiných specifických úhlů. Studie, hodnotící vliv čistíren odpadních vod na změny jakosti vody nejčastěji řeší obecný vliv čistíren na recipient (např. Siegl, 1998), sledují znečištění např. organickými látkami a nutrienty (např. Gallego et al., 2008), vybranými těžkými kovy (např. Sajidu et al., 2007), pesticidy či specifickými organickými látkami nebo stopovými koncentracemi léčiv a jejich derivátů. Důvody monitoringu a prováděných hodnocení jsou zpravidla normativní (sledování plnění emisních limitů), ekonomické (úplaty za vypouštěné znečištění, sankce za havarijní úniky aj.), evidenční nebo vytváření podkladů pro vodohospodářské plánování (projektování a intenzifikace ČOV). Velmi častými jsou také studie týkající se intenzifikace a maximalizace účinnosti některých technologických částí čistíren (Cho, Sung, Ha 2004), ty se ale prakticky omezují na kvalitu vody v prostoru čistírny bez dalšího zájmu o projevy zkoumaného procesu v recipientu, nebo jde o matematické neověřené modely. Samostatnou kapitolu potom představují studie, zabývající se procesy samočištění v podélném profilu toku pod čistírnou (např. Finnegan et al., 2009; Mulliss, Revitt, Shutes, 1996; Hefting, Klein, 1998) či práce týkající se specifických vlivů vyčištěné odpadní vody na prostředí (Whitall et al., 2010).

Nedostupnost dlouhodobých dat o průtocích v době odběru kvalitativních vzorků, která je charakteristická pro monitoring chemismu vody na malých tocích, znemožňuje díky předpokládané variabilitě průtoků provádět přesné bilanční výpočty odnosů látek, resp. hodnotit variabilitu bilančních odnosů. Na malých tocích je přitom variabilita i na diurnální úrovni často značná – např. Procházka a kol. (2000) popsal až třetinovou změnu průtoku během dne v závislosti na teplotách v malém povodí Mlýnského potoka (průměrný dlouhodobý průtok 59 l/s). Při velikosti a průměrných dlouhodobých průtocích ve sledovaných tocích tak lze očekávat i poměrně větší rozdíly. Pro hodnocení dlouhodobých změn chemismu vody u malých toků, založeném na datech pravidelného monitoringu, je tak možné využívat pouze hodnoty koncentrací vybraných ukazatelů znečištění. Vzhledem k tomu, že při párovém hodnocení profilů nad a pod čistírnou se jedná o prakticky uzavřený systém, nepředstavuje tento fakt zásadní omezení pro vypovídací schopnost výsledků, je však k hodnocení přistupovat s vědomím určité míry nejistoty, dané povahou vstupních dat.



Z výsledků statistických hodnocení změn kvality vody na modelových povodích je patrných několik typických projevů změn kvality vody v recipientu po postavení nové čistírny odpadních vod. Tyto typy identifikovaných a níže diskutovaných změn přitom zatím nebyly v odborné literatuře souborně popsány a interpretovány.

#### 4.1.1 Snížení zátěže po zprovoznění ČOV

##### Rychlé razantní a trvalé snížení koncentrací sledovaných indikátorů

Typ změny, který představuje obecně předpokládaný – a přitom nikoliv dominantní model vývoje zátěže toku po zprovoznění ČOV. V rámci hodnocených povodí je jediným představitelem této změny tok Prušánka pod Čejkovicemi. Změna je velmi razantní a rychlá, jasně ohraničená spuštěním provozu v čistírně a dotýká se všech sledovaných indikátorů. Snížení je navíc trvalé a bez dalších větších změn během následného monitoringu.

Téměř u všech indikátorů došlo ke zlepšení v řádu desítek procent mediánových hodnot. Největší změna nastala u rozpuštěného kyslíku (zvýšení o 203 %) a amoniakálního dusíku (pokles o 88 %). Vzrůst  $O_2$  je jasnou odezvou na pokles organických látek, na který reaguje poměrně více, než na prostou reaxeraci v toku (Liu, Chen, 2009). Pokles organických látek tak dokládá tvrzení, že u malých, správně provozovaných čistíren nebývá problém s jejich odstraněním, které je stabilní a neprojeví se u něj ani sezónní vlivy (Sojka, 2004). Indikátory, u kterých byl zaznamenán jiný trend jsou konduktivita, jejíž hodnoty stagnují kolem 190 mS/m a dusitanový a dusičnanový dusík, které vzrostly o 185 a 556 % mediánové hodnoty. Zvýšení těchto indikátorů je pouze důsledkem přesunu a intenzifikace procesu nitrifikace do prostoru čistírny, což je také účelem ČOV. Velmi nízká koncentrace  $N-NO_3$  před postavením čistírny (0,84 mg/l) dokládala značné znečištění  $N-NH_4$  (11,92 mg/l) a špatnou úroveň nitrifikace v toku. Dříve úzce související vztahy amoniakálního, dusitanového a dusičnanového dusíku přestaly být díky vlivu ČOV patrné.

U této změny je nejpatrnější vliv čistírny na kvalitu vody v toku ze všech sledovaných lokalit. Mezi nejdůležitější faktory, které změnu ovlivňují patří relativně velký počet obyvatel Čejkovic (2 571) a vysoké procento účinnosti čistírny, mírně snížené při sezónní výrobě vína. Písařová, Mrázková a Fuchs (2003) dokládají výraznou změnu sídlištního charakteru odpadních vod (zvýšení organického znečištění) díky malým vinařským provozům, což může komplikovat správný provoz čistírny. Podobně důležitým prvkem je také velmi malý poměr (3,15) mezi průtokem Prušánky a přítokem z ČOV. Tyto faktory se shodují s poznatky Siegl, Bruch, Mühl (1998) o ovlivnění malých toků vyústěním čistírny. Největší rychlost samočištění v OV pod vyústěním z ČOV potvrzuje i Finnegan et al. (2009). Zvýšení dusitanů a dusičnanů v toku je zřejmě důsledkem nedostatečné nitrifikace a denitrifikace v čistírně z důvodu jejího přetížení. Změnu popsanou na případu Prušánky lze hodnotit jako prakticky jedinou obecně očekávanou při postavení ČOV.

##### Částečné snížení koncentrací

Charakter změny je stejný jako v předchozím případě, pouze intenzita poklesu koncentrací znečišťujících látek v recipientu je nižší. Příklad této změny nacházíme v Tohovicích na Modřejce a v Dolním Bousově na Bousovském potoce.

V Modřejce došlo u  $CHSK_{Cr}$  a TOC ke snížení zhruba o 20 % (u kyslíku zvýšení), biologická spotřeba kyslíku pak poklesla více (o 38 %). Pokles nastal i u fosforu a všech ukazatelů dusíku – snížení amoniakálního dusíku o 83 % je srovnatelné s Čejkovicemi, dusitanový dusík poklesl o 70 % a dusičnanový dusík o 6 %. Konduktivita ale naopak doznala 11 % nárůstu. Velmi zajímavé je i snížení variabilit měření u všech indikátorů - kromě konduktivity, kde se stejně jako absolutní hodnoty mírně zvýšila.

Méně intenzivní snížení látek v Modřejce je způsobeno zejména větším poměrem průtoků toku a ČOV, který má hodnotu 18. Tento fakt znatelně snižuje vliv čistírny na kvalitu vody v recipientu. Pitter (1999) uvádí snížení vlivu komunálních zdrojů na nižším poměru BSK/CHSK – Modřejce poklesl z 0,16 na 0,14. Přes značné procento zemědělské půdy (83 %) se výrazně kladným vlivem projevují malé vodní nádrže na toku, které mají v zemědělském povodí obecně pozitivní vliv na kvalitu vody (Sharpley, Rekolainen, 1997) a snižují tak v Modřejce vliv zemědělských zdrojů znečištění.

Změna pozorovaná v Bousovském potoce představuje převážně snížení měřených indikátorů, které však není trvalého rázu – od 2. roku normálního provozu se koncentrace některých látek zvyšují. Pro získání nezkreslené informace o situaci před postavením čistírny v Dolním Bousově je také nutné nebrat v úvahu zhruba rok a půl dlouhé období před uvedením čistírny do provozu (důvody jsou uvedeny v kapitole 6.1.4).

Koncentrace ukazatelů organických látek se jak snížily (TOC průměrně o 34 %), tak zvýšily – chemická spotřeba kyslíku o 10 % a biologická spotřeba kyslíku o více jak 100 %. Již od prvního roku normálního provozu však dochází u BSK<sub>5</sub> i CHSK<sub>Cr</sub> ke zvyšování naměřených hodnot. Koncentrace rozpuštěného kyslíku se asi o 20 % zvýšily. U konduktivity a dusitanového dusíku se neprojevuje prakticky žádná změna. Amoniakální uhlík nedoznal výrazných změn (nejsou uvažovány zvýšené koncentrace před spuštěním čistírny) a ve 3. roce normálního provozu u něj nastalo více jak trojnásobné zvýšení. Koncentrace dusičnanového dusíku při provozu čistírny klesají průměrně o 33 %. U fosforu se projevuje mírné snížení o 12 %.

Nejdůležitějším původcem změn kvality vody v Bousovském potoce je provoz čistírny. To je patrné např. na zvýšení koncentrací amoniakálního dusíku v toku od jara 2008, kdy došlo ke zhoršené účinnosti jeho odstraňování na ČOV. Jiným dokladem je velké zvýšení BSK<sub>5</sub>, které je způsobeno zvýšenou nitrifikací v toku pod vyústěním čistírny způsobenou nedokonalou sedimentací (Pitter, 1999; Brion et al., 2000). Na provozně náročnější odstraňování dusíku na malých čistírnách upozorňují i Písařová, Mrázková a Fuchs (2003) a upozorňují na nutnost frekventovanějších kontrolních odběrů koncentrací dusíku na přítoku do ČOV. Spolu s velmi malou vodností toku (poměr k odtoku z ČOV pouze 2,29) je výsledný stav kvality vody v Bousovském potoce přímo závislý na provozu čistírny. To potvrzuje i poměr biologicky rozložitelných látek, který vzrůstá až na hodnotu 0,48, což je téměř hodnota nečištěných odpadních vod (Pitter, 1999). Dalším faktorem je samotné znečištění toku, které může být částečně způsobeno pouze 70% odkanalizováním obce (v toku jsou vyšší koncentrace N-NH<sub>4</sub> než na odtoku z čistírny), z výsledků je závislost koncentrací v Bousovském potoce a na výtoku z čistírny zcela zřejmá. Špatný stav Bousovského potoka po postavení čistírny může být způsoben i tím, že retence nutrientů může být výrazně snížena v tocích, do kterých ústí čistírny (Haggard et al., 2001 a Martí et al., 2004).

#### **4.1.2 Stagnace hodnot, minimální snížení některých hodnot**

Černošínský potok představuje lokalitu, kde je po postavení a zprovoznění ČOV patrná pouze částečná změna kvality vody v recipientu. I přes změny v relativním hodnocení jsou absolutní posuny zátěže díky relativně nízkým koncentracím látek velmi malé, lze je tedy považovat téměř za stagnující.

Hodnoty rozpuštěného kyslíku, biologické spotřeby kyslíku, konduktivity i amoniakálního dusíku se prakticky nezměnily. Chemická spotřeba kyslíku a celkový organický uhlík se snížily o necelých 20 %, dusitanový dusík o 26 % a u dusičnanového dusíku a fosforu bylo zaznamenáno zvýšení koncentrací o 11, respektive 27 %.

Hlavní příčinou stagnace hodnot je předchozí využívání celkem 4 biologických stabilizačních nádrží (na každém břehu potoka dvě nádrže) a relativně velké naředění (poměr

průtoku toku a ČOV je 10,84). Nižší účinnost odstranění znečištění ve stabilizačních nádržích (informace fy. Vodohospodářský servis Dobruška, s.r.o) byla díky větší vzdálenosti odměrného bodu snížena zachycením části látek v přirozeně meandrujícím toku s bohatým příbřežním stromovo-keřovým doprovodným pásem, jak potvrzují i Knauer a Mander (1989). Peterson et al. (2001) dodává, že neupravené toky mohou udržet či transformovat i více než 50% dusíku z povodí během desítek či stovek metrů délky toku. Stagnace amoniakálního dusíku může být ovlivněna velmi nerovnoměrnou účinností čistírny, jeho hlavním zdrojem však dle orientačních výpočtů není čistírna. Její nerovnoměrný výkon je však považován za přímý důsledek nevhodnosti návrhu a realizace aktivačních čistíren v malých obcích, protože v podmínkách jednotné kanalizace je provoz většinou málo úspěšný (Ryšavý, 2010). Průběh konduktivity po uvedení čistírny do provozu jeví podobnost s výsledky Procházky a kol. (2000) z malého šumavského povodí. Variabilita hodnot vodivosti v závislosti na teplotě se na Černošinském potoce projevuje v ročním časovém rozpětí. K relativně dobrému stavu toku po celou dobu sledování pak přispívá i poměr průtoků toku a ČOV, který má hodnotu 11. Na příkladu Černošína je zřejmé, že v některých případech mohou přírodě blízké typy čistíren fungovat dostačujícím způsobem, jak potvrzují i García et al. (2001) na hodnocení malých čistíren do 2 000 EO vzhledem k imisním standardům v Katalánii.

#### 4.1.3 Mírný nárůst zátěže

Situaci, kdy po uvedení nové čistírny odpadních vod do provozu nastalo mírné až značné zvýšení koncentrací prakticky všech sledovaných indikátorů, představuje monitorovací profil na Třebonínském potoce.

Mediánové hodnoty kyslíku se v tomto případě nezměnily, u ukazatelů organických látek  $CHSK_{Cr}$  a TOC pak mírně vzrostly, stejně jako hodnoty konduktivity. Velmi výrazně se projevuje i zvýšení biologické spotřeby kyslíku (o 77 %) a koncentrací fosforu (o více než 100 % u mediánových hodnot). Očekávaný pokles se neprojevil ani u amoniakálního dusíku (4% růst), dusitanový dusík se rovněž zvýšil a u dusičnanového dusíku se koncentrace snížily o 78 %.

Před postavením nové čistírny fungoval v obci oxidační příkop, plán rozvoje obce však vyžadoval novou čistírnu, která je pravděpodobně hlavním důvodem zvýšených koncentrací a nestability měřených indikátorů. Velmi rozdílné objemy způsobované balastními vodami jsou v případě Dolního Třebonína technologicky nezvládnuté. Právě velkou rozkolísanost vtoků do malých čistíren udává Boller (1997) jako hlavní důvod nedosažení plánované účinnosti čistíren. Nevyhovující výkon většiny sledovaných malých čistíren v Brazílii, nezávisle na použitých technologiích potvrzují jako velký problém i Oliveira a Von Sperling (2008). Písařová, Mrázková a Fuchs (2003) shledávají jádro tohoto problému primárně v nedostatečném systému dešťového odlehčení kanalizace a dále i v nekvalifikované obsluze, která u malých čistíren převažuje. Další z příčin neoptimalizované technologie může být velký nárůst obyvatel obce (ze 450 na 1000) těsně před a během zkušebního provozu, kdy docházelo k stálému nerovnoměrnému nárůstu zatížení čistírny. Vliv čistírny na tok potvrzuje i relativně vysoká korelace koncentrací amoniakálního dusíku v toku a na odtoku z ČOV. Podle orientačních výpočtů je čistírna zdrojem amoniakálního dusíku ze 75%. Další příčinou špatného provozu je málo frekventovaný monitoring nátokových vod – amoniakální dusík je analyzován pouze dvakrát ročně. Na zvýšený dohled zvláště při celkovém odstraňování dusíku upozorňují i Písařová, Mrázková a Fuchs (2003). Při neznalosti primárních koncentrací  $N-NH_4$  nelze v systému nitrifikace-denitrifikace nalézt nejvhodnější doby zdržení v jednotlivých částech procesu, a proto je účinnost čistírny nutně snížena (Sojka, 2004). Dalším problematickým bodem je nedokonalá sedimentace a únik kalu, který se projevuje zvýšenou nitrifikací v toku a zvýšením biologické spotřeby kyslíku.

Brion et al. (2000) udává tento jev jako závažný problém při nadměrném vypouštění či náhodném úniku biomasy při špatné sedimentaci. Malý poměr průtoků toku a ČOV (3,68) neumožňuje dostatečné nařazení a je také důležitým faktorem ovlivňující kvalitu vody v recipientu. Hodnocení vlivu změny stavů hospodářských zvířat v r. 2000 je problematické z důvodu přerušného monitoringu. Zrušení chovů slepic ale pravděpodobně neměl vliv na změnu kvality vody, jako zdroj znečištění zamítli tyto chovy i autoři Ritter a Harris (1984) při studiu zemědělských živočišných produkcí v několika malých povodích ve státě Delaware. Na příkladu neočekávaných zvýšených koncentrací sledovaných látek v toku po zprovoznění čistírny v Dolním Třeboníně je dokladována nutnost odborné a časté technologické kontroly čistírny.

#### **4.1.4 Výrazné zvýšení hodnot před spuštěním ČOV**

Tato častá změna se může projevit jako náhlé či několikanásobné zvýšení téměř všech indikátorů. V některých případech (např. Čejkovice, Dolní Bousov, Dolní Třebonín, omezeně i Tochovice) se projevuje výrazné rychlé nebo pozvolnější zvýšení měřených hodnot před uvedením čistírny do provozu. Časový interval zvýšení se většinou pohybuje od několika měsíců do zhruba dvou let. V Černošíně byly do nově vybudované čistírny plynule převedeny odpadní vody bez časové prodlevy což se projevilo absencí zde popisované změny. V Dolním Třeboníně byla změna pozvolnější, protože na kanalizaci se noví obyvatelé „satelitní“ části obce připojovali velmi pozvolně.

Nejvíce se toto navýšení projevuje u ukazatelů organických látek – biologické a chemické spotřeby kyslíku, celkového organického uhlíku a dále u amoniakálního dusíku a u ukazatelů fosforu.

Změna je způsobena připojením obyvatel na nově vybudované kanalizační řady dříve, než je čistírna uvedena do provozu. Vzhledem k časové náročnosti a značnému obslužnému omezení v obci se kanalizace většinou staví etapově a dříve než čistírna. Vyústění kanalizace do toku poblíž stavby ČOV je tak pouze přechodné a proto mu zřejmě není věnována velká pozornost. Zejména u málo vodných toků ale tento dočasný stav znatelně zhoršuje kvalitu vody v recipientu. Při neznalosti situace tak mohou být chemická data v tomto období mylně interpretována.

## **4.2 Shrnutí**

Výsledky této práce ukazují, že plošné zdroje znečištění nemusí být, zvláště na úrovni malých a velmi malých povodí, silně převažujícím zdrojem znečišťujících látek. Někteří autoři (např. Mereburger, Martí, Sabater, 2005) označují čistírny jako významný zdroj znečištění pouze v nezemědělských povodích. V menším měřítku však pravděpodobně ovlivňují výslednou kvalitu vody některé faktory silněji. Kromě poměru orné půdy, velikosti bodového zdroje znečištění či množství specifického odtoku mohou mít v malých povodích a v mikropovodích faktory jako upravenost koryta či samotné topografické rozmístění rozdílně využívaných ploch větší vliv.

Jako hlavní příčina změn kvality vody v malých povodích po postavení čistírny zároveň výrazný činitel, který ovlivňuje jakost vody v malých tocích byla identifikována kvalita provozu čistírny. Obsluha čistírny musí procesy v čistírně aktivně řídit, ne pouze udržovat. Dobré výsledky malých čistíren jsou tak podmíněny optimálním řízením čistících procesů. Friesecke (1972) potvrzuje, že čistírny mohou při dobrém nastavení procesů být efektivní dokonce i pro jiné reálné podmínky, než pro které byly původně projektovány. Sníženou efektivitu malých čistíren při změnách kvantity a kvality přítokové vody potvrzují i Ødegaard a Skrøvsseth (1997). Zároveň ale dokazují, že při rychlé reakci obsluhy je pokles efektivity mírnější.

Malé čistírny odpadních vod nepatří mezi malá témata. Pouze v České republice žije více než čtvrtina populace v obcích menších než 2 000 obyvatel a proto se jich tato problematika dotýká. Na oblast technologií, plánování, stavby, fungování i údržby malých čistíren upozorňovali a stále upozorňují mnozí autoři (Boller, 1997; Sojka, 2004; Pitter, 2002 aj.) ve spojitosti s velkou řadou různě zkušených projektantů málo dbajících na místní podmínky. Velké množství dodavatelů čistíren má již také značně propracovanou obchodní strategii - jak shrnuje Pitter (2002): „Někdy se s nadsázkou zdá, že jedním z hlavních parametrů při výstavbě ČOV je množství spotřebovaného betonu.“ Dle nařízení vlády č. 229/2007 Sb. musí i nejmenší obce splňovat nejpozději do 22. 12. 2015 podmínku přiměřeného čištění. Vybavení malých obcí klasickým systémem kanalizace-čistírna však nemusí mít za určitých podmínek vždy pozitivní vliv na kvalitu vody v recipientu, či nemusí být adekvátní vynaloženým financím, jak dokládají Šálek, Žáková a Hrnčír (2008).

Citlivý přístup odborníků se znalostmi odpadních vod malých zdrojů a managementu kvality vody v zemědělských oblastech bude při čištění odpadních vod v obcích stěžejní. Snaha o koncepční nakládání s odpadními vodami možná v budoucnosti povede od koncentrace zájmu o bodové zdroje ke komplexnímu řešení na úrovni povodí.

## 5 Závěr

Hlavním cílem práce bylo definování trendů změn kvality vody v malých povodích vyvolaných provozem čistírny odpadních vod. Dílčími cíli bylo zhodnocení kvality vody ve vybraných modelových povodích a určení faktorů, které kvalitu vody a její změnu ovlivňují.

První fázi zpracování představoval výběr vhodných povodí z databáze monitorovacího programu „Monitoring drobných vodních toků“ Zemědělské vodohospodářské správy. Základním předpokladem pro výběr byla malá plocha povodí, zemědělský charakter, minimální změny landuse během sledovaného období, nepřítomnost průmyslových provozů a umístění pouze jedné obce do dvou tisíc obyvatel, ve které byla během monitoringu postavena čistírna. Rovněž musela být zastoupena tři zvolená období sledování v dostatečně dlouhé časové řadě (před postavením čistírny, během zkušebního provozu a normální provoz čistírny).

Na základě těchto kritérií byla jako modelová povodí vybrána povodí Prušánky, Černošínského potoka, Bousovského potoka, Třebonínského potoka a Modřejky. Na vybraných pěti malých povodích (čtyři povodí průměrně 6 km<sup>2</sup>, jedno povodí 16 km<sup>2</sup>), byly dále analyzovány základní fyzikálně-chemické ukazatele (O<sub>2</sub>, BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, TOC, konduktivita, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P<sub>C</sub>, P-PO<sub>4</sub>) v časovém rozpětí 7 – 16 let.

Z výsledků analýzy změn kvality vody ve sledovaných povodích plynou následující závěry:

- 1) Kvalita vody ve vybraných povodích v rámci sledovaných ukazatelů potvrzuje velké zatížení toků.
  - a) Nejlépe hodnoceným indikátorem je rozpuštěný kyslík, dosahující průměrných koncentrací před postavením čistírny 3,1 - 9,7 mg/l a po postavení čistírny 6,2 – 10,5 mg/l. K největšímu vzrůstu koncentrací kyslíku došlo v lokalitě s nejmenší průměrnou hodnotou. Na profilech, na kterých byly již před postavením ČOV měřeny vyšší hodnoty, bylo zvýšení pouze malé.
  - b) Nejhůře hodnoceným indikátorem je fosfor, dosahující před postavením čistírny značně vysokých průměrných koncentrací (od 0,32 - 3,2 mg P<sub>C</sub>/l). Po postavení čistírny, kdy došlo u dvou povodí ke zvýšení a u tří povodí ke snížení koncentrací se průměrná hodnota v povodích pohybovala v rozmezí 0,28 - 1,37 mg P<sub>C</sub>/l.
  - c) Koncentrace ukazatelů organických látek (biologická spotřeba kyslíku, chemická spotřeba kyslíku, celkový organický uhlík) poukazují na značné zatížení toků. Po postavení čistíren došlo u celkového organického uhlíku k poklesu, u chemické spotřeby kyslíku k poklesu ve třech a stagnaci ve dvou povodích a u biologické spotřeby kyslíku k poklesu (u dvou povodí), stagnaci (v jednom povodí) i ke vzrůstu koncentrací (ve dvou povodích).
  - d) Konduktivita ve všech povodích stagnuje téměř na původních hodnotách. Větší změny byly zaznamenány pouze v povodí Prušánky s nejvyššími měřenými hodnotami (pokles z 250 na 180 mS/m, v ostatních povodích se hodnoty pohybovaly mezi 40 – 60 mS/m a v povodí Bousovského potoka mezi 100 – 110 mS/m).
  - e) Indikátory dusíku vykazují značně vysoké měřené hodnoty a indikují tak významné znečištění všech sledovaných toků. Amoniakální dusík výrazně poklesl u dvou lokalit (největší snížení nastalo v Prušánce z průměrných 13,6 na 1,8 mg N-NH<sub>4</sub>/l), v Černošínském potoce hodnoty stagnují a ve dvou zbývajících povodích měřené koncentrace několikrát klesají a opět stoupají. Dusitanový i dusičnanový dusík doznal jak poklesu, tak zvýšení hodnot, v některých situacích nastala též stagnace. Před postavením čistíren dosahoval dusičnanový dusík průměrných hodnot od 2,7 do 8,8

mg/l, po postavení čistíren pak od 3,1 do 7,4 mg/l. Rozdíly mezi hodnotami v jednotlivých lokalitách pak byly průměrně pouze 0,8 mg/l. Zvláště u dusičnanového dusíku byly hodnoty velmi variabilní.

- 2) Změny, které nastaly při hodnocení kvality vody v jednotlivých tocích v důsledku zprovoznění čistíren odpadních vod nejsou na rozdíl od obecného očekávání vždy pozitivní a odpovídají následujícím typovým charakteristikám.
  - a) Snížení zátěže. Snížení koncentrací sledovaných indikátorů nastalo v Čejkovicích na Prušánce rychle a razantně v návaznosti na provoz čistírny. Variabilita měření značně poklesla. V dalších dvou lokalitách (Dolní Bousov a Tochovice) bylo snížení koncentrací pozvolnější, pomalejší a nedosahovalo tak výrazných absolutních změn.
  - b) Mírný nárůst zátěže. V lokalitě Dolní Třebonín bylo pozorováno zvýšení koncentrací u většiny indikátorů. Zhoršení kvality vody v toku nastalo již před spuštěním čistírny do provozu v souvislosti se značně se zvyšujícím počtem obyvatel v obci. Při spuštění čistírny pak nenastal očekávaný pokles znečišťujících látek u většiny hodnot. Odpovědnost za situaci nese pravděpodobně špatná obsluha čistírny.
  - c) Stagnace měřených indikátorů. Po postavení čistírny v lokalitě Černošín nenastala výrazná změna hodnot. Příčinou je čištění odpadních vod před stavbou nové čistírny pomocí dobře fungujících sedimentačních nádrží. Po postavení nové čistírny byla kanalizace plynule převedena na ČOV.
  - d) Výrazné krátkodobé zvýšení hodnot před postavením čistírny. Týká se s různou intenzitou všech lokalit s výjimkou Černošína. Téměř všechny indikátory se v období maximálně dvou let před postavením čistírny zvýšily, což je způsobeno připojováním obyvatel na nově budovanou kanalizaci ústící nejprve poblíž budované čistírny do toku. Ve většině případů nárůst hodnot klesá s připojením kanalizace na dostavěnou čistírnu.
  - e) Zvýšení biologické spotřeby kyslíku. Může mít charakter občasného či dlouhotrvajícího zvýšení BSK<sub>5</sub>. Tento jev je způsoben únikem nitrifikačních bakterií při nedokonalé sedimentaci kalu (zapříčiněno většinou krátkou dobou zdržení v sedimentační nádrži) a zvýšenou nitrifikací v toku, při níž se spotřebovává větší množství kyslíku.
- 3) Jako faktory, které ovlivňují kvalitu vody v malých povodích (a) a její změnu po postavení čistírny (b) byly popsány následující činitele. Pro každé povodí je však typická specifická kombinace těchto faktorů.
  - a) Specifický odtok, počet obyvatel, přítomnost nádrže (nádrží) na toku a jejich velikost, podíl orné půdy, topografie různě využívaných ploch vzhledem k toku, intenzita zemědělské živočišné výroby, vliv místních potravinářských provozů
  - b) Poměr průtoků toku a čistírny, kvalita obsluhy čistírny, celková úroveň počátečního znečištění v toku

Závěry práce dokazují velké zatížení malých toků organickými látkami i nutriety. Zjištění, že po postavení čistírny odpadních vod nemusí automaticky dojít ke snížení zátěže recipientu je velmi závažné. Jako obecná příčina tohoto jevu byla identifikována snížená funkčnost čistíren. Hlavním důvodem menší efektivity odstraňování znečištění na čistírně je většinou povrchní obsluha nepřilíš kvalifikovaného personálu, která málokdy odhalí změny procesů v čistírně a je schopna na ně reagovat. Důležitým faktorem je i naředění vyčištěné odpadní vody v toku – tedy poměr průtoků toku a čistírny. Právě v malých povodích je ale tento poměr často nízký a negativní působení čistírny se tak projevují silněji.

Scénáře možných změn kvality vody po postavení ČOV, uvedené v této práci, jsou obecně platné. Jejich případná predikce je však problematická vzhledem k určujícímu faktoru – schopnosti obsluhy udržovat optimální chod čistírny. Jedinou zcela předvídatelnou změnou

je tak krátkodobé zvýšení koncentrací znečišťujících látek, způsobené výstavbou nové kanalizace. Významnost této změny je vzhledem k časovému omezení jejího trvání slabší.

Výsledky práce upozorňují na důležitost zesílení kontroly efektivity malých čistíren, které povede až k přeměně pasivní obsluhy čistíren v aktivní erudovanou řídicí složku čistících procesů.



## 6 Seznam literatury

- BESPERÁT, O.. Domáci splašky budeme čistit po evropsku. Ale pozdě. Aktuálně.cz  
12:01 | 29.10.2007 | Aktualizováno | Pavel Baroch , <http://aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=%20262476,29.2.2008>)
- BIČÍK, I – JANČÁK, V. České zemědělství po roce 1990. *Geografie – sborník České geografické společnosti*, 2001, roč. 106, č. 4, s. 209-221
- BOLLER, M. Small wastewater treatment plants – A challenge to wastewater engineers. *Water Science and Technology*. 1997, Vol. 35, Issue 6, s. 1-12
- BOWES, M. J. - SMITH, J. T. - JARVIEA, H. P. - NEALA, C.. Modelling of phosphorus inputs to rivers from diffuse and point sources. *Science of the Total Environment*, 2008, vol. 395, s. 125-138
- BREHM, J. - MEIJERING, M. P. D. *Fließgewässerkunde – Einführung in die Limnologie der Quellen, Bäche und Flüsse*. Heidelberg: Quelle & Mayer, 1982. Biologische Arbeitsbücher, No. 36.
- BRION, N. - BILLEN, G. - GUE'ZENEK, L. - FICHT, A.. Distribution of nitrifying activity in the Seine River (France) from Paris to the estuary. *Estuaries*, 2000, vol. 23, s. 669–682
- BUZEK, L. Půdní fond a jeho ochrana. Ostrava: PřF, Ostravská universita, 1995.
- CARPENTER, S. R. - CARACO, N. F. - CORRELL, D. L. - HOWARTH, R. W. - SHARPLEY, A. N. - SMITH, V. H. Nonpoint pollution on surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 1998, vol. 8, s. 559-568
- Cenia, 2010, [www.geoportal.cenia.cz](http://www.geoportal.cenia.cz)
- CIRMO, CH. P. – MCDONNELL, J. J. Linking the hydrologic and biogeochemical controls of nitrogen transport in near-stream zones of temperate-forested catchments: a review. *Journal of Hydrology*, 1997, vol. 199, s. 88-120
- Čistička – info: Požadavky EU na čističku nestihne 13 obcí. [www.cistička.info/?p=61](http://www.cistička.info/?p=61), 8.4.2010
- ČSÚ, 2010. Český statistický úřad, Velikostní struktura obcí, [www.czso.cz](http://www.czso.cz)
- EEA. Data service, Specific water indicator. [www.eea.eu](http://www.eea.eu) , 2008
- EEA – ETC/WTR, Urban Waste Water Treatment, Water Treatment Report, [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/implrep2007/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/implrep2007/index_en.htm)., 2010
- ELLIS, J. C. – LACEY, R. F. Sampling: defining the task and planning the scheme. In: *River Pollution Control*. Stiff, M. J. (ed.). Chichester, Ellis Horwood, 1980. s. 247-274
- FELDWISCH, N. – FREDE, H-G. Stoffeinträge in Gewässer aus der Landwirtschaft. In *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Frede, H-G. – Dabbert, S. (Hrsg.). 2., korrigierte Auflage. Landsberg: ecomed, 1999. s. 4-22., 451 s. ISBN: 3-609-65272-1
- FINNEGAN, C. J. – VAN EGMOND, R. A. – PRICE, O. R. – WHELAN, M. J. Continuous-flow laboratory simulation of stream water quality changes downstream of an untreated wastewater discharge. *Water research*. 2009, Vol. 43, s. 1993-2001
- FRIESECKE, G. Treatment plants with small quantities of sewage during the first phase of operation. *Water Research*, 1972. Vol. 6., Issue 4-5, s. 375-376

GALLEGO, A. – HOSPIDO, A. – MOREIRA, M. T. – FEIJOO, G. Environmental performance of wastewater treatment plants for small populations. *Resources, Conservation and Recycling*. 2008, Vol. 52, Issue 6, s. 931-940

GARCÍA, J. – MUJERIEGO, R. – OBIS, J. M. – BOU, J. Wastewater treatment for small communities in Catalonia (Mediterranean region). *Water Policy*, 2001, Vol. 3, Issue 4, s. 341-350

GARNIER, J. – LAROCHE, L. – PINAULT, S.. Determining the domestic specific loads of two wastewater plants of the Paris conurbation (France) with contrasted treatments: A step for exploring the effects of the application of the European Directive. *Water Research*, 2006, vol. 40, s. 3257 – 3266

HAGGARD, B. E. – STORM, D. E. – STANLEY, E. H.. Effect of a point source input on stream nutrient retention. *Journal of the American Water Resources Association*, 2001, Vol. 37, s. 1291–1299

HEJZLAR, J. – BOROVEC, J. – PORCAL, P. – ŽALOUĐÍK, J. – PORCALOVÁ, P.. Redukce zdrojů fosforu v povodí nádrže Jordán. *Vodní hospodářství*, roč. 52, č. 2, 2002, str. 51 - 53

HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*, Praha, Portál, 2006, Vyd. 2., opr. 583 s. ISBN 80-7367-123-9

HOUSE, W. A. – DENISON, F. H.. Nutrient dynamics in a lowland stream impacted by sewage effluent: Great Ouse, England. *The Science of the Total Environment*, 1997, Vol. 205, s. 25-49

HVÍZDAL, J. – ZACHAŘOVÁ, J. *Systém provozu monitoringu Zemědělské vodohospodářské správy (ZVHS), metodické zásady: Oddíl 3: Metodika odběrů vzorků vod a ostatních složek vodního prostředí (sedimentů, organismů) pro potřeby monitoringu jakosti drobných vodních toků (DTV) a malých vodních nádrží (MVN) ve správě ZVHS. Oddíl 4: Metody laboratorních analýz a zásady*. Brno: Zemědělská vodohospodářská správa, 2001. 29 s

ISERMANN, K. Nährstoffbilanzen und aktuelle Nährstoffversorgung der Böden. In *Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Band 5: Nährstoffhaushalt, Berichte über Landwirtschaft*. BMELF (Hrsg). 1993. 207. Sonderheft, s. 15-54

JANSKÝ, B.. *Vliv plošných zdrojů látek na kvalitu povrchových vod v českém povodí Labe*. kandidátská disertační práce, Praha 1982, Přírodovědecká fakulta UK, Katedra kartografie a fyzické geografie, 135 s., 75 tabulek, 43 grafických a mapových příloh, forma volné vědecké přípravy – bez školitele.

JANSKÝ, B – JUDOVÁ P. Kvalita povrchových vod v povodí řeky Šlapanky: modelová situace českého venkova, *Geografie – sborník české geografické společnosti*, 2005, roč. 110, č. 1

JANSKÝ, B – PIVOKONSKÝ, M. Vývoj jakosti povrchových vod v povodí Cidliny, *Geografie – sborník České geografické společnosti*, 2001, roč. 106, č. 2, s. 74-93

JANSKÝ, B. Changing water quality in the czech part of the Labe catchment area in the 1990s (Twelve years of cooperation of Czechs and Germans on the river Elbe), *Geografie – sborník české geografické společnosti*, 2002, roč. 107, č. 2, s. 98-110

KAŠPÁREK, Ladislav. *Analýza korelačních vztahů mezi průtokovými a srážkovými řadami*. 1. vydání. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1982. 38 s. Práce a studie – věda a výzkum v praxi, Sešit 2.

KNAUER, N. – MANDER, Ů. Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. 1: Filterung von Stickstoff und Phosphor. *Zeitschrift für Kulturtechnische Landentwicklung*. 1989, 30, s. 365-376

KLOUDA, Z. Vztahy mezi koncentracemi fosforu a dusíku v tocích a strukturou krajiny v povodích Lipna, Jordána a Kamenice. Biologická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice, Diplomová práce. Vedoucí práce: Hejzlar, J., 2002, 43 s

- KRONVANG, B. - LARSEN, S. E. - JENSEN, J. P. - ANDERSEN, H. E. - HEJZLAR, J.. Catchment report: Zelivka, Czech Republic, Trend Analysis, Retention and Source Apportionment. EUROHARP Report 17-2005, NIVA Report SNO 5086-2005, Oslo, Norway, 2005, 23 s.
- KUUSEMETS, V. - MANDER, Ů. Nutrient flows and management of a small watershed. *Landscape Ecology*, 2002, vol. 17 (Suppl. 1), s. 59-68. ISSN 0921-2973.
- KVÍTEK, T. - ŽLÁBEK, P. - BYSTRICKÝ, V. - FUČÍK, P. - LEXA, M. - GERGEL, J. - NOVÁK, P. - ONDR, P. Changes of nitrate concentrations in surface waters influenced by land use in the crystalline complex of the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2009, Vol. 34, s. 541-551
- LANGHAMMER, J. – Geostatistická klasifikace dynamiky změn kvality vody v povodí Labe. *Geografie – sborník české geografické společnosti*, 2005, roč. 110, č. 1, s. 15-31
- LANGHAMMER, J. – KLIMENT, Z. Změny kvality vody v zemědělských oblastech Česka. *Geografie – sborník české geografické společnosti*, 2006, roč. 111, č. 2, s. 168-185.
- LANGHAMMER, J. Modelování plošných zdrojů znečištění povrchových vod, *Geografie – sborník české geografické společnosti*, 2002, roč. 107, č. 1, s. 23-39
- LANGHAMMER, J.. *Vývoj kvality vody v Labi – aplikace matematických modelů jakosti vody*, disertační práce, Katedra fyzické geografie a geokologie, školitel: Janský, B. Přírodovědecká Fakulta, Univerzita Karlova, Praha, 1999, 235 s.
- LIU, W. – CHEN, D. Spatial impact of organic matters from point sources on stream water quality. *Minim Science and Technology*. 2009, Vol. 19, s. 0256-0261
- MANDER, Ů. – KULL, A. – TAMM, V. – KUUSEMENTES, V. – KARJUS, R. Impact of climatic fluctuations and land use change on runoff and nutrient losses in rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 1998, vol. 41, s. 229-238.
- MARTÍ, E. – AUMATELL, J. – GODÉ, L. – POCH, M. – SABATER, F.. Nutrient retention efficiency in streams receiving inputs from wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Quality*, 2004, Vol. 33, s. 285–293
- MEREBURGER, G. C. – MARTÍ, E. – SABATER, F. Net changes in nutrient concentrations below a point source input in two streams draining catchments with contrasting land uses. *Science of the Total Environment*, 2005, Vol. 347, s.217– 229
- MULLISS, R. M. – REVITT, M. D. - SHUTES, B. R. The impacts of urban discharges on the hydrology and water quality of an urban watercourse. *The Science of the Total Environment*. 1996, Vol. 189/190, s. 385-390
- NOVOTNY, V.: Integrating diffuse/nonpoint pollution control and water body restoration into watershed management. *Journal of the American Water Resources Association*. 1999, Vol. 35, Issue 4, s. 717-727
- Ødegaard, H. – Skrøvsseth, A. F. Evaluation of performance and process stability of different processes for small waste water treatment plants. *Water Science and Technology*. 1997, Vol. 35, Issue 6, s. 119-127
- OLIVEIRA, S. C. – VON SPERLING, M. Reliability analysis of wastewater treatment plants. *Water Research*, 2008, Vol. 42, Issues 4-5, s. 1182-1194
- PAUL, M. J. – MEYER, J. L.. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001, No. 32, s. 333–65
- PEDROLI, B. – DE BLUST, G. – VAN LOOY, K. – VAN ROOIJ, S..Setting targets in strategies for river restoration. *Landscape Ecology*, 2002, vol. 17 (Suppl. 1), s. 5-18. ISSN 0921-2973
- PECHAR, L. Long-term changes in fish pond management as an unplanned ecosystem experiment: Importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science and Technology*, 1995, Vol. 32, Iss. 4, s. 187-196

- PETERSON, B. J. – WOLHEIM, W. M. – MULHOLLAND, P. J. – WEBSTER, J. R. – MEYER, J. L. – TANK, J. L. et al.. Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*, 2001. Vol. 292, s. 86-90
- PIONKE, H.B. – GBUREK, W. J. – SHARPLEY, N. Critical source area controls on water quality in an agricultural watershed located in the Chesapeake Basin. *Ecological Engineering*, 2000, vol. 14, no. 4, s. 325-335.
- PÍSAŘOVÁ, M. – MRÁZKOVÁ, M. – FUCHS, P. *Postup při volbě a schvalování způsobu zneškodňování odpadních vod v obcích do 2000 ekvivalentních obyvatel*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2003, 50 s. Vydáno v rámci projektu VaV: Hodnocení možností čištění odpadních vod ze zdrojů do 2000 EO. ISBN 80-85900-50-5
- PITTER, P. Zdroje a odstraňování nutrientů. *Vodní Hospodářství*, roč. 52, 2002, č. 2, s. 29-31
- PITTER, P. Diskusní příspěvek k článku Slaviček: Fosfor v pracích prášcích. *Vodní Hospodářství*, 2010, roč. 60, č. 5, listy CzWA, str. VII.
- PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 2. vydání přepracované. Praha: vydavatelství VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.
- PROCHÁZKA, J. – WOTAVOVÁ, K. – KUČERA, Z. – PECHAR, L. Funkce povodí v pramenné oblasti – hydrologická a hydrochemická charakteristika tří odlišných malých povodí. *Závěrečná zpráva*. Laboratoř aplikované ekologie, ZF JČU, České Budějovice. 2000. 17 s.
- RAST, W. - LEE, G. .F.. Nutrient loading estimates for lakes. *Journal of Environmental Engineering*, 1983, vol. 109, s. 502-517.
- RITTER, W. F. – HARRIS, J. R.. Nonpoint source nitrogen loads to delaware lakes and strems. *Agricultural Wastes*, 1984, Vol. 9, Issue 1, s. 35-50
- RÖDLOVÁ, S. Surface water quality in small catchment areas after the construciton of wastewater treatment plants. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis*. 2007. Vol 101, s. 106-112
- RYŠAVÝ, I. Pro malé obce bude klíčový rok 2015. *Moderní obec*. [www.enviweb.cz/clanke/covky/81874/pro-male-obce-bude-klicovy-rok-2015](http://www.enviweb.cz/clanke/covky/81874/pro-male-obce-bude-klicovy-rok-2015). 25.5.2010
- SAJIDU, S. M. I. – MASAMBA, W. R. L. – HENRY, E. M. T. – KUYELI, S. M. Water quality assessment in streams and wastewater treatment plants of Blantyre, Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth*. 2007, Vol. 32, s. 1391–1398
- SHARPLEY, A. – CHAPRA, S. – WEDEPOHL, R. – SIMS, J. – DANIEL, T. – REDDY, K. Managing agricultural phosphorus for protection of sufgace waters – Issues and options. *Journal of Environmental Quality*, 1994, vol. 23, no.3, s. 437-451.
- SHARPLEY, A. N. – REKOLAINEN, S. Phosphorus in Agriculture and Its Environmental Implications. In *Phosphorus Loss from Soil to Water*. Tunney, H. – Carton, O. T. – Brookes, P. C. – Johnston, A. E. (Eds.). Wallingford: Cabineternational, 1997. s.1-53
- SHRESTHA, S. – KAZAMA, F. – NEWHAM, L.T.H.. A framework for estimating pollutant export coefficients from long-term in-stream water quality monitoring data. *Environmental Modelling & Software*. 2008, vol. 23, s. 182-194
- SIEGL, A. – BRUCH, I. – MÜHL, M. *Gestaltng von Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum: unter besonderer Berücksichtigung landschaftsökologischer Gesichtspunkte und der Erstellung von Planungs-, Bewertungs- und Entscheidungshilfen*. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Saarbrücken: Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes, 1998. 155 s

SKOČOVSKÝ, L. – PAVLIŠ, P. – KOLEKTIV ODDĚLENÍ MONITORINGU OSI ZVHS BRNO. *Systém provozu monitoringu Zemědělské vodohospodářské správy ZVHS), metodické zásady: Oddíl 1: Obecné informace. Oddíl 2: Odběrné profily monitoringu, evidence, údržba, principy lokalizace.* Brno: Zemědělská vodohospodářská správa, 2001, 9 s

SOJKA, J. *Malé čistírny odpadních vod. 2. aktualizované vydání.* Brno: ERA, 2004. 98s. ISBN 80-86517-80-2

SOKOLLEK, V. - SÜBMANN, W. – WOHLRAB, B. Einfluß land- und forstwirtschaftlicher Bodennutzung sowie von Sozialbrache auf die Wasserqualität kleiner Bachläufe im ländlichen Mittelgebirgsraum. In *Einfluß der Landnutzung auf den Gebietswasserhaushalt.* Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK). Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1983. Heft 57.

STRAŠKRABOVÁ, V. Dusíkový paradox, Sloučeniny dusíku v evropských řekách. *Vesmír*, 1995, roč. 74, č. 1, s. 11-12

ŠÁLEK, J. – ŽÁKOVÁ, Z. – HRNČÍŘ, P. *Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech.* 1. vydání. Brno: Era, 2008. 115 s. ISBN 978-80-7366-125-0

ŠÁLEK, J. Malé vodní nádrže v životním prostředí. Vysoká škola báňská v Ostravě, Technická univerzita, Brno, 1996. Za podpory programu PHARE.

UBA. *Jahresbericht.* Berlin: Umweltbundesamt. 1995.

Voda v ČR, MZe, Úsek vodního hospodářství, Praha, 2008, ISBN 80-7084-498-1

Vodohospodářský servis Dobruška, s.r.o – výroční zprávy k ČOV Černošín

Velikostní struktura obcí, ČSÚ, [www.czso.cz/csu/2003edicniplan.hsf/o/4120-03-casova\\_rada\\_1961\\_2001\\_3\\_velikostni\\_struktura\\_obci\\_](http://www.czso.cz/csu/2003edicniplan.hsf/o/4120-03-casova_rada_1961_2001_3_velikostni_struktura_obci_)

VOLAUFVÁ, L. – LANGHAMMER, J. Specifické znečištění povrchových vod a sedimentů v povodí Klabavy, *Geografie – sborník České geografické společnosti*, 2006, roč 111, č. 2, s. 152-167

Waterbase. Water assessment. 2008, [www.themes.eea.europa.eu](http://www.themes.eea.europa.eu).

WENDLAND, F. – ALBERT, H. – BACH, M. – SCHMIDT, R.. Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1993.

ZVÁRA, K. *Biostatistika.* Univerzita Karlova v Praze, Karolinum, Praha 2004, 2. Vydání, 213 s., ISBN 80-246-0739-5

ZVHS. Výsledky monitoringu jakosti vody na drobných vodních tocích. 2010, [www.zvhs.cz](http://www.zvhs.cz)

#### Citované zákony a směrnice:

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

ČSN 75 7221 „Jakost vody – Klasifikace jakosti povrchových vod“. Český normalizační institut, 1998

Směrnice č. 91/271/EC o čištění městských odpadních vod

Směrnice č. 91/676/EEC o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů, tzv. Nitrátová směrnice



<b>Seznam obrázků</b>		
Číslo obrázku	Název obrázku	strana
1	Spotřeba hnojiv a zemědělská produkce v ČR v letech 1989 - 2008	5
2	Počet kusů skotu a prasat v ČR v letech 1989-2008	6
3	Koncentrace BSK a NH <sub>4</sub> v evropských řekách v letech 1992 - 2002	9
4	Koncentrace BSK <sub>5</sub> v řekách v různých zemích Evropy v letech 1992 - 2002	9
5	Koncentrace celkového dusíku v evropských řekách dle států v letech 1992 - 2002	10
6	Koncentrace NO <sub>3</sub> v podzemních vodách v různých regionech Evropy v letech 1992 - 2005	10
7	Koncentrace N-NO <sub>3</sub> v řekách v regionech Evropy v letech 1992 - 2005	11
8	Průměrné roční koncentrace dusíku a fosforu v Evropě v letech 1992 - 2005	12
9	Koncentrace P-PO <sub>4</sub> v řekách a PC v jezerech v regionech Evropy v letech 1990 - 2005	13
10	Mediánové roční koncentrace PC v různě velkých řekách Evropy v letech 1990 - 1998	14
11	Změny v čištění vody v regionech Evropy v letech 1990 – 2005	19
12	Změny v čištění vody v zemích západní Evropy v letech 1980 - 2005	20
13	Změny v čištění vody v zemích jižní Evropy v letech 1980 - 2005	20
14	Změny v čištění vody v zemích střední Evropy v letech 1980 - 2005	21
15	Podíl obyvatel bydlících v domech připojených na kanalizaci pro veřejnou potřebu v r. 2004 v jednotlivých krajích ČR	23
16	Legenda k mapám na obrázcích č. 17 - 25	25
17	Krajinný pokryv, povodí Prušánky, Čejkovice	31
18	Digitální model území, povodí Prušánky, Čejkovice	31
19	Krajinný pokryv, povodí Černošínského potoka, Černošín	32
20	Digitální model území, povodí Černošínského potoka, Černošín	32
21	Krajinný pokryv, povodí Bousovského potoka, Dolní Bousov	33
22	Digitální model území, povodí Bousovského potoka, Dolní Bousov	33
23	Krajinný pokryv, povodí Třebonínského potoka, Dolní Třebonín	34
24	Digitální model území, povodí Třebonínského potoka, Dolní Třebonín	34
25	Krajinný pokryv, povodí Modřejky, Tochovice	35
26	Digitální model území, povodí Modřejky, Tochovice	35

Indikátor	Název	Čejkovice	Černošín	D. Bousov	D. Třebonín	Tochovice
Číslo obrázku						
Číslo strany						
O <sub>2</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	27	60	92	125	158
		38	61	82	104	128
	Zastoupení koncentrací, boxploty	28	61	93	126	159
		38	61	83	105	128
	Četnosti tříd, sloupcový graf	29	62	94	127	160
		39	62	83	105	129
BSK <sub>5</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	30	63	95	128	161
		40	63	84	106	130
	Zastoupení koncentrací, boxploty	31	64	96	129	162
		40	63	85	107	130
	Četnosti tříd, sloupcový graf	32	65	97	130	163
		41	64	85	107	131
	Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf	33	66	98	131	164
		42	64	86	108	131
CHSK <sub>Cr</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	34	67	99	132	165
		43	65	87	109	132
	Zastoupení koncentrací, boxploty	35	68	100	133	166
		43	66	87	109	133
	Četnosti tříd, sloupcový graf	36	69	101	134	167
		44	66	88	110	133
	Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf	37	70	102	135	167
		44	67	88	110	134
TOC	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	38	71	103	136	168
		45	68	89	111	135
	Zastoupení koncentrací, boxploty	39	72	104	137	169
		46	68	90	112	135
	Četnosti tříd, sloupcový graf	40	73	105	138	170
		46	69	90	112	136
κ	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	41	74	106	139	171
		47	70	91	114	137
	Zastoupení koncentrací, boxploty	42	75	107	140	172
		48	70	92	114	137
	Četnosti tříd, sloupcový graf	43	76	108	141	173
		48	71	92	115	138
N-NH <sub>4</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	44	77	109	142	174
		49	72	93	116	139
	Zastoupení koncentrací, boxploty	45	78	110	143	175
		50	72	94	116	139
	Četnosti tříd, sloupcový graf	46	79	111	144	176
		50	73	94	117	140
	Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf	47	80	112	145	177
		51	73	95	118	140



N-NO <sub>2</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	48	81	113	146	141	
		52	74	96	119	178	
	Zastoupení koncentrací, boxploty	49	82	114	147	179	
		52	75	96	119	142	
	Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf	50		115	148		
		53		97	120		
N-NO <sub>3</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	51	83	116	149	180	
		54	76	98	121	143	
	Zastoupení koncentrací, boxploty	52	84	117	150	181	
		54	76	98	121	143	
	Četnosti tříd, sloupcový graf	53	85	118	151	182	
		55	77	99	122	144	
	Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf	54	86	119	152		
		55	77	99	122		
	P <sub>C</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf	55	87	120	153	183
			57	78	100	124	145
Zastoupení koncentrací, boxploty		56	88	121	154	184	
		57	79	101	124	146	
Četnosti tříd, sloupcový graf		58	90	123	156	186	
		58	79	101	125	146	
Absolutní hodnoty – tok a ČOV, spojnicový graf		59	91	124	157	187	
		59	80	102	126	147	
P-PO <sub>4</sub>		Absolutní hodnoty, spojnicový graf	55	87	120	153	183
			57	78	100	124	145
	Zastoupení koncentrací, boxploty	57	89	122	155	185	
		57	79	101	124	146	
O <sub>2</sub>	Absolutní hodnoty, spojnicový graf se stejným měřítkem	187	188	189	190	191	
		149					
BSK <sub>5</sub>	- II-	192	193	194	195	196	
		150					
CHSK <sub>Cr</sub>	- II-	197	198	199	200	201	
		151					
TOC	- II-	202	203	204	205	206	
		152					
κ	- II-	207	208	209	210	211	
		153					
N-NH <sub>4</sub>	- II-	212	213	214	215	216	
		154					
N-NO <sub>2</sub>	- II-	217	218	219	220	221	
		155					
N-NO <sub>3</sub>	- II-	222	223	224	225	226	
		156					
P <sub>C</sub> a P-PO <sub>4</sub>	- II-	227	228	229	230	231	
		157					

<b>Seznam tabulek</b>		
Číslo tabulky	Název tabulky	strana
1	Podíl plošných a bodových zdrojů na znečištění povrchových vod	4
2	Podíl zdrojů na znečištění povrchových vod dusíkem	4
3	Frekvence rozborů spadajících do I. – V. jakostní třídy dle ČSN 75 7221 na malých tocích	15
4	Frekvence rozborů překračujících mezní hodnoty dle NV 229/2007 Sb.	15
5	Snížení některých vybraných ukazatelů v ČOV	17
6	Konečné datum pro uskutečnění čištění odpadních vod	18
7	Kanalizační sítě a ČOV v ČR v letech 1989 - 2008	21
8	Počet obyvatel ČR připojených na různé typy ČOV v r. 2008	22
9	Počet čistíren v ČR v r. 2008	22
10	Poskytovatelé dat vybraných chemických analýz na ČOV	24
11	Poskytovatelé informací o zemědělské živočišné výrobě	24
12	Přehled základních charakteristik vybraných povodí	26
13	Barevné označení zvolených indikátorů	28

Indikátor	Název	Čejkovice	Černošín	D. Bousov	D. Třebonín	Tochovice
Číslo tabulky						
Číslo strany						
Statistické hodnoty průtoků čistíren		14	41	66	97	124
		37	60	81	103	127
Počty měření		15	42	67	98	125
		37	60	81	103	127
O <sub>2</sub>	Statistické hodnoty	16	43	68	99	126
		38	60	82	104	127
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	17	44	69	100	127
		39	62	83	105	129
BSK <sub>5</sub>	Statistické hodnoty	18	45	70	101	128
		39	62	84	106	129
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	20	46	73	103	129
		41	64	85	107	131
CHSK <sub>Cr</sub>	Statistické hodnoty	21	47	74	105	130
		42	65	86	108	132
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	23	48	77	107	131
		44	66	88	110	133
TOC	Statistické hodnoty	24	50	78	109	132
		45	67	89	111	134
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	26	51	80	111	133
		46	69	90	113	136
κ	Statistické hodnoty	27	52	81	112	134
		47	69	91	113	136
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	29	53	82	113	135
		48	71	92	115	138
N-NH <sub>4</sub>	Statistické hodnoty	30	54	83	114	136
		49	71	93	115	138
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	32	56	85	116	137
		50	73	94	117	140
N-NO <sub>2</sub>	Statistické hodnoty	33	57	86	117	138
		51	74	95	118	141
N-NO <sub>3</sub>	Statistické hodnoty	35	59	89	118	139
		53	75	97	120	142
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	36	60	90	119	140
		55	77	99	122	144
PC	Statistické hodnoty	37	61	92	120	141
		56	78	100	123	144
	Absolutní a relativní zastoupení počtu měření dle tříd jakosti vody	39	64	95	122	144
		58	80	102	125	146
P-PO <sub>4</sub>	Statistické hodnoty	38	62	93	121	142
		56	78	100	123	145
Třídy jakosti vody dle ČSN 75 7221		40	65	96	123	145
		59	81	103	126	148
146	Porovnání zastoupení tříd v malých tocích dle ZVHS a v Modřejce				159	