

Studie na zlepšení jakosti vod na vodním díle Hracholusky



LISTOPAD 2018

Zhotovitel: sdružení Společností VRV & DHI



Studie na zlepšení jakosti vod na vodním díle Hracholusky

Pořizovatel



Plzeňský kraj
Škroupova 18
306 16 Plzeň

Zhotovitel: Sdružení společností VRV & DHI



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Nábřežní 4
150 56 Praha 5



DHI, a.s.
Na Vrších 1490/5
100 00 Praha 10

V Praze, březen 2018

Obsah

ÚVOD	7
1 SHROMÁŽDĚNÍ DOSTUPNÝCH PODKLADŮ A DAT TÝKAJÍCÍCH SE POVODÍ VD HRACHOLUSKY	9
1.1 Jakostní monitoring	12
1.1.1 Pravidelný monitoring Povodí Vltavy, s. p.	12
1.1.2 Mimořádná monitorovací kampaň 2017/2018	19
1.2 Jakostní monitoring VN Hracholusky	21
1.3 Hydrologický monitoring a jeho zhodnocení	26
1.3.1 Základní zhodnocení hydrologických údajů	27
1.3.2 Analýza výskytu sucha a sezónního chodu průtoků	29
1.3.3 Výskyt povodňových situací	31
1.3.4 Srážkové poměry	32
1.3.5 Charakteristika území z hlediska specifického odtoku	32
1.3.6 Operativní srážko-odtokové informace	34
1.4 Komunální zdroje znečištění	36
1.4.1 Základní demografické údaje	36
1.4.2 Sběr informací o komunálních zdrojích znečištění	38
1.4.3 Způsoby likvidace odpadních vod v povodí VD Hracholusky	45
1.4.4 Komunální ČOV v povodí VD Hracholusky	47
1.4.5 Rekreační v bezprostředním okolí VD Hracholusky a její vliv na znečištění nádrže	55
1.5 Sběr informací o hospodaření na produkčních rybnících	61
1.6 Identifikace průmyslových zdrojů odpadních vod	63
1.7 Využití území	69
1.8 Rešerše dostupných podkladů	72
1.8.1 Vodohospodářský informační portál	72
1.8.2 Centrální registr vodoprávní evidence (CRVE)	73
1.8.3 Evidence vodohospodářských aktivit Plzeňského kraje	74
1.8.4 Zpracování a vyhodnocení údajů z Národního plánu povodí Labe a Plánu dílčího povodí Berounky	74
2 DOPLNĚNÍ INFORMACÍ O VÝSLEDKY AKTUÁLNÍ MONITOROVACÍ KAMPANĚ, PRŮZKUMU POVODÍ NAD NÁDRŽÍ A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT	83
2.1 Doplnění ročního rozšířeného monitoringu o zachycení látkové vlny	84
2.1.1 Stříbro 16.5.2018	84
2.1.2 Stříbro 24.5.2018	87
2.1.3 Planá u Mariánských Lázní 24. 5. 2018	89
2.1.4 Mariánské Lázně 24. 5. 2018	90
2.1.5 Srážkové epizody - obecné závěry	91
2.2 Vyhodnocení současného stavu VD Hracholusky	92
2.2.1 Pravidelný monitoring nádrže	92
2.2.2 Základní charakteristiky důležité pro hodnocení jakosti vody v nádrži	92

2.2.3	Trendy vývoje jakosti vody.....	94
2.2.4	Vývoj podélného a hloubkového profilu VD Hracholusky.....	99
2.2.5	Určení cílových hodnot úrovně trofie v nádrži	108
2.2.6	Vyhodnocení hromadné a individuální rekreace na VD Hracholusky	111
2.2.7	Výsledky monitoringu v roce 2018.....	113
2.3	Vyhodnocení současného stavu vodních toků	121
2.3.1	Trendy jakosti vody v hlavních přítocích do nádrže.....	121
2.3.2	Sezonalita hlavních přítoků VD Hracholusky.....	137
2.3.3	Rozšířený monitoring povrchových a odpadních vod v povodí VD Hracholusky	139
2.4	Způsob hospodaření na rybnících v povodí VD Hracholusky.....	156
2.5	Doplnění chybějících údajů na bodových zdrojích znečištění	159
2.5.1	Doplnění hodnot koncentrací ukazatele P-PO ₄	159
2.5.2	Doplnění chybějících parametrů u zdrojů bez měření koncentrace	160
2.6	Zdroje znečištění v povodí VD Hracholusky	162
2.6.1	Komunální zdroje znečištění.....	165
2.6.2	Průmyslové zdroje znečištění	168
2.6.3	Hospodaření na rybnících.....	168
2.6.4	Komplexní vyhodnocení rybníků.....	169
2.6.5	Chov vodní drůbeže na rybnících	169
2.7	Monitoring rybníků v rámci monitorovací kampaně v povodí VD Hracholusky.....	172
3	SESTAVENÍ JAKOSTNÍHO MODELU A ANALÝZA VÝZNAMNOSTI JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ NUTRIENTŮ, ZEJMÉNA FOSFORU, V POVODÍ.....	175
3.1	Modelovací software MIKE BASIN	175
3.2	Simulace koncentrací v modelu MIKE BASIN	176
3.3	Zpracování vstupních dat.....	177
3.3.1	Struktura modelu.....	177
3.3.2	Uživatelé	178
3.3.3	Hydrologická data	178
3.3.4	Koncentrace látek v profilech měření	180
3.3.5	Nebodové (ostatní) zdroje látek.....	182
3.3.6	Souhrn, dílčí závěry ze zpracování dat	184
3.4	Kalibrace modelu	185
3.5	Varianty opatření.....	187
3.6	Výsledky simulací.....	189
3.6.1	Poměr vnosu látek a látkového toku, podíl bodových zdrojů	189
3.6.2	Snížení množství celkového fosforu díky opatřením	193
3.7	Souhrn 195	
3.7.1	Hlavní závěry	195
3.7.2	Hlavní zdroje nejistot	196
3.7.3	Doporučení	196
4	NÁVRHY OPATŘENÍ A ODHAD JEJICH VLIVU NA VSTUP DO VD HRACHOLUSKY.....	198

4.1	Návrhy opatření u relevantních zdrojů znečištění na zlepšení stavu koncentrace P_{celk}	199
4.2	Významnost plošných zdrojů znečištění	200
4.3	Obecný přístup k návrhu opatření	202
4.4	Možnosti opatření ve prospěch jakosti vody v nádrži	203
4.5	Typy opatření	205
4.5.1	Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	205
4.5.2	Opatření přírodě blízka	206
4.5.3	Hospodaření s vodou ve větších sídlech	207
4.5.4	Opatření na rybnících	225
4.5.5	Individuální zdroje	226
4.5.6	Monitoring	229
4.6	Souhrn navržených opatření	230
4.6.1	Variantní přístup k návrhu opatření	230
4.7	Odhad nákladů navrhovaných opatření	232
4.7.1	Náklady opatření na VH infrastrukturu	232
4.7.2	Náklady na opatření přírodě blízka	233
4.7.3	Náklady na opatření hospodaření s vodou ve větších městech	233
4.7.4	Náklady opatření na rybnících	234
4.7.5	Náklady opatření individuální zdroje	234
4.7.6	Náklady na opatření monitoring	234
4.8	Hodnocení efektivity opatření a výběr opatření k realizaci	235
4.8.1	Hodnotící kritéria	235
4.8.2	Výběr a etapizace opatření	237
4.8.3	Náklady na realizaci opatření	238
4.8.4	Náklady v nejbližším období	239
4.8.5	Efekt opatření	241
4.9	Realizovatelnost a financování opatření	243
4.9.1	Dotační programy MZe	243
4.9.2	Dotační programy OPŽP	244
4.9.3	Dotační programy Plzeňského kraje	244
4.9.4	Role studie v procesu plánování v oblasti vod	246
5	ZÁVĚRY A VYHODNOCENÍ	247
6	SEZNAM PŘÍLOH	250
7	SEZNAM ZDROJŮ	251

ÚVOD

VN Hracholusky byla zbudována za účelem akumulace vody pro průmysl (Škoda), závlahy a teplárnu. Dalšími účely jsou snížení účinků povodní, rekreace, energetické využití, rybolov a zajištění minimálního zůstatkového průtoku. Obzvláště rekreační využití je omezeno rozvojem sinic. Rekreační využití má na této vodní nádrži významné místo. V plné sezóně se počet rekreatantů na nádrži může blížit až 10 tisícům. Jak bylo uvedeno výše, rekreační využití je v současnosti omezeno rozvojem sinic na vodním díle. Tento zvýšený výskyt sinic je způsoben nadměrným zatížením nádrže živinami, převážně pak celkovým fosforem.

Předkládaná studie se zabývá analýzou zdrojů živin v povodí VN Hracholusky, konkrétně jsou řešeny ukazatele fosfor celkový (P_{celk}), fosfor fosforečnanový ($P\text{-PO}_4$), dusík celkový (N_{celk}) a dusík dusičnanový ($N\text{-NO}_3$). Studie formou jakostního modelu zpracovává celé povodí a bude obsahovat také nápravná opatření ke zlepšení stavu jakosti vod. Dále bude studie obsahovat také analýzu současného stavu vlastní nádrže VD Hracholusky včetně návrhů opatření přímo na nádrži.

Studie je rozdělena na pět samostatných částí:

1. Shromáždění dostupných podkladů a dat týkajících se povodí VD Hracholusky.
2. Doplnění informací o výsledky aktuální monitorovací kampaně, průzkumu v povodí nad nádrží a zhodnocení získaných dat.
3. Sestavení jakostního modelu a analýza významnosti jednotlivých zdrojů nutrientů, zejména fosforu v povodí.
4. Návrhy opatření a odhad jejich vlivu na vstup nutrientů do VD Hracholusky.
5. Závěry a vyhodnocení

Předkládaná zpráva obsahuje zpracování 1. části „*Shromáždění dostupných podkladů a dat týkajících se povodí VD Hracholusky*“. Byla získána data o jakosti vod, průtocích v řekách, využití území, vypouštění odpadních vod a další relevantní informace. Všechny údaje byly zpracované a byla provedena jejich syntéza a příprava pro využití v jakostním modelu. Předkládaná část studie obsahuje také základní zhodnocení získaných podkladů a jejich interpretaci.

1 SHROMÁŽDĚNÍ DOSTUPNÝCH PODKLADŮ A DAT TÝKAJÍCÍCH SE POVODÍ VD HRACHOLUSKY

Základem zpracovávané studie je podrobný a kvalitní sběr informací. Byly proto získány všechny relevantní informace o vodním hospodářství. Základním zdrojem informací bylo Povodí Vltavy s.p., které jako správce vodních toků shromažďuje velké množství důležitých podkladů. Byly ale také osloveny jednotlivé obce v povodí VD Hracholusky, provozovatelé ČOV. Byly prozkoumány dostupné veřejné databáze a další podstatné zdroje. Informace byly také získány z ČHMÚ, Krajské hygienické stanice a případně dalších organizací. Základní přehled získaných podkladů je uveden níže. Podrobné vyhodnocení jednotlivých podkladů je pak uvedeno v jednotlivých tematických kapitolách.

PŘEHLED ZÍSKANÝCH PODKLADŮ:

- **Dlouhodobý monitoring Povodí Vltavy s.p.** – Povodí Vltavy s.p., jakožto majoritní správce vodních toků je zodpovědný za provozování sítě monitorovacích profilů. Umístění konkrétních sledovaných monitorovacích profilů se může v čase měnit s ohledem na aktuální potřeby (např. nové vymezení útvarů povrchových vod), ale základní profily zůstávají dlouhodobě na stejných místech a umožňují analýzu vývoje jakosti vod. V povodí VN Hracholusky eviduje Povodí Vltavy s.p., 47 monitorovacích profilů tekoucích vod, z nichž na 18 z nich jsou k dispozici dlouhodobé řady pozorování. U ostatních profilů se jedná o různé zrušené profily, případně o účelový monitoring. Pro vyhodnocení dlouhodobých časových řad byly využity výsledky monitoringu za období 1997 – 2017. Referenční období určené pro kalibraci jakostního modelu je ale kratší, aby reflektovalo současnou situaci.
- **Monitoring VN Hracholusky** – Povodí Vltavy s.p. sleduje jakost vody ve vlastní VN Hracholusky v pěti lokalitách. Zde odebírá vzorky vody z různých hloubek (tzv. monitoring vertikál), kde se hodnotí změny jakosti vod v nádrži podélně i svisle. Monitoring nádrže probíhá také odběry směsných vzorků u hráze a na odtoku z nádrže. K dispozici jsou pro nádrž údaje z období 1999 – 2017
- **Koupací vody** – VD Hracholusky monitoruje také Krajská hygienická stanice z důvodů poskytování informací o koupacích vodách, které jsou na VD Hracholusky vymezeny dvě. Tento monitoring je zaměřen na získání informací o vhodnosti vody v nádrži ke koupání, a proto probíhá pouze v letní sezóně. Pro řešenou studii jsou získané údaje od roku 2010.
- **Monitoring průtoků** – v povodí VD Hracholusky je provozováno 8 limnigrafických stanic, které má ve správě Povodí Vltavy s.p., a ČHMÚ. V těchto profilech byly získány hodnoty denních průtoků. V limnigrafech, které provozuje Povodí Vltavy s.p., jsme získali také hodinové průtoky. Data byla sbírána za období 1997 – 2017.
- **Roční rozšířený monitoring povrchových a odpadních vod v povodí VD Hracholusky** – Plzeňský kraj zadal u Povodí Vltavy, s.p., provedení roční účelové monitorovací kampaně v povodí VD Hracholusky. Kampaň probíhala v období 04/2017 až 03/2018 a zaměřovala se na monitoring vodních toků s důrazem na vliv rybníků a také na hodnoty vypouštění odpadních vod z místních ČOV. Monitoring probíhal v 54 profilech povrchových vod s nestejnou četností, zároveň bylo monitorováno 29 ČOV. V rámci tohoto monitoringu byl na ČOV monitorován také ukazatel P-PO₄, který není součástí žádného jiného monitoringu ČOV.

- **Monitoring ČOV** – čistírny v povodí VD Hracholusky jsou monitorovány primárně jejich provozovateli. Četnost monitoringu a sledované parametry se liší u jednotlivých čistíren na základě vodoprávního povolení a konkrétního provozovatele (například největší provozovatel v řešeném povodí společnost VODAKVA Karlovy Vary sleduje na svých ČOV některé parametry nad rámec předepsaný rozhodnutím). Drobní provozovatelé (často jednotlivé obce) spravující menší ČOV běžně nemonitorují žádné z ukazatelů řešených v této studii. ČOV v povodí VD Hracholusky měří také z kontrolních důvodů Povodí Vltavy s.p., SFŽP, díky těmto monitoringům je k dispozici větší škála měření.
- **Dotazníkové šetření v jednotlivých obcích** – na začátku roku 2018 Plzeňský a Karlovarský kraj rozesílaly dotazníky všem obcím v povodí VD Hracholusky za účelem detailního sběru informací o současném stavu likvidace OV. Dotazníky obsahují dotazy na stávající ČOV, plánované investice do VH infrastruktury, rekreaci v daných lokalitách, existenci průmyslu, zemědělství apod., dále dotazy na typ kanalizačních sítí a způsoby individuální likvidace OV. Dotazníky poskytovaly také prostor pro osobní vyjádření problémů v jednotlivých obcích, které zpracovatel dotazníku palčivě vnímá. Návratnost dotazníku nebyla příliš vysoká, a proto bylo přistoupeno k telefonickému kontaktování jednotlivých starostů a vyplňování dotazníků tímto způsobem, kde se podařilo doplnit dostatečné množství informací.
- **Plán rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVK)** – v současné době probíhá v Plzeňském kraji sběr informací pro komplexní aktualizaci PRVK. Vzhledem k charakteru získávaných informací se jedná o velmi dobře využitelný podklad pro zpracovávání jakostní model, proto pro 48 katastrálních území jsou místo dotazníkového šetření využita čerstvě získaná data z aktualizace PRVK.
- **Dotazníkové šetření provozovatelů ČOV** – zároveň s dotazníky na starosty jednotlivých obcí byl také rozeslán dotazník provozovatelům ČOV s konkrétními podrobnými dotazy na danou čistírnu. Provozovatelé byli tímto způsobem také požádáni o data o objemu vypouštěné odpadní vody i o výsledky monitoringu ČOV na přítoku i na odtoku.
- **Vybrané údaje majetkové a provozní evidence** – vlastníci VH infrastruktury mají povinnost každoročně předávat na příslušné vodoprávní úřady v souladu s ustanovením § 5 odst. 3 zákona č. 274/2001 Sb, o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, příslušné informace. Následně jsou data předávána vodoprávními úřady Ministerstvu zemědělství. Tyto databáze obsahují základní souhrn informací o ČOV a kanalizacích.
- **Podklady GIS** – pro zpracování jednotlivých podkladů byly získány GIS podklady. Jedná se o využití databáze DIBAVOD (veřejně přístupné vrstvy s vodohospodářskou tematikou ke stažení – provozuje VÚV TGM v.v.i.). Plzeňský kraj poskytl soubor vrstev databáze ZABAGED pro zájmové území v jeho územním působení a byla také získána databáze CORINE 2012 pro vyhodnocení využití území. Pro zobrazování map jsou využity základní rastrové mapy, které formou WMS připojení poskytuje ČÚZAK.
- **Veřejně dostupné evidence** – vodohospodářská infrastruktura je obsažena v několika různých databázích a veřejně přístupných portálech:
 - **Vodohospodářský informační portál** – jedná se o portál, který slouží jako rozcestník dalších databází, odkazuje na jednotlivé podniky Povodí, na databázi CRVE (viz níže) a další relevantní vodohospodářské servery.

- **Centrální registr vodoprávní evidence (CRVE)** – jedná se o databázi jednotlivých povolení k nakládání s vodami. Byly získány seznamy relevantních vodoprávních povolení.
- **Evidence vodohospodářských aktivit Plzeňského kraje** – databáze obsahuje základní údaje o vypouštění odpadních vod a další informace z VH oboru. Databáze byla využita pro identifikaci ekologických zátěží, které mohou mít vliv na živinové zatížení povrchových vod a jako jeden z podkladů vyhodnocování bodových zdrojů.
- **Plán národního povodí Labe, Plán dílčího povodí Berounky** – plány oblastí povodí jsou základní koncepční dokumenty vodního hospodářství, obsahující informace o současném stavu vodních útvarů i návrhy opatření na zlepšení stavu vodních útvarů.

1.1 Jakostní monitoring

Sledování jakosti vod v povodí VN Hracholusky probíhá jednak dlouhodobě v rámci pravidelného měsíčního monitoringu (zajišťuje Povodí Vltavy, s. p.), jednak nárazově prostřednictvím účelového monitoringu (v roce 2017 - 2018 pro Plzeňský kraj provádělo Povodí Vltavy, s. p.). V následujícím textu stručně představíme stav monitorovací sítě s důrazem na období 2012 až 2017. Pozornost budeme věnovat sledovaným ukazatelům P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a $N\text{-NO}_3$ na tekoucích vodách v povodí. Vzhledem k rozdílnému významu vlastních dat při sestavení jakostního modelu byly oba typy monitoringu vyhodnoceny samostatně.

1.1.1 Pravidelný monitoring Povodí Vltavy, s. p.

Primárním zdrojem informací pro sestavení jakostního modelu jsou údaje pravidelného monitoringu. Velkou devizou tohoto typu dat je především dlouhodobá kontinuita, která vyvažuje nižší hustotu pozorovací sítě.

Monitorovací síť jakosti povrchových vod

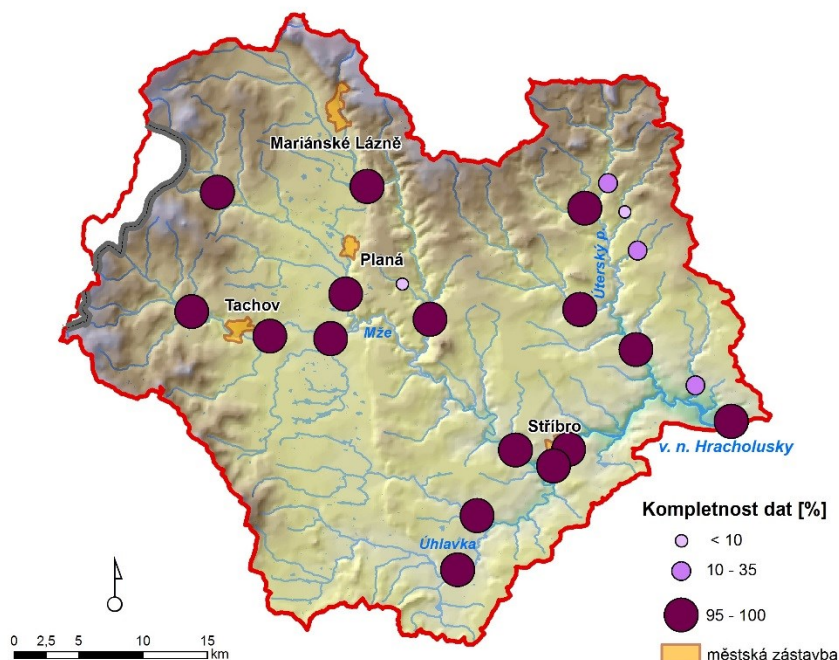
V povodí VN Hracholusky jsme identifikovali celkem 15 profilů s charakterem tekoucích vod, které mají prakticky kompletní pozorování vybraných parametrů jakosti v období 2012 až 2017. Přímé měření průtoku není v termínech odběrů k dispozici. Šestnáctou lokalitou pravidelné sítě s plnohodnotnou datovou základnou je profil na odtoku z VN Hracholusky. U ostatních profilů je počet disponibilních dat ve vybraných ukazatelích nepoměrně nižší a nepřesahuje 1/3 počtu odebraných vzorků pravidelné sítě.

Poloha profilů pravidelného monitoringu v povodí VN Hracholusky je zřejmá z obrázku Obr. 1.1-1. Velikost použitých symbolů a sytost barev u jednotlivých lokalit odkazuje na procentuální množství dostupných dat. Hodnotili jsme všechny čtyři hlavní ukazatele společně (P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a $N\text{-NO}_3$) a celé období 2012-2017. Šestnáct lokalit pravidelného monitoringu tematicky zachycuje třída symbolů největší velikosti. Informace o profilech jakostního monitoringu Povodí Vltavy, s. p. shrnuje tabulka Tab. 1.1-1. Barevně jsme v ní odlišili profily pravidelného monitoringu (bílá pole) od tzv. ostatních profilů (šedá pole) s malým počtem měření. Kromě čtyř zvolených parametrů (P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a $N\text{-NO}_3$) se v profilech pravidelného monitoringu sleduje řada dalších ukazatelů. Při komplexním vyhodnocení jakosti povrchových vod a určení jejich trendů (kapitola 2) jsme se zabývali také některými z těchto parametrů nad rámec základních řešených ukazatelů zpracovávané studie.

Základní vyhodnocení monitoringu jakosti povrchových vod

Analyzovali jsme průměrné hodnoty koncentrací vybraných ukazatelů v 16 profilech pravidelného monitoringu Povodí Vltavy, s. p. v období 2012 až 2017. Výsledky přináší tabulka Tab. 1.1-1. Ve třech případech, kdy v dané lokalitě dochází k duplicitě polohy (dva databázové objekty mají odlišný identifikátor a totožné souřadnice umístění) jsme údaje pro potřeby vyhodnocení sloučili a aritmetický průměr vypočítali z celého datového souboru. Méně relevantní hodnoty odvozené z tzv. ostatních profilů na základě omezeného množství dat v tabulce nejsou uváděny a v dalším textu nejsou okomentovány. Obdobné hodnocení mimořádné monitorovací kampaně Plzeňského kraje je uvedeno v samostatné kapitole 1.1.2.

Síť monitoringu Povodí Vltavy, s. p. (2012-2017)



Obr. 1.1-1 Síť monitoringu Povodí Vltavy, s. p. (2012-2017)

Průměrná dlouhodobá (2012-2017) koncentrace celkového fosforu se v rámci profilů pravidelného monitoringu v povodí VN Hracholusky vyskytuje v rozmezí 0,022 až 0,144 mg/l. Všechny lokality tedy splňují limit přípustného znečištění 0,15 mg/l uvedený v NV č. 401/2015 Sb. Doplňme, že stejná hranice podle ČSN 75 7221 vymezuje mírně znečištěné, nebo kvalitativně lepší toky. Limit P_{celk} 0,15 mg/l není dostatečný pro zamezení eutrofizace vodních nádrží, pro zamezení rozvoje sinic je lépe počítat s limitem 0,05 mg/l. Nejnižší průměrná koncentrace se objevuje v Nezdickém potoce v profilu Bezdružice, nejvyšší průměrnou koncentraci pozorujeme v Hamerském potoce v Brodě nad Tichou. Relativně nižší koncentrace celkového fosforu jsou situovány do povodí Úterského potoka, horní části povodí Mže a horní části Hamerského potoka. Tento stav je dán vyšším řaděním komunálních odpadních vod a jejich menším objemem. Norma ČSN 75 7221 definuje I. třídu jakosti (neznečištěné vody) na základě průměrné koncentrace celkového fosforu při podkročení limitu 0,05 mg/l, tento limit odpovídá výše uvedené hodnotě, která je vnímána jako hraniční pro zamezení rozvoje sinic. Kromě lokality Nezdický potok – Bezdružice limit splňují profily Mže – VN Lučina odtok, Trpísty – Úterský potok a Hamerský potok – Broumov. Nejvyšší koncentrace v povodí jsou vázány na významné komunální zdroje pod městy Planá, Mariánské Lázně a Stříbro. Mže ve Stříbře jakožto monitorovací profil na přítoku do VN Hracholusky vykazuje dlouhodobou průměrnou koncentrací 0,113 mg/l.

Tab. 1.1-1 Průměrné koncentrace vybraných ukazatelů v profilech pravidelného monitoringu Povodí Vltavy, s. p. v období 2012-2017

profil	tok	říční km	ukazatel			
			P _{celk} [mg/l]	PO ₄ -P [mg/l]	N _{celk} [mg/l]	N-NO ₃ [mg/l]
VN Lučina odtok	Mže	95,8	0,042	0,017	1,39	0,82
Oldřichov	Mže	87,2	0,102	0,056	2,17	1,66
Milíkov	Mže	51,6	0,102	0,050	2,61	2,06
Stříbro pod	Mže	44,1	0,113	0,049	2,78	1,93
Brod n.Tichou	Hamerský p.	4,7	0,144	0,085	2,52	1,92
Třebel	Kosový p.	4,4	0,084	0,028	2,63	2,00
Úterý nad	Úterský p.	20,0	0,035	0,015	1,51	1,03
Bezdržice pod	Nezdický p.	1,2	0,022	0,008	1,56	1,14
Broumov	Hamerský p.	21,0	0,044	0,022	2,75	2,37
Kočov	Sedlišťský p.	0,1	0,106	0,037	2,79	2,01
Stříbro	Úhlavka	0,2	0,095	0,032	3,27	2,48
Trpísty	Úterský p.	4,2	0,044	0,022	2,61	2,20
Kopec	Úhlavka	19,3	0,116	0,033	2,89	1,94
Dolní Kramolín	Kosový p.	21,7	0,122	0,042	2,79	1,83
Brod u Stříbra	Výrovský p.	2,1	0,110	0,032	3,42	2,51
Bezemín	Hadovka	3,4	0,086	0,062	2,16	1,77
VN Hracholusky odtok	Mže	22,5	0,062	0,029	2,83	2,12
Nový mlýn	Žebrácký p.	1,2	0,062			5,29
Krsov pod	Lichovský (Budeč.)p.	0,2	0,034			6,20
Otín u Plané	Týnecký p.	3,2	0,034			0,73
Krsy	Dolský p.	3,6	0,024			4,35

Pozn.: šedá pole se týkají profilů ve kterých není k dispozici srovnatelné množství údajů s ostatními lokalitami, vypočtené průměry jsou tak jen orientační

Fosforečnanový fosfor se v profilech pravidelného monitoringu vyskytuje v průměrné dlouhodobé koncentraci od 0,008 do 0,085 mg/l. Nejnižší hodnota je stejně jako v případě celkového fosforu dosahována v profilu Nezdického potoka v Bezdržicích. Nejvyšší dlouhodobou koncentraci pozorujeme v Hamerském potoce v Brodě nad Tichou. Relativně vyšší hodnoty v rámci povodí zaznamenáváme například u profilů Hadovka – Bezemín a Mže – Oldřichov. Relativně nižší koncentrace fosforečnanového fosforu se objevují v povodí Úterského potoka (vyjma právě zmíněné Hadovky), v horní části povodí Mže a Hamerského potoka, stejně jako v dolním úseku Kosového potoka. Mže ve Stříbře má dlouhodobou průměrnou koncentraci 0,049 mg/l.

Průměrná dlouhodobá koncentrace celkového dusíku se v síti profilů pravidelného monitoringu pohybuje v rozmezí 1,39 až 3,42 mg/l. Zůstává tedy všude bezpečně pod limitní hodnotou 6 mg/l přípustného znečištění podle NV č. 401/2015 Sb. Nejnižší zaznamenaná hodnota přísluší profilu Mže – VN Lučina odtok, maximum se vyskytuje ve Výrovském potoce v Brodě u Stříbra. Relativně nižší koncentrace se objevují v horní části povodí Mže a dále v Úterském potoce, zatímco relativně vyšší,

obecně však stále nízké koncentrace celkového dusíku se vyskytují v povodí Úhlavky. Mže ve Stříbře jakožto významný monitorovací bod na přítoku do VN Hracholusky vykazuje dlouhodobou průměrnou koncentraci 2,78 mg/l. Nízké hodnoty koncentrací dusíku jsou způsobeny poměrně nízkou mírou zornění. Základním zdrojem dusíku v povrchových vodách je hnojení dusíkem a to hlavně jeho minerální formou.

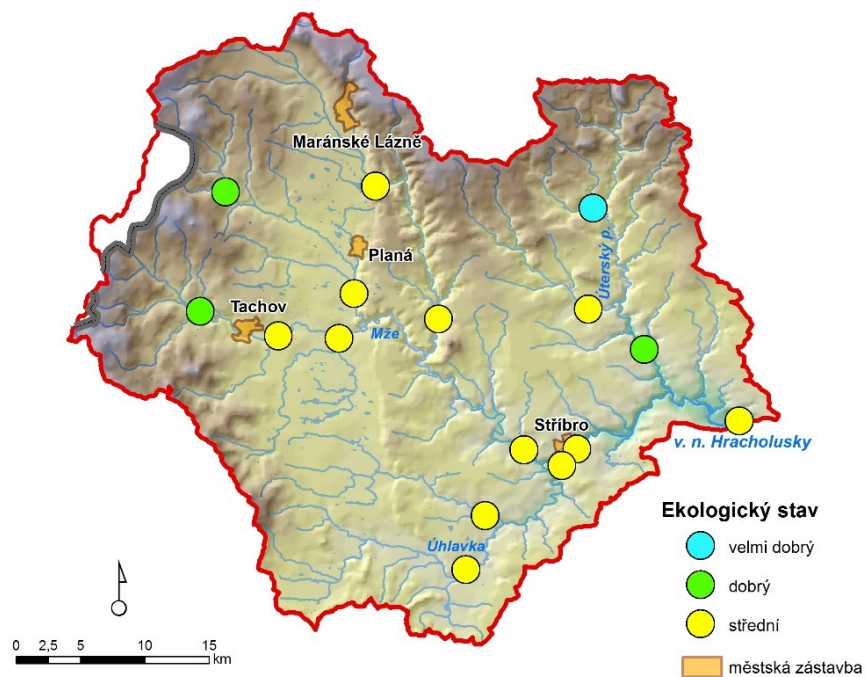
Koncentrace dusičnanového dusíku obecně silně koreluje s koncentracemi celkového dusíku, nejinak je tomu v zájmovém území. Pozorovaná dlouhodobá průměrná koncentrace dusičnanového dusíku se pohybuje mezi 0,82 až 2,51 mg/l. Poloha profilů s nejnižší a nejvyšší koncentrací je stejná jako u celkového dusíku. Relativně nízké koncentrace opět pozorujeme v horní části povodí Mže a v Nezdickém potoce, relativně vyšší hodnoty (v absolutních číslech však stále nízké) jsou dosahovány ve Výrovském potoce, dolní Úhlavce a v horní části povodí Hamerského potoka. Mže ve Stříbře má dlouhodobou průměrnou koncentraci 1,93 mg/l. Připomeňme, že výsledky průměrných koncentrací všech vybraných ukazatelů včetně dusičnanového dusíku v profilech pravidelného monitoringu a ostatních profilech Povodí Vltavy, s. p. shrnuje tabulka Tab. 1.1-1.

Klasifikaci jakosti vod v profilech pravidelného monitoringu podle *Metodiky hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích* [18] se zohledněním typologie říční sítě uvádí tabulka Tab. 1.1-2. Jedná se o přísnější limity, než byly využity pro vyhodnocení stavu vodních útvarů pro období 2015-2021. U tohoto typu hodnocení není směrodatná průměrná koncentrace daného ukazatele, ale mediánová hodnota, doplněná u dusičnanového dusíku navíc o maximální zaznamenanou koncentraci. Výsledkem klasifikace je zařazení lokalit do kategorií ekologického stavu stejným způsobem, jakým probíhá hodnocení stavu vodních útvarů. V našem případě jsme provedli jediné souhrnné hodnocení ekologického stavu pro celé období 2012 až 2017. Stav jakosti vod z hlediska celkového fosforu je prezentován na obrázku Obr. 1.1-2.

Z tabulky Tab. 1.1-2 je zřejmé, že zatímco u dusičnanového dusíku je převažující stav toků v povodí dobrý nebo velmi dobrý, u celkového fosforu výrazně převažuje zastoupení středního stavu. Jediným profilem pravidelného monitoringu, který u parametrů fosforu dlouhodobě dosahuje velmi dobrého stavu je lokalita Nezdický potok – Bezdržice. Přítok i odtok z VN Hracholusky je klasifikován u celkového fosforu jako střední.

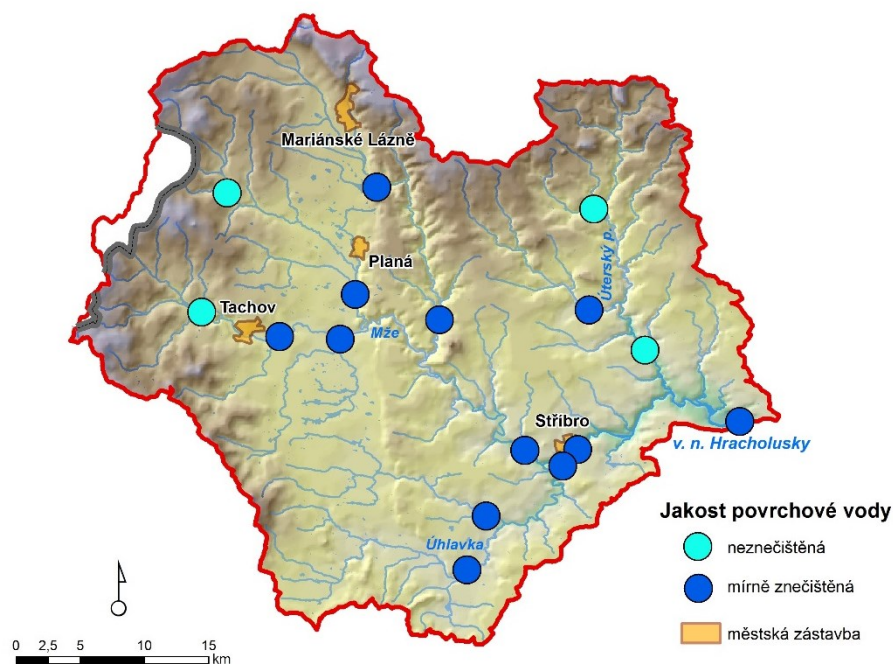
Kategorizaci jakosti vod v profilech pravidelného monitoringu podle ČSN 75 7221 na základě ukazatelů P_{celk} a $N\text{-NO}_3$ přináší tabulka Tab. 1.1-3. Stav tekoucích vod z hlediska celkového fosforu je možné posoudit z obrázku Obr. 1.1-3. U celkového fosforu v povodí VN Hracholusky převažuje II. třída kvality představující mírně znečištěné toky, výjimku tvoří 4 profily (Bezdržice, VN Lučina odtok, Trpísty a Broumov) kde hovoříme o neznečištěných vodách. Hodnocení dusičnanového dusíku vychází ve srovnání s fosforem opět lépe, všechny profily pravidelného monitoringu jsou dlouhodobě v kategorii neznečištěných vod.

**Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017
hodnoceno podle metodiky VÚV T. G. M.**



Obr. 1.1-2 Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017, hodnoceno podle metodiky VÚV T. G. M.

**Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017
hodnoceno podle ČSN 75 7221**



Obr. 1.1-3 Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017, hodnoceno podle ČSN 75 7221

Tab. 1.1-2 Hodnocení ukazatelů vybraných všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu dle metodiky VÚV T. G. M. v profilech pravidelného monitoringu na tekoucích vodách v období 2012-2017

profil	tok	ukazatel			
		P _{celk}	PO ₄ -P	N-NO ₃	N-NO ₃
		medián	medián	medián	maximum
VN Lučina odtok	Mže	D	D	VD	VD
Oldřichov	Mže	S	S	VD	VD
Milíkov	Mže	S	S	D	D
Stříbro pod	Mže	S	D	D	D
Brod n.Tichou	Hamerský p.	S	S	VD	D
Třebel	Kosový p.	S	D	D	D
Bezdužice pod	Nezdický p.	VD	VD	VD	D
Broumov	Hamerský p.	D	D	S	D
Kočov	Sedlišťský p.	S	D	VD	D
Stříbro	Úhlavka	S	D	D	S
Trpísty	Úterský p.	D	VD	D	S
Kopec	Úhlavka	S	D	VD	S
Dolní Kramolín	Kosový p.	S	D	D	D
Brod u Stříbra	Výrovský p.	S	D	D	S
Bezemín	Hadovka	S	S	VD	D
VN Hracholusky odtok	Mže	S	D	D	D

Pozn.: VD = velmi dobrý stav, D = dobrý stav, S = střední stav, klasifikace dle Rosendorf (2011)[18]

Tab. 1.1-3 Klasifikace jakosti vod dle ČSN 75 7221 a podle NV č. 401/2015 Sb. v profilech pravidelného monitoringu na tekoucích vodách v období 2012-2017

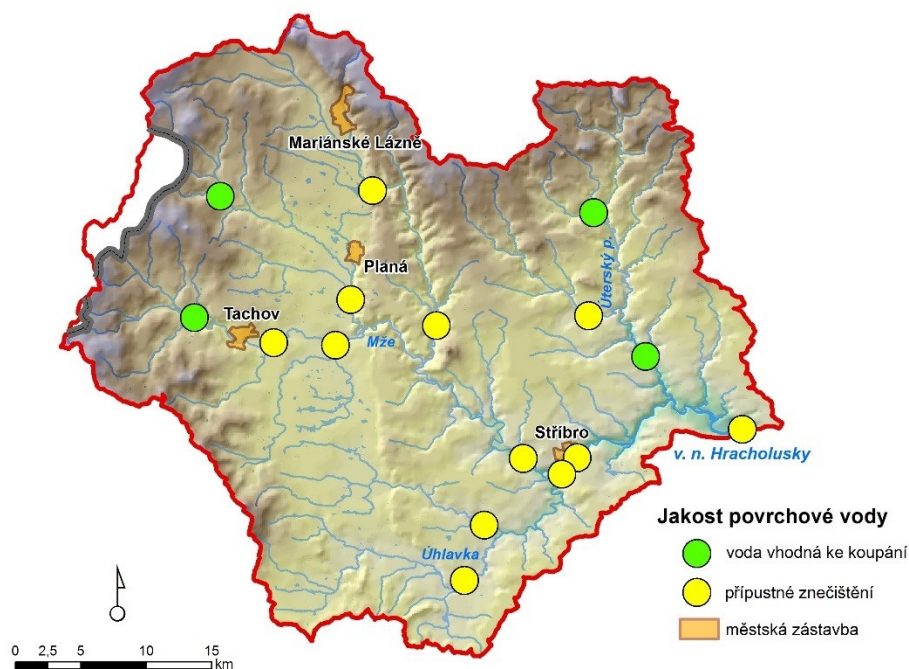
profil	tok	ČSN 75 7221		NV č. 401/2015 Sb.		
		ukazatel		ukazatel		
		P _{celk}	N-NO ₃	P _{celk}	N _{celk}	N-NO ₃
		průměr	průměr	průměr	průměr	průměr
VN Lučina odtok	Mže	I	I	KV	příp.	příp.
Oldřichov	Mže	II	I	příp.	příp.	příp.
Milíkov	Mže	II	I	příp.	příp.	příp.
Stříbro pod	Mže	II	I	příp.	příp.	příp.
Brod n.Tichou	Hamerský p.	II	I	příp.	příp.	příp.
Třebel	Kosový p.	II	I	příp.	příp.	příp.
Bezdužice pod	Nezdický p.	I	I	KV	příp.	příp.
Broumov	Hamerský p.	I	I	KV	příp.	příp.
Kočov	Sedlišťský p.	II	I	příp.	příp.	příp.
Stříbro	Úhlavka	II	I	příp.	příp.	příp.
Trpísty	Úterský p.	I	I	KV	příp.	příp.
Kopec	Úhlavka	II	I	příp.	příp.	příp.
Dolní Kramolín	Kosový p.	II	I	příp.	příp.	příp.

profil	tok	ČSN 75 7221		NV č. 401/2015 Sb.		
		ukazatel		ukazatel		
		P _{celk}	N-NO ₃	P _{celk}	N _{celk}	N-NO ₃
		průměr	průměr	průměr	průměr	průměr
Brod u Stříbra	Výrovský p.	II	I	příp.	příp.	příp.
Bezemín	Hadovka	II	I	příp.	příp.	příp.
VN Hracholusky odtok	Mže	II	I	příp.	příp.	příp.

Pozn.: **I** = neznečištěná voda, **II** = mírně znečištěná voda, **KV** = splňuje limity platné pro povrchové vody využívané ke koupání, resp. pro účely § 31, § 34, § 35 zákona č. 254/2001 Sb., **příp.** = přípustné hodnoty znečištění, směrné hodnoty uvedeny v NV č. 401/2015 Sb. příloha A. 1a

Posuzovali jsme jakost tekoucích vod pro parametry celkový fosfor, celkový dusík a dusičnanový dusík také podle směrných hodnot uvedených v NV č. 401/2015 Sb. Výsledky pro tři vybrané ukazatele uvádíme v tabulce Tab. 1.1-3, pro celkový fosfor pak ještě graficky na obrázku Obr. 1.1-4. Na tomto místě je třeba říci, že u celkového fosforu jsou relevantní limity shodné s hodnotami vymezujícími I. a II. třídu kvality vod podle ČSN 75 7221. Z tohoto důvodu je stratifikace lokalit v zájmovém povodí shodná se situací na obrázku Obr. 1.1-3. Celkem 4 profily splňují z hlediska celkového fosforu limity přípustného znečištění pro koupání osob (Bezdužice, VN Lučina odtok, Trpísty a Broumov), ostatní odběrná místa vykazují přípustnou úroveň znečištění. Oproti tomu celkový dusík a dusičnanový dusík mají definován pouze limit přípustného znečištění a ten splňují.

Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017 hodnoceno podle NV č. 401/2015 Sb.



Obr. 1.1-4 Kvalita vody dle parametru celkový fosfor v období 2012-2017, hodnoceno podle NV č. 401/2015 Sb.

1.1.2 Mimořádná monitorovací kampaň 2017/2018

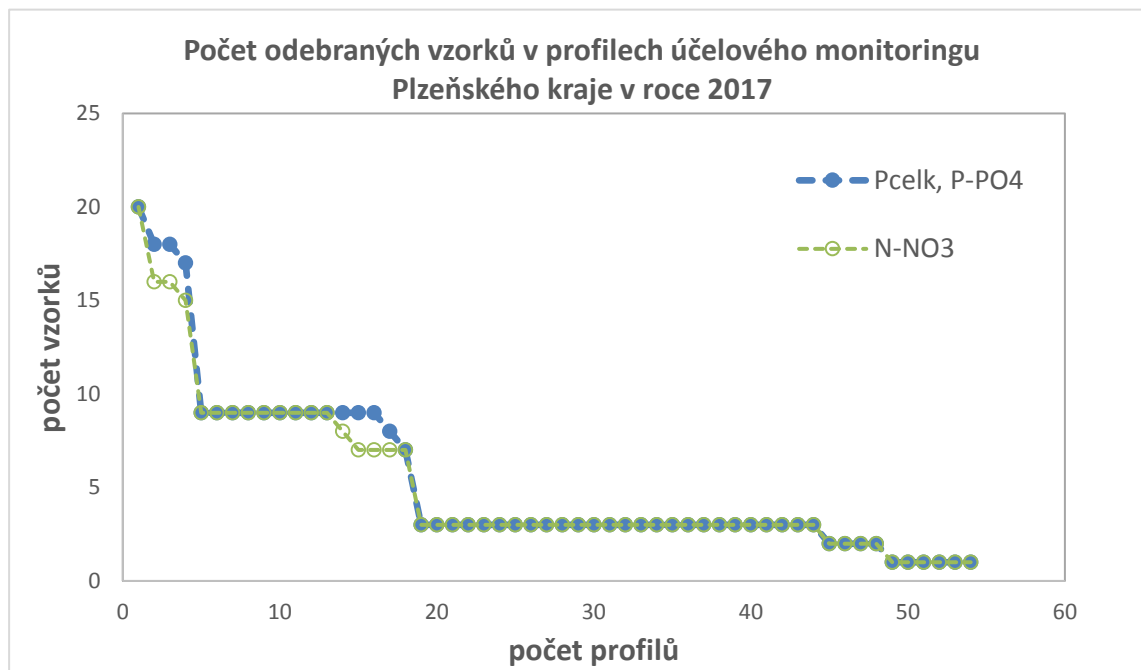
Údaje pravidelného monitoringu byly v roce 2017 (počínaje dubnem) doplněny rozsáhlou kampaní, kterou pro Plzeňský kraj, provádělo Povodí Vltavy, s. p. Jednalo se o sledování jakosti vod v celkem 54 profilech. Ve 12 lokalitách se jednalo o rybníky, u 5 případů je přitom k dispozici odběr z hladiny i příslušný odtok z rybníka. Poloha profilů krátkodobého monitoringu je znázorněna na obrázku Obr. 1.1-6.

Užitná hodnota údajů z účelového monitoringu je z hlediska sestavení jakostního modelu limitována především jeho krátkým trváním, ale také nerovnoměrností pokrytí zájmového území. Rok 2017 byl z hlediska odtokových poměrů mimořádně suchý (viz kapitola 1.3), což může omezit přenositelnost výsledků na běžné, tzv. normální podmínky. Na druhé straně nám uvedená data poskytují lepší představu o prostorovém vývoji sledovaných ukazatelů v povodí VN Hracholusky. Čtyři hlavní ukazatele určené pro simulaci jakostním modelem (P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a $N\text{-NO}_3$), byli z monitoringu k dispozici. Monitoring sledoval i další parametry důležité pro vyhodnocení jakosti vod, které ale nejsou v této studii řešeny.

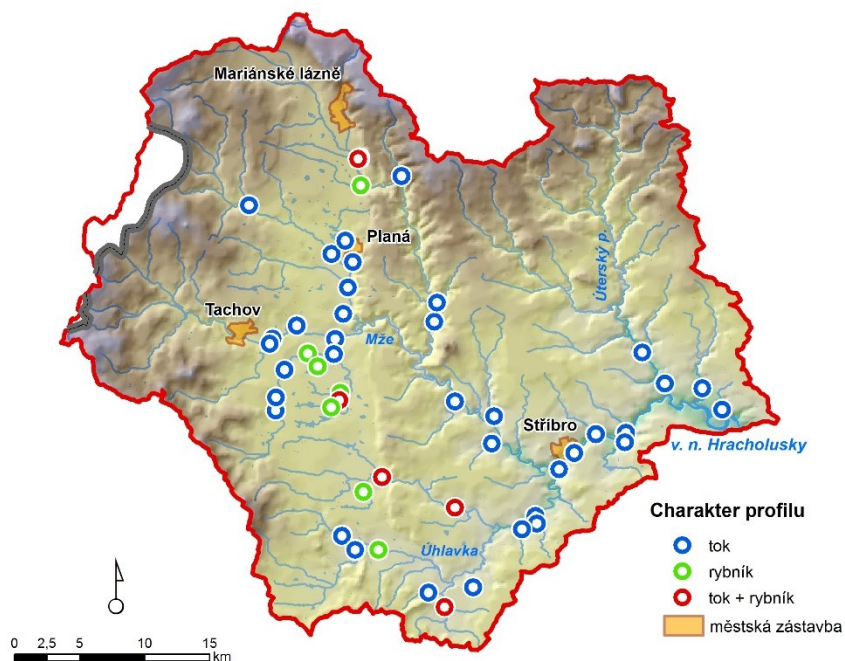
Poněkud odlišnou perspektivu na účelovou monitorovací kampaň přináší obrázek Obr. 1.1-5, kde je vynesena křivka překročení počtu odebraných vzorků. Z obrázku například vyplývá, že ve čtyřech lokalitách bylo při monitorovací kampani uskutečněno alespoň 17 jakostních analýz, u 18 profilů bylo provedeno minimálně 7 jakostních analýz. Časové pokrytí sledovaného období je díky tomu v rámci profilů samotné kampaně velmi nerovnoměrné.

Průměrné koncentrace celkového fosforu v rámci sítě účelového monitoringu prezentuje obrázek Obr. 1.1-7. Musíme zdůraznit, že odkazované výsledky je třeba interpretovat opatrně vzhledem k značně odlišnému počtu odebraných vzorků v jednotlivých lokalitách.

Podrobné vyhodnocení celé monitorovací kampaně je zpracováno v kapitole 2.

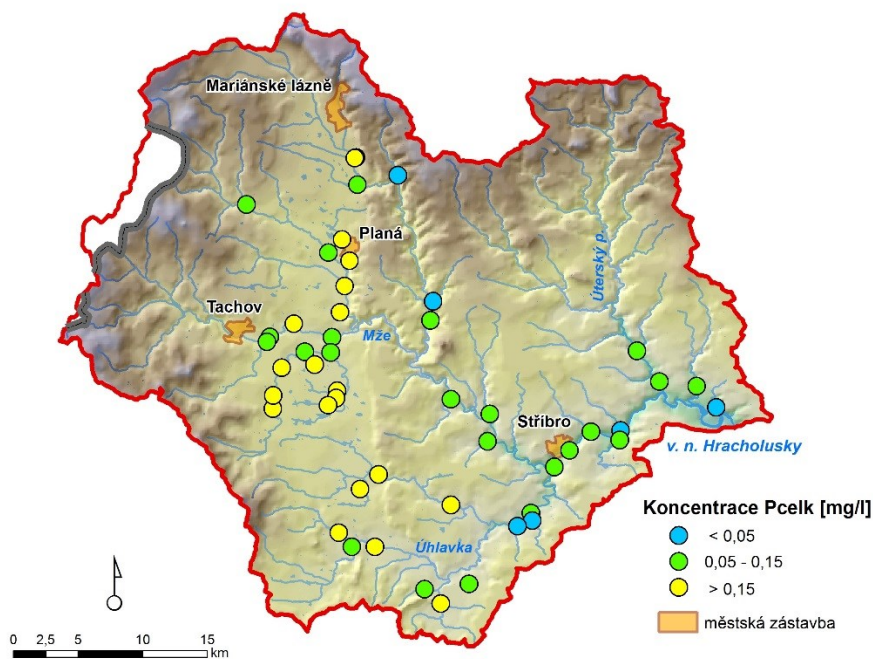


Sít' účelového monitoringu Plzeňského kraje (2017)



Obr. 1.1-6 Sít' účelového monitoringu Plzeňského kraje v roce 2017

Průměrná koncentrace celkového fosforu monitoring Plzeňského kraje (2017)



Obr. 1.1-7 Průměrná koncentrace celkového fosforu v rámci monitoringu Plzeňského kraje v roce 2017

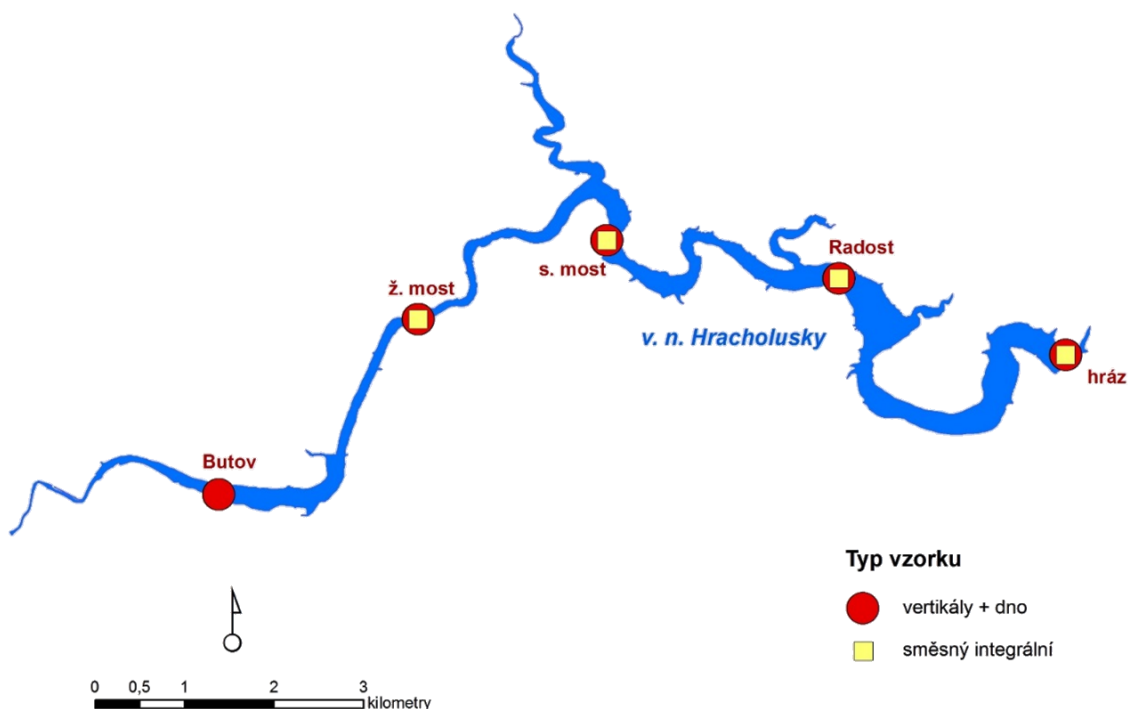
1.2 Jakostní monitoring VN Hracholusky

Pravidelné sledování jakosti vody ve vodní nádrži Hracholusky zajišťuje Povodí Vltavy, s. p. v pěti lokalitách (Butov, železniční most, silniční most, Radost a hráz), rovnoměrně rozložených po délce vzdutí. Polohu monitorovacích míst ukazuje obrázek Obr. 1.2-1. Pro účely vyhodnocení stavu a trendů jakosti na nádrži jsme obdrželi údaje z období 1999-2017. V každé lokalitě jsou vzorky odebírány ve větším množství z jednotlivých vertikál, obvykle po 1 metru včetně hladiny a dna a výsledky doplňuje směsný (integrální) vzorek. Kampaň probíhá sezónně od dubna (výjimečně března) do září s tím, že každý měsíc je provedena jedna analýza. Celkový počet provedených měření v jednotlivých kalendářních měsících prezentuje obrázek Obr. 1.2-2. Ze čtveřice parametrů (P_{celk} , $P\text{-PO}_4$, N_{celk} a $N\text{-NO}_3$), podrobených našemu zájmu z hlediska sestavení jakostního modelu, není v údajích pozorovaných koncentrací zahrnut fosforečnanový fosfor, tento ukazatel je v nádrži nahrazen rozpuštěným fosforem. V rámci monitoringu nádrže je dále analyzována řada dalších ukazatelů majících vliv na jakost stojatých vod. V kapitole 2 je popsána jakost a trendy na nádrži i za pomoci těchto dalších ukazatelů.

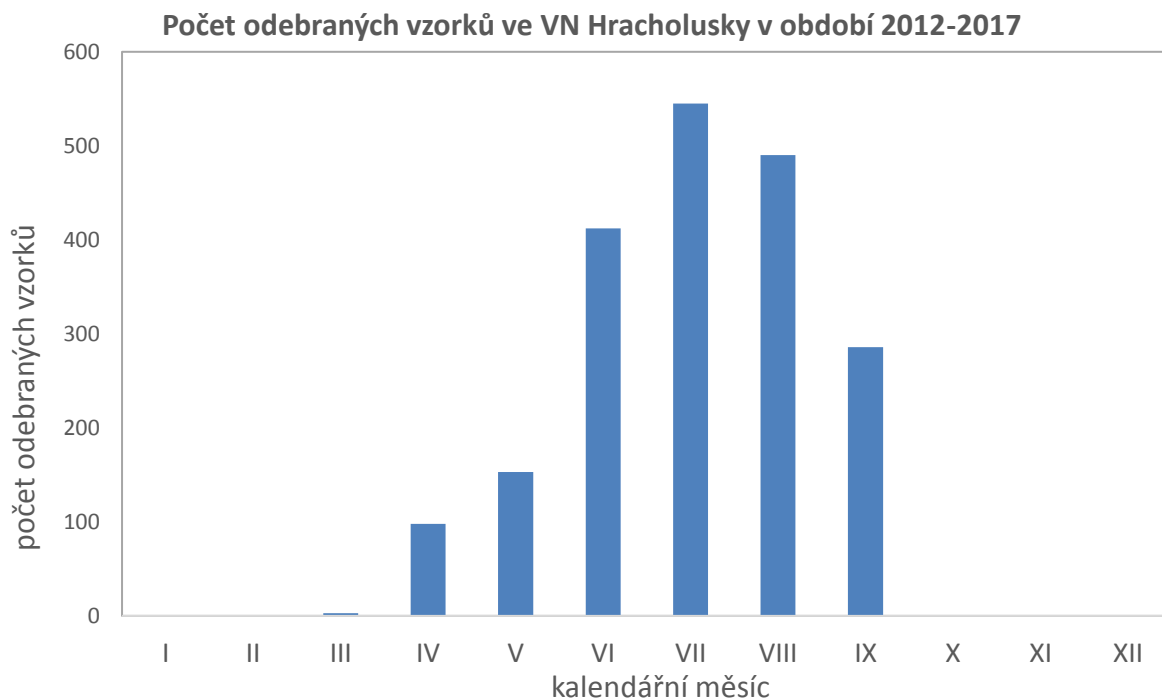
V červenci 2017 byla ve všech pěti lokalitách uskutečněna na náklady Plzeňského kraje mimořádná monitorovací kampaň, která doplňuje údaje pravidelného monitoringu. Zde však nebyly jakostní ukazatele pro fosfor a dusík sledovány.

Výsledky monitoringu z jednotlivých let podávají obraz o stavu nádrže. VD Hracholusky je zasaženo problémy s eutrofizací, které v čase přetrvávají. Bez vnějšího zásahu ke zlepšení situace v nádrži nedojde. V nádrži je patrná výrazná podélná zonalita fosforu i chlorofylu-a, který ukazuje výskyt sinic. Z údajů je patrný zcela dominantní vliv přísunu fosforu přítokem. Rozpuštěný fosfor je rychle spotřebován fytoplanktonem a fosfor je pak přítomen především v podobě biomasy. Riziková je hlavně přítoková část, kde je pravidelně vyšší obsah fosforu, touto lokalitou je třeba se podrobněji zabývat.

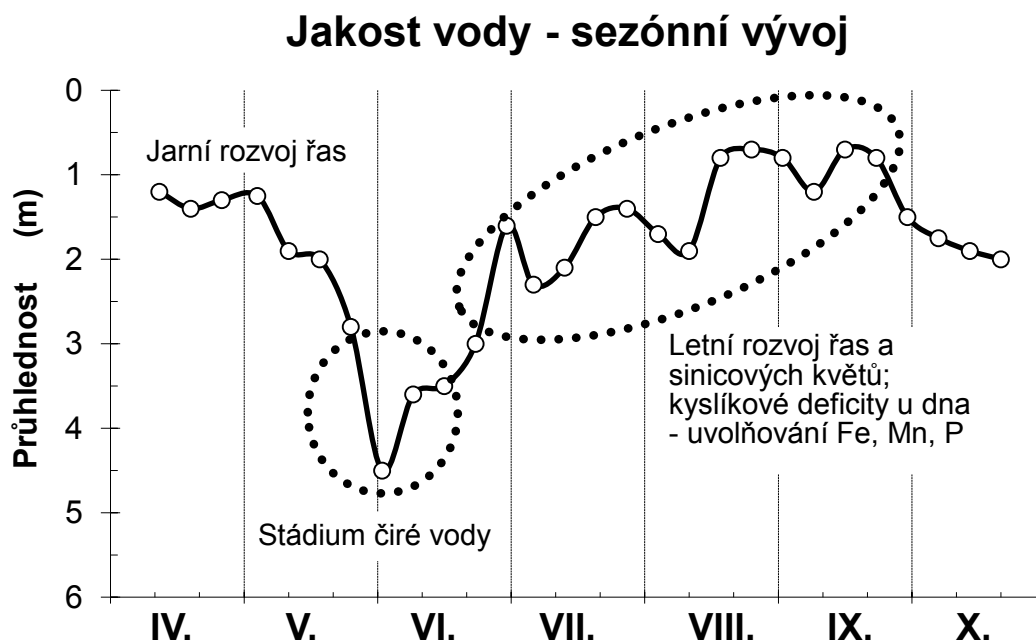
Monitoring jakosti vody ve VN Hracholusky 2012-2017



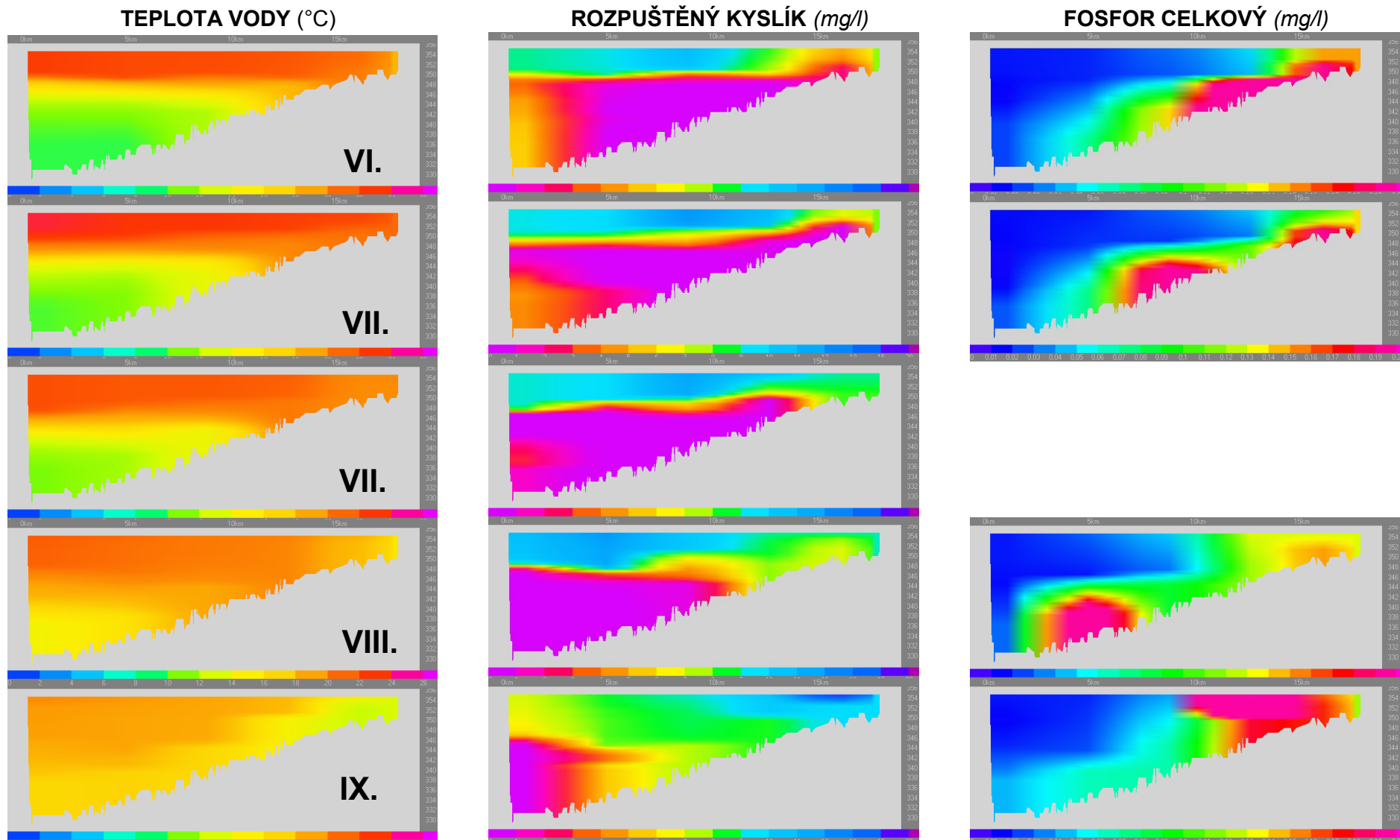
Obr. 1.2-1 Monitoring jakosti vody ve VN Hracholusky 2012-2017



Obr. 1.2-2 Počet odebraných vzorků ve VN Hracholusky v období 2012-2017

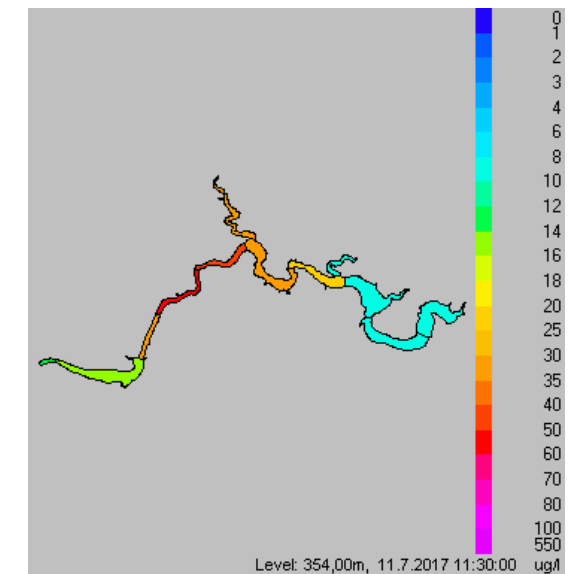
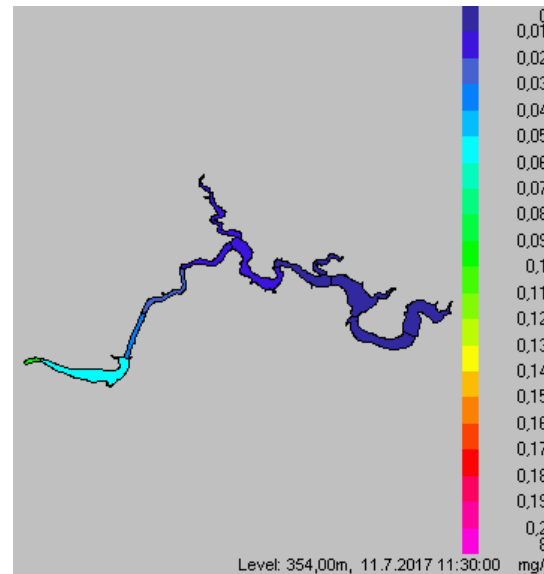
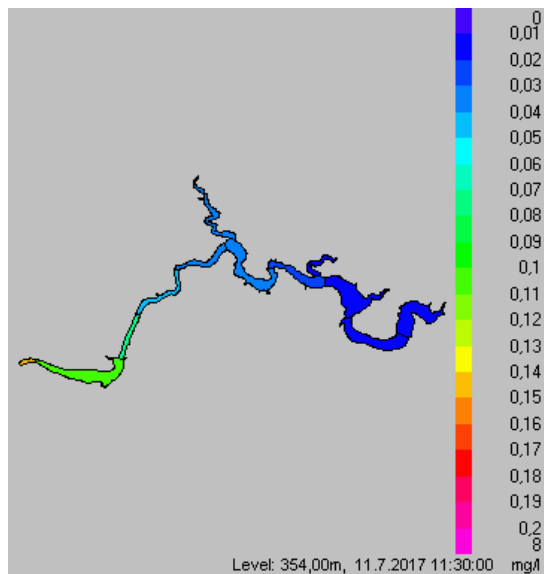
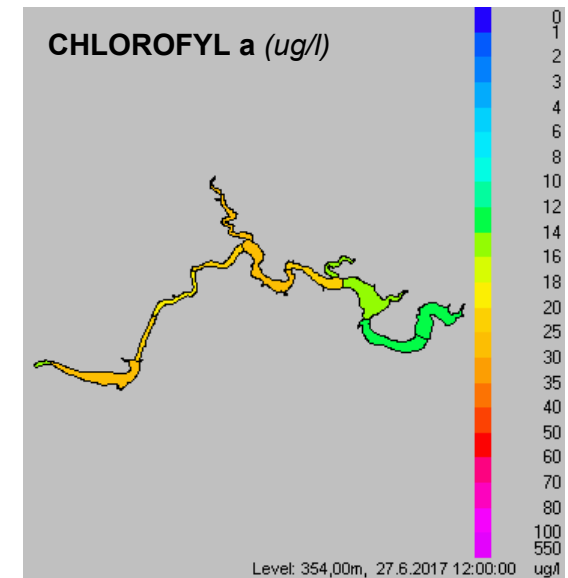
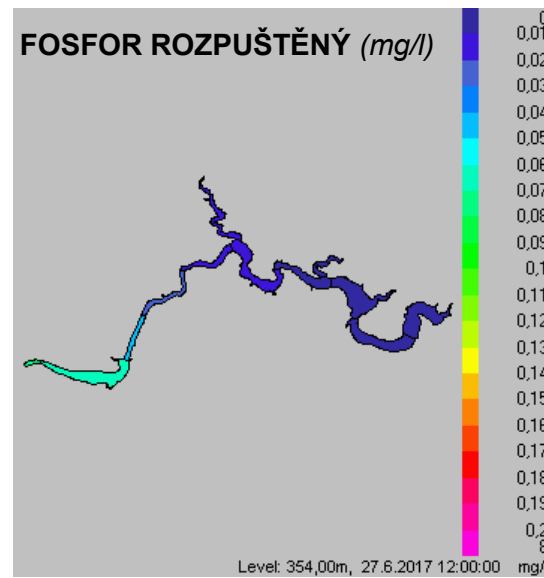
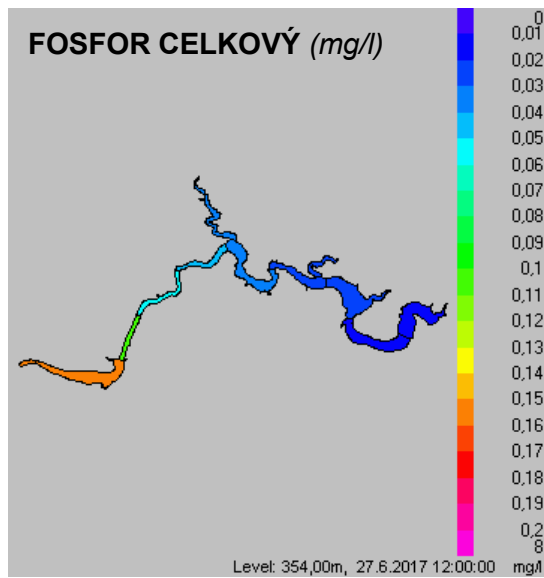


Obr. 1.2-3 Sezónní vývoj jakosti vody ve VD Hracholusky

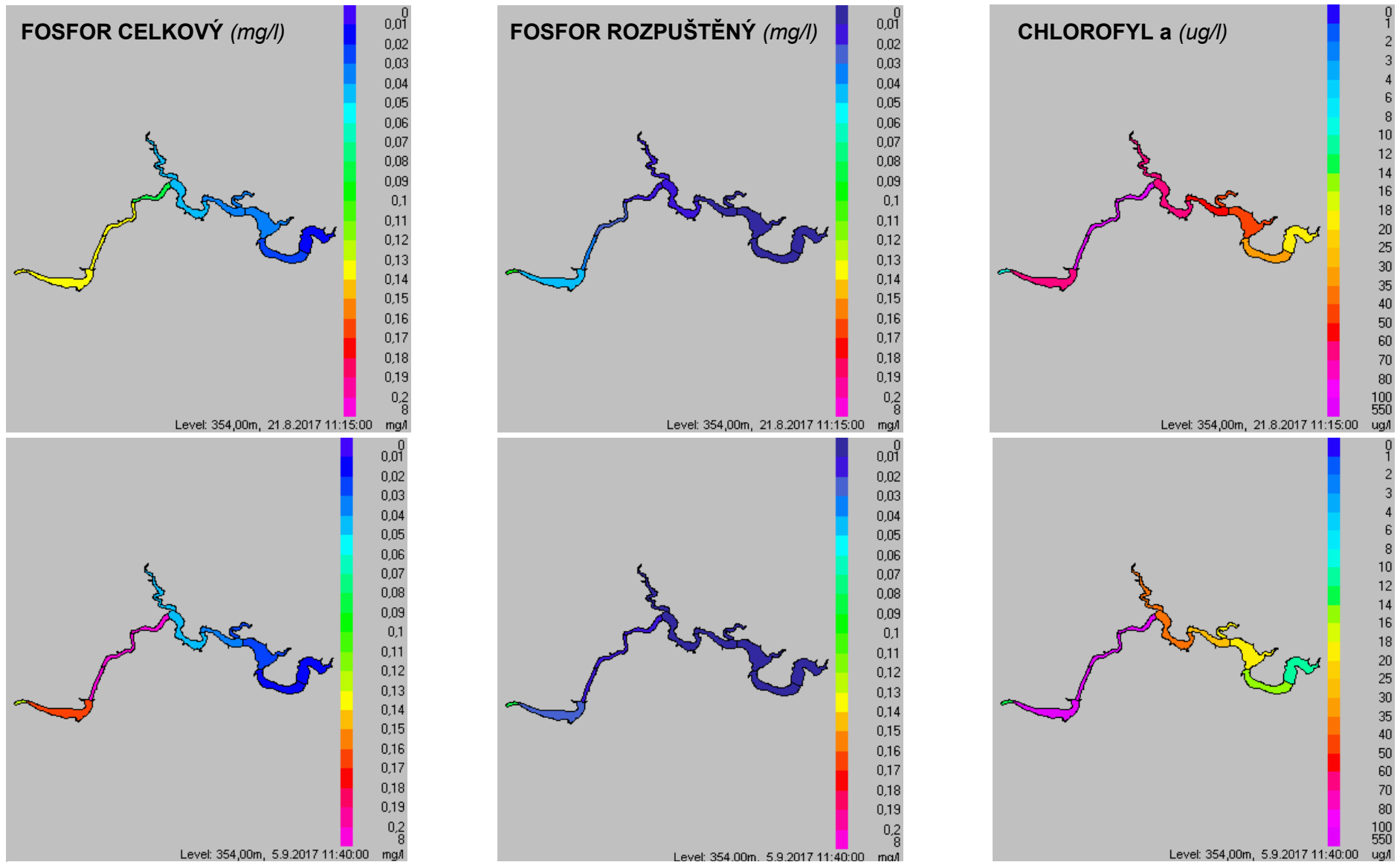


Obr. 1.2-4 Podélný profil VD Hracholusky v roce 2017 pro vybrané parametry

I. Shromáždění dostupných podkladů



I. Shromáždění dostupných podkladů



Obr. 1.2-5 Prostorová zonalizace vybraných parametrů ve VD Hracholusky v sezóně 2017 (horní řada srpen, dolní řada září)

1.3 Hydrologický monitoring a jeho zhodnocení

Od provozovatelů vodoměrných stanic kontinuálně vyhodnocujících průtoky byla získána data z období 1997 až 2017. Povodí Vltavy, s. p. poskytlo průměrné hodinové průtoky ve stanicích Mže – Lučina odtok, Mže – Stříbro, Úterský potok – Trpísty a Mže – VN Hracholusky odtok za období leden 2007 až prosinec 2017. Od Povodí Vltavy, s. p. byly pro tytéž pozorovací objekty dále získány okamžité průtoky v denním kroku počínaje lednem 1997 a dále okamžitá data v denním kroku v profilu Kosový potok – Chotěnov (počínaje lednem 2012). Český hydrometeorologický ústav poskytl průměrné denní průtoky za kalendářní období 1997 až 2017 v profilech Hamerský potok – Planá, Kosový potok – Svahy-Třebel a Úhlavka – Stříbro.

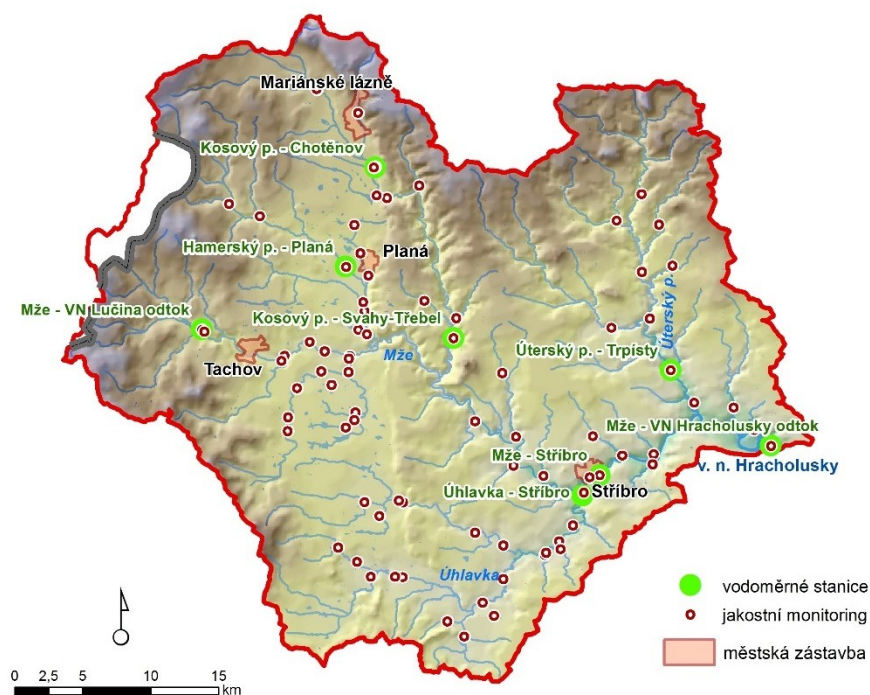
Všechny získané údaje byly nejprve převedeny na jednotný formát a byly podrobeny hrubé kontrole z hlediska datové úplnosti a věrohodnosti odlehlých bodů. S výjimkou údajů v denním kroku bylo třeba údaje dále zpracovat. Hodinové průtoky byly standardním způsobem agregovány na denní krok. Termínové časové řady byly modelově převedeny na průměrné denní průtoky. Pro tento účel byla nejprve otestována a posléze aplikována jednoduchá lineární interpolace dostupných termínových měření. Pearsonův koeficient korelace mezi empirickou a modelovanou řadou průměrných denních průtoků se pohyboval mezi hodnotami 0,97 a 1, což se jeví vzhledem ke způsobu následného využití dat jako dostačující. V případě krátkých přetržek a minimální rozkolísanosti průtoků byly chybějící části časových řad průtoků doplněny, u déletrvajících výpadků byly údaje ponechány ve výchozím stavu.

Informace o jednotlivých objektech vodoměrných stanic včetně dostupnosti dat shrnuje tabulka Tab. 1.3-1. Polohu vodoměrných stanic s dostupnými údaji o průtocích přináší obrázek Obr. 1.3-1. Z tohoto obrázku je patrné, že chybějící informace o měření průtoku v rámci vzorkování jakosti vod je v osmi lokalitách možné doplnit z příslušných vodoměrných stanic. V šesti lokalitách se navíc jedná o profily pravidelného monitoringu, ve kterých probíhá vzorkování jakosti vody 12 x ročně. V dalším kroku jsme proto k údajům jakostního monitoringu doplnili údaje o průměrných denních průtocích z příslušných vodoměrných stanic.

Tab. 1.3-1 Vodoměrné stanice v povodí VN Hracholusky s dostupnými údaji o průtocích

profil	tok	plocha povodí [km ²]	zdroj dat	chybějící údaje (1997-2017)
VN Lučina odtok	Mže	104,8	PVL	
Planá	Hamerský potok	119,3	ČHMÚ	7/02 až 10/02
Chotěnov	Kosový potok	98,7	PVL	1/97 až 1/12
Svahy-Třebel	Kosový potok	216,5	ČHMÚ	10/03 až 3/04
Stříbro	Úhlavka	296,6	ČHMÚ	
Stříbro	Mže	1144,0	PVL	
Trpísty	Úterský potok	297,2	PVL	7/99 až 9/99
VN Hracholuskody tok	Mže	1609,0	PVL	

Vodoměrné stanice s dostupnými průtokovými řadami



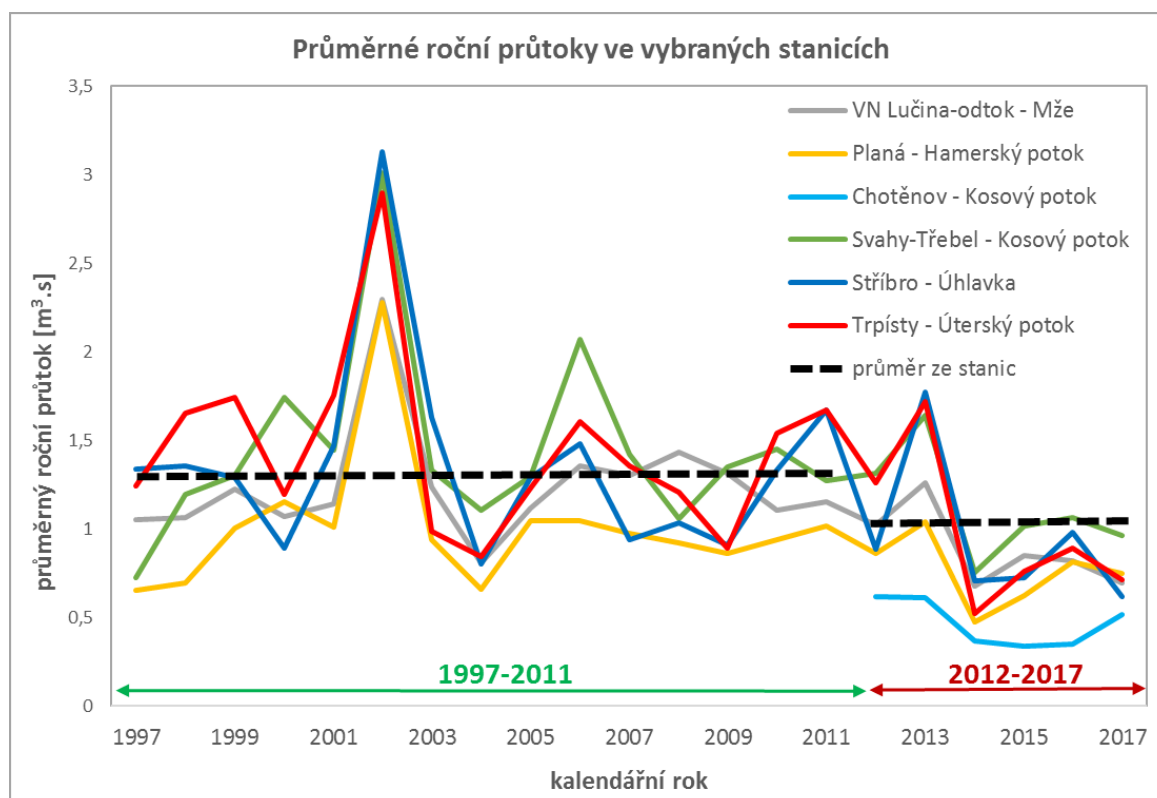
Obr. 1.3-1 Poloha vodoměrných stanic s dostupnými průtokovými řadami

1.3.1 Základní zhodnocení hydrologických údajů

Na základě průměrných denních průtoků byly odvozeny časové řady průměrných ročních průtoků a jednotlivé stanice porovnány mezi sebou. Výsledek srovnání přináší obrázek Obr. 1.3-2. Při jeho interpretaci doporučujeme vzít do úvahy datové výpadky v jednotlivých vodoměrných stanicích uvedené v tabulce Tab. 1.3-1. Jednotlivé profily vzájemně silně korelují. Poněkud odlišně se chová profil Kosový potok – Chotěnov. Tato stanice v určitých částech časové řady vykazuje zápornou bilanci s navazujícím profilem Svahy-Třebel s více než dvojnásobnou plochou téhož povodí. Nehomogenita je mj. dána i specifickou polohou stanice Chotěnov a silně působícími antropogenními podmínkami. Využitelnost dat diskutovaného profilu dále omezuje kratší rozsah časové řady, který nám znemožňuje provedení některých analýz.

Období 2012-2017 bylo zkoumáno z hlediska dlouhodobého odtokového režimu. Použili jsme klasifikaci vodnosti průměrných ročních průtoků uvedenou např. Sklenářem (2013) [19] s odkazem na práci Netopila a kol. (1984) [20]. Klasifikace je založena na zpracování průměrných ročních průtoků za co nejdelší souvislé období, jejich seřazení podle velikosti a stanovení empirické pravděpodobnosti překročení metodou Čegodajeva. Vzhledem k charakteru zadání jsme k vyhodnocení použili kalendářní roky z dostupného období 1997-2017. Stanice Chotěnov nemohla být z důvodu kratší řady pro tuto analýzu použita. Na základě hodnot empirické pravděpodobnosti překročení p klasifikace rozlišuje pět tříd vodnosti: mimořádně vodný rok ($p \leq 10\%$), vodný ($10\% < p \leq 40\%$), průměrně vodný ($40\% < p \leq 60\%$), suchý ($60\% < p \leq 90\%$) a mimořádně suchý rok ($p > 90\%$). Výhodou metody je její jednoduchost a možnost porovnání jednotlivých stanic mezi sebou. Limitující okolností je roční krok zpracování a malá citlivost metody na období s nízkými průtoky, což v případech rozkolísaných let může vést k významné ztrátě informace o extremitě suchých epizod.

Výsledky zpracované klasifikace vodnosti kalendářních let 2012 až 2017 ve vodoměrných stanicích vzhledem k dlouhodobému režimu 1997-2017 přináší tabulka Tab. 1.3-2. S výjimkou mimořádně vodného roku 2013 (povodně na Vltavě a Labi) lze období 2012-2017 v povodí Mže charakterizovat jako suché, roky 2014 a 2017 dokonce jako mimořádně suché. Na výsledcích lze poukázat na výše zmíněnou generalizaci použité metody. Letní měsíce r. 2015 byly sice mimořádně suché, ale z důvodu vyšších průtoků na jaře je celý rok klasifikován jako méně extrémní, než setrvale podprůměrně vodný rok 2014.



Obr. 1.3-2 Průměrné roční průtoky ve vybraných stanicích v období 1997-2017

Tab. 1.3-2 Klasifikace vodnosti vybraných kalendářních let z hlediska režimu období 1997-2017

profil	tok	2012	2013	2014	2015	2016	2017
VN Lučina-odtok	Mže	S	V	MS	S	S	MS
Planá	Hamerský potok	S	V	MS	MS	S	S
Svahy-Třebel	Kosový potok	P	V	MS	S	S	S
Stříbro	Úhlavka	S	MV	MS	S	P	MS
Stříbro	Mže	S	MV	MS	S	S	MS
Trpísty	Úterský potok	P	V	MS	S	S	MS
VN Hracholusky-odtok	Mže	P	MV	MS	S	S	MS

Pozn.: MV = mimořádně vodný rok, V = vodný rok, P = průměrný rok, S = suchý rok, MS = mimořádně suchý, profil Kosový potok – Chotěnov nebyl hodnocen z důvodu nedostatku dat

1.3.2 Analýza výskytu sucha a sezónního chodu průtoků

Výstižněji lze hydrologické sucho hodnotit např. metodou, při které se prvky časové řady porovnají s prahovou hodnotou a vyhodnotí se délka jejího nepřetržitého podkročení. Pro tuto analýzu jsme vycházeli z denní řady průměrných průtoků ve stanici Mže – Stříbro. Limitní hodnotu jsme stanovili ve shodě s udávanou charakteristikou Q_{355d} [21]. Doby podkročení jsme agregovali do měsíčního kroku (kvůli vyhlazení případných kratších období sucha) a statisticky vyhodnotili. Nejdelší suché epizody v profilu Mže – Stříbro zjištěné z dostupných dat období 1997-2017 uvádíme v tabulce Tab. 1.3-3.

Nestacionaritu klimatických podmínek a mimořádnost období 2012-2017 z hlediska dlouhodobého hydrologického režimu lze ukázat právě na datech tabulky Tab. 1.3-3. Z šestice nejdelších suchých epizod z let 1997-2017 se čtyři z nich objevily v období 2012 až 2017. Nejdéle trvalo hydrologické sucho v lokalitě Mže – Stříbro v létě 2015 (82 dnů), následuje léto 2017 (68 dnů), pátá v pořadí je epizoda z léta 2012 (35 dnů) na šestém místě následována letním obdobím 2014 (32 dnů).

Tab. 1.3-3 Nejdelší suché epizody ve stanici Mže – Stříbro v období 1997-2017

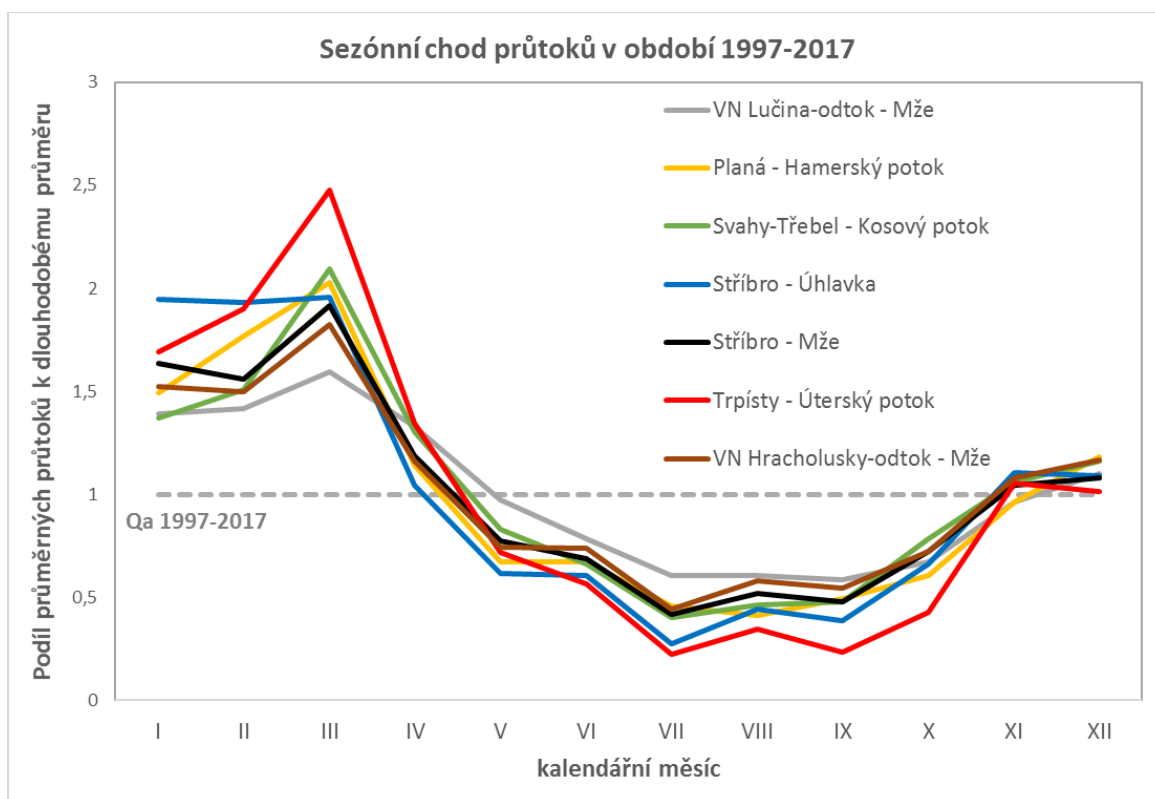
počátek suchého období		délka trvání [dny]
rok	měsíc	
2015	7	82
2017	6	68
2003	6	65
1999	7	39
2012	8	35
2014	6	32
2004	6	25
1998	7	20

Pozn.: suché období je definováno podkročením hodnoty Q_{355d} , barevně jsou zvýrazněny epizody z let 2012-2017

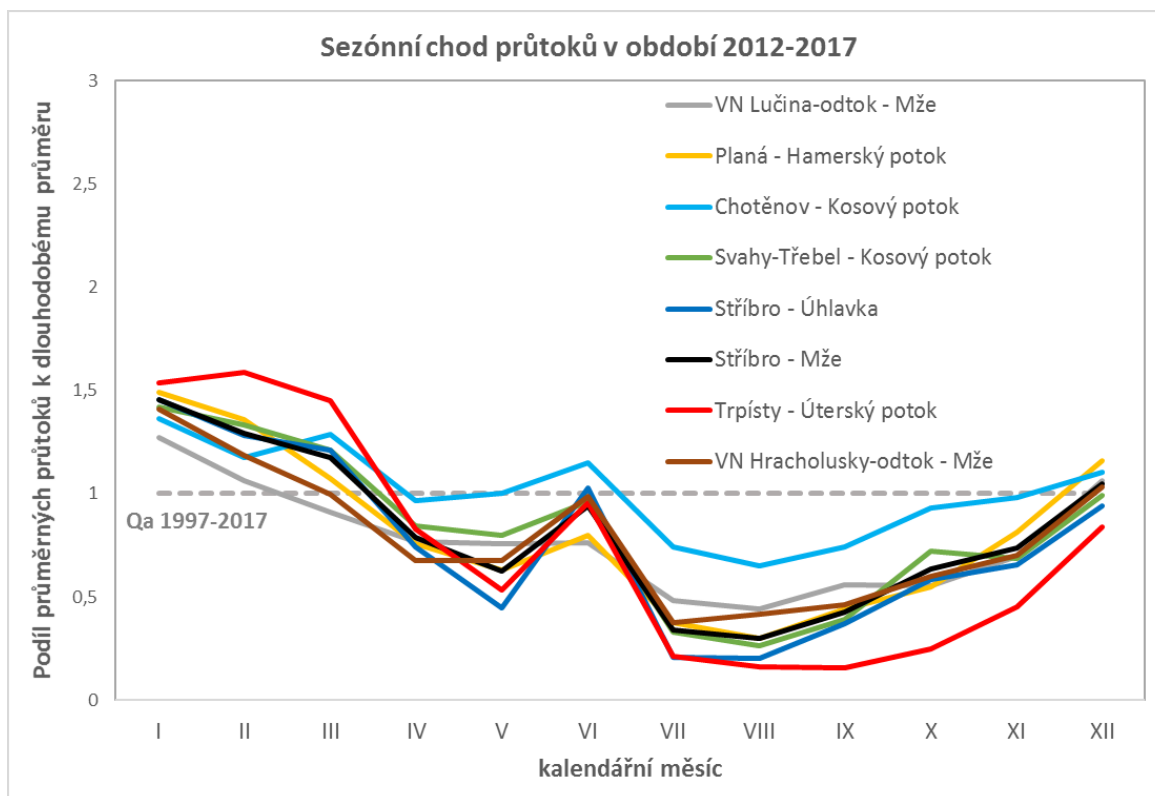
Kromě jiného jsme se zabývali typickým sezónním chodem průtoků. Na obrázku Obr. 1.3-3 jsou pro jednotlivé kalendářní měsíce zpracovány poměry průměrných průtoků vůči dlouhodobému průměru za období 1997 až 2017. V typickém roce trvá období nadprůměrných průtoků od listopadu do dubna. Období nízkých průtoků vrcholí zpravidla mezi červencem a zářím. Aby bylo možné hodnotit sezónní režim ve stanici Chotěnov na Kosovém potoce, byl podobným způsobem zpracován obrázek Obr. 1.3-4 za období 2012 až 2017, ze kterého máme pro tuto stanici k dispozici vyhodnocené průtoky.

Nejvyrovnanější sezónní chod průtoků je pozorován v profilech antropogenně ovlivněných. Zvláště výrazně je to vidět na datech v Chotěnově, méně zřetelně se zmíněný efekt projevuje ve stanicích pod významnými vodními díly (Lučina a Hracholusky). Nejrozkolísanější režim průtoků se objevuje na Úterském potoce v Trpístech, kde dochází k dočasnému vysychání koryta.

V období 2012-2017 došlo ke snížení průměrných průtoků ve všech měsících s výjimkou června (důsledek povodňové epizody z r. 2013). Výrazně nižší průtoky v posledních letech oproti dlouhodobému režimu pozorujeme v jarních měsících (březen, duben) a v měsíci srpnu.



Obr. 1.3-3 Sezónní chod průtoků v povodí VN Hracholusky v období 1997-2017



Obr. 1.3-4 Sezónní chod průtoků v povodí VN Hracholusky v období 2012-2017

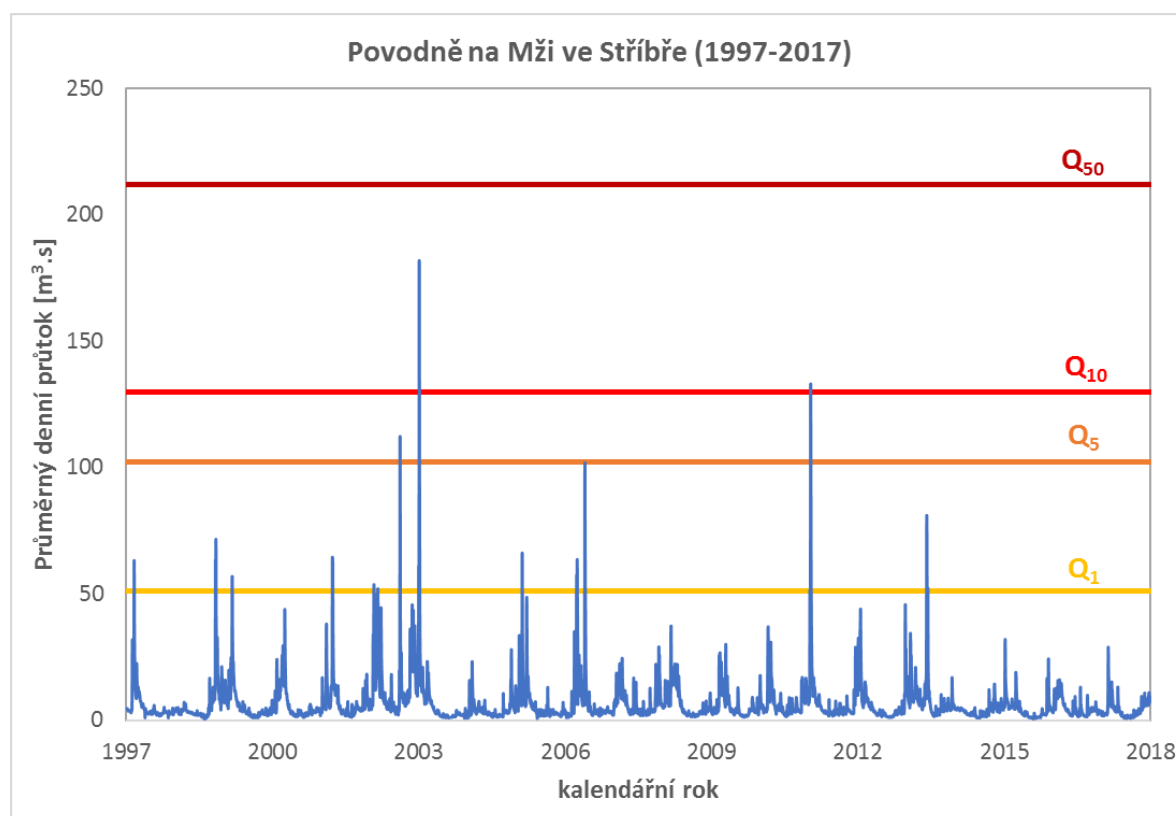
1.3.3 Výskyt povodňových situací

Výskyt povodňových průtoků popíšeme na příkladu vodoměrné stanice Mže – Stříbro. Ještě dodejme, že teoretický stoletý průtok v tomto profilu podle informací Hlásné a předpovědní povodňové služby [22] činí 255 m³/s.

Nejvyšší kulminační průtoky byly v rámci období 1997 až 2017 pozorovány dne 3. 1. 2003. Udávané kulminace se v různých pramenech liší. Podle poskytnutých okamžitých dat měl maximální průtok Mže ve Stříbře výrazně přesáhnout 315 m³/s. Naproti tomu Povodí Vltavy, s. p. ve zprávě o povodni [23] uvádí hodnotu bilančního kulminačního přítoku do nádrže Hracholusky na úrovni 239 m³/s. Bez možnosti podrobnějšího posouzení považujeme nižší hodnotu za pravděpodobnější.

Další významná povodeň na Mži ve Stříbře se vyskytla 28. 5. 2006. Kulminační průtok byl vyhodnocen na 145 m³/s, což odpovídá povodni více než desetileté. Úterský potok v Trpístech v té době kulminoval na úrovni průtoků Q₅₀ [24]. Čtrnáctého ledna 2011 kulminovala Mže ve Stříbře při hodnotě 146 m³/s, zatímco maximální okamžitý průtok v Trpístech na Úterském potoce dosáhl dvacetileté doby opakování [25]. Rozsáhlé povodně v srpnu 2002 zasáhly povodí VN Hracholusky spíše okrajově, přesto byl na Mži ve Stříbře pozorován kulminační průtok o hodnotě 131 m³/s tj. přibližně Q₁₀ [26]. Dne 3. června 2013 kulminovala Mže ve stejném profilu na úrovni dvou až pětileté vody hodnotou 84,5 m³/s [27].

Porovnání dostupných průměrných denních průtoků v profilu Mže – Stříbro s teoretickými N-letými (okamžitými) průtoky dle Hlásné a předpovědní povodňové služby [22] přináší obrázek Obr. 1.3-5.



Obr. 1.3-5 Povodně na Mži ve Stříbře v období 1997-2017

1.3.4 Srážkové poměry

Průměrná roční srážka za období 1981-2010 se v povodí VN Hracholusky pohybuje přibližně v rozmezí 500 až 950 mm. Nejvyšší hodnoty ročních srážkových úhrnů zaznamenáváme v západní a severozápadní části zájmového území v oblasti hraničních hor s Německem. Nejnižší srážky se objevují na jihovýchodním okraji zkoumaného povodí. Velikost dlouhodobých srážek ovlivňuje především nadmořská výška a konfigurace reliéfu vzhledem k převládajícímu směru proudění vzduchu. Situaci dlouhodobých srážkových úhrnů za období 1981-2010 podle ČHMÚ [28] přináší obrázek Obr. 1.3-6.

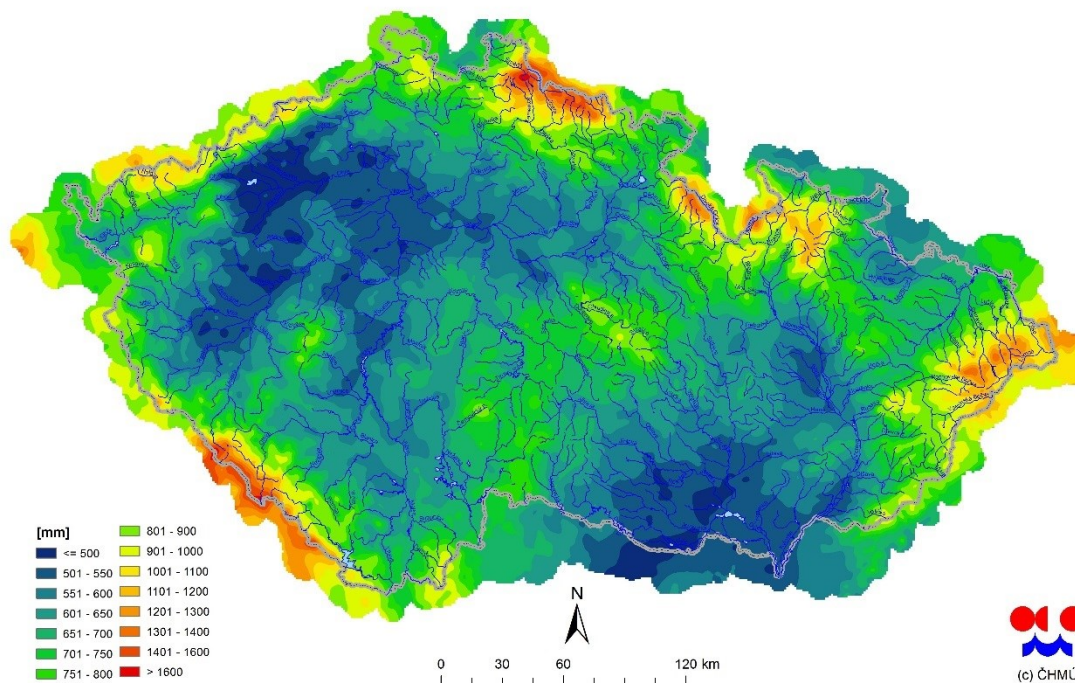
Kromě prostorové proměnlivosti je pro srážkové úhrny typická značná časová variabilita. K vyjádření této skutečnosti jsme se rozhodli klasifikovat průměrnou roční výšku srážek na území Plzeňského kraje podobným způsobem, jak jsme to uskutečnili výše u průtokových řad v tabulce Tab. 1.3-2. Tabulka Tab. 1.3-4 kategorizuje jednotlivé roky a sezóny z období 2012-2017 na základě pravděpodobnosti výskytu výšky srážek v rámci použité referenční řady 1997-2017. K tomuto účelu jsme použili údaje ČHMÚ [29]. Vidíme, že roky 2014, 2016 a 2017 jsou zařazeny mezi suché (S), zatímco rok 2015 byl klasifikován jako mimořádně suchý (MS).

Z porovnání tabulek Tab. 1.3-4 a Tab. 1.3-2 je zřejmé, že nedochází k dokonalé korelaci srážkových a průtokových řad. Velký význam zde hraje skupenství a struktura spadlých srážek v podobě jejich časového a prostorového rozložení, evapotranspirace a retardačně-transformační projevy formování odtoku z povodí. Na rozdíl od klimatologického vymezení sucha podle aktuálních srážek je pro hydrologické řady směrodatný určitý výsek posloupnosti meteorologických událostí. Například při výskytu hydrologického sucha v r. 2017 svou roli sehrály nejen podprůměrné úhrny srážek v létě, ale také srážkově chudý přelom I. 2016/2017 spolu s dlouhodobě ztenčenými zásobami podzemních vod (důsledek slabší sněhové pokrývky zaznamenávané v několika předchozích letech).

1.3.5 Charakteristika území z hlediska specifického odtoku

Průměrná roční odtoková výška za období 1981-2010 se v povodí VN Hracholusky pohybuje přibližně v rozmezí 50 až 600 mm, což odpovídá specifickému odtoku 1,6 až 19 l/s/km² (obě veličiny jsou funkčně provázány). Prostorová distribuce dlouhodobého specifického odtoku úzce koresponduje s dlouhodobými srážkovými úhrny. Nejvyšší odtokové výšky zaznamenáváme v západní a severozápadní části zájmového území, nejnižší hodnoty dlouhodobého odtoku se objevují na jihovýchodním okraji zkoumaného povodí. Kromě srážek velikost povrchového odtoku ovlivňují především hydrogeologické podmínky, potenciální evapotranspirace a využití území. Teoretickou odtokovou výšku za období 1981-2010 podle ČHMÚ [30] přináší obrázek Obr. 1.3-7.

Průměrný roční úhrn srážek za období 1981–2010



Obr. 1.3-6 Průměrný roční úhrn srážek v ČR za období 1981-2010

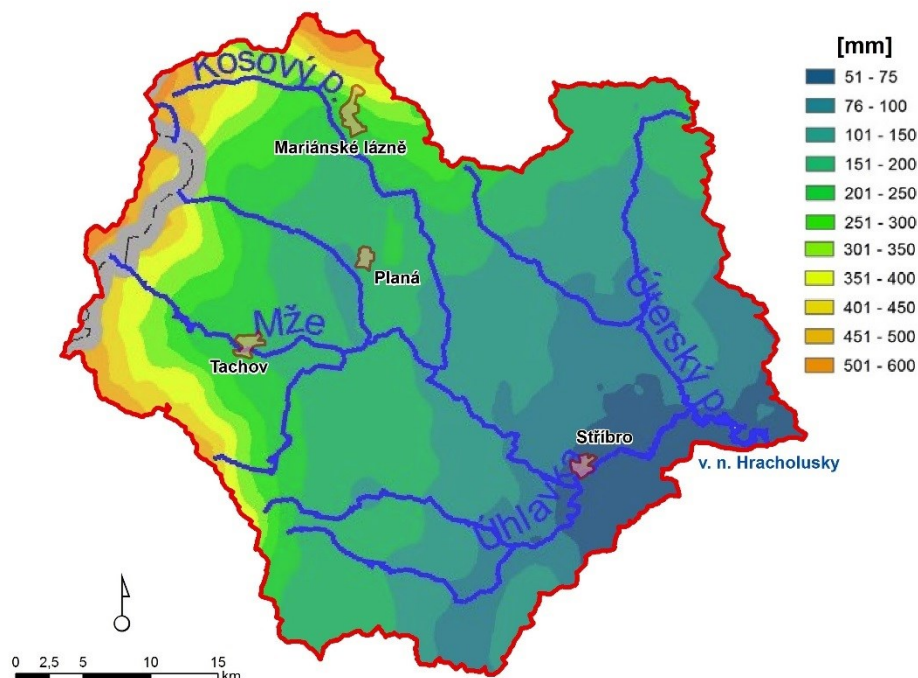
Tab. 1.3-4 Klasifikace vydatnosti srážek z hlediska režimu období 1997-2017

kalendářní období	2012	2013	2014	2015	2016	2017
I-III	S	P	MS	S	V	S
IV-VI	P	MV	S	S	V	P
VII-IX	V	P	V	MS	P	S
X-XII	V	S	S	V	S	V
I-XII	V	P	S	MS	S	S

Pozn.: MV = mimořádně vlhký rok (nebyl v rámci datového výběru zaznamenán), V = vlhký rok, P = průměrný rok, S = suchý rok, MS = mimořádně suchý

Průměrná roční odtoková výška v období 1981-2010

zpracováno podle ČHMÚ



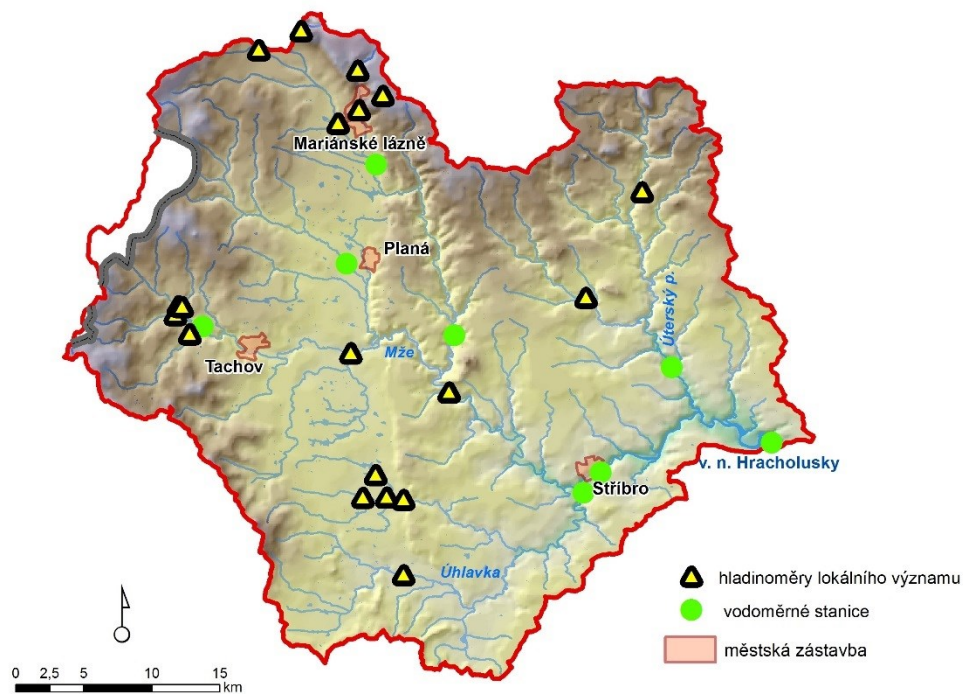
Obr. 1.3-7 Průměrná roční odtoková výška v období 1981-2010

1.3.6 Operativní srážko-odtokové informace

Kromě sítě dlouhodobého kvantitativního hydrologického monitoringu se v povodí VN Hracholusky nalézají další účelové stanice v podobě hladinoměrů a srážkoměrů. Ve většině případů se jedná buď o objekty zřizované Povodím Vltavy, s. p. [31], [32], nebo o prvky lokálního varovného povodňového systému Plzeňského a Karlovarského kraje [33], [34]. Dalším zdrojem informací mohou být též stránky Českého hydrometeorologického ústavu [35], [36], nebo webový portál *hladiny.cz* [37]. Polohu hladinoměrů, ke kterým existují operativní, tj. neverifikované údaje ukazuje obrázek Obr. 1.3-8. Z důvodu odlišení od standardních vodoměrných stanic jsme takové objekty nazvali jako hladinoměry lokálního významu.

Pro hladinoměry lokálního významu je charakteristická různorodá kvalita přenášených dat a ve srovnání se stálou sítí stanic ČHMÚ méně častá, nebo zcela chybějící verifikace měrných křivek průtoků a jejich relevance. Většina výše zmíněných zdrojů je proto jen výjimečně využitelná za běžných vodních stavů. S vědomím uvedených omezení mohou diskutované informační zdroje sloužit obvykle pouze k detekci a kvantitativnímu vyhodnocení povodňových událostí.

Hladinoměry lokálního významu v povodí VN Hracholusky



Obr. 1.3-8 Hladinoměry lokálního významu v povodí VN Hracholusky

1.4 Komunální zdroje znečištění

Komunální zdroje jsou hlavním zdrojem fosforu v povrchových vodách, který je základní příčinou eutrofizace vodních nádrží. Proto je sběr informací o těchto zdrojích věnována mimořádná pozornost. Byly využity veškeré dostupné databáze zabývající se komunálními zdroji znečištění. Bylo provedeno podrobné dotazníkové šetření a byly využity výsledky pravidelných monitoringů od jednotlivých provozovatelů, ale také účelové monitoringy SFŽP, a mimořádný monitoring prováděný Povodím Vltavy, s.p. pro Plzeňský kraj.

Komunální zdroje v sobě komplexně zahrnují veškeré znečištění pocházející od obyvatel:

- Vypouštění odpadních vod z ČOV
- Úniky na kanalizační síti
- Individuální likvidace odpadních vod (domovní ČOV, jímky, septiky)
- Rekreace

1.4.1 Základní demografické údaje

Povodí VN Hracholusky má rozlohu 1 611 km². Z této plochy část leží ve Spolkové republice Německo, jedná se konkrétně o 31 km² (necelé 2 % z celkové plochy povodí). Jedná se o okrajovou oblast povodí, kde je jen minimální osídlení, konkrétně se zde nachází jedna větší obec Mähring s přibližně 1900 obyvateli. Informace z této oblasti nejsou dostupné, ale vzhledem k poměrně nízkému počtu zde žijících obyvatel a okrajové lokalitě povodí se nejedná o významnou lokalitu.

Na území České republiky zasahuje povodí VN Hracholusky do působnosti dvou krajů. Převážná část povodí (83 %) leží na území Plzeňského kraje, 15 % povodí leží v kraji Karlovarském. Zájmové území spadá do působnosti 8 ORP. Největší podíl má Tachov (46 %), Stříbro (25 %), Mariánské Lázně (13 %) a Nýřany (11 %). Ostatní ORP (Karlovy Vary, Kralovice, Horšovský Týn a Domažlice) zasahují do zájmového území pouze okrajově a dohromady představují pouhých 4 % řešeného území.

Základním údajem o každé obci je její počet obyvatel. Obyvatele pak dělíme na trvale žijící v obci a na přechodně žijící, kteří reprezentují rekreaci dané oblasti. Pro potřeby modelu tedy vznikli tzv. „zahrnutí obyvatelé“. Jedná se o součet trvale žijících obyvatel a rekreantů, jejichž počet byl redukován tak aby byl adekvátní stále žijícímu obyvateli (například 100 chatařů a chalupářů se přepočte na 29 zahrnutých obyvatel), konkrétní postup přepočtu zahrnutých obyvatel je uveden kapitole 1.4.2.1.

Celkově jsme určili, že v zájmovém území žije 79 960 zahrnutých obyvatel. Vzhledem k poměrně velké ploše povodí (1 611 km²) je hustota osídlení v zájmovém území velmi nízká, pouze 49,6 obyvatel na km². Průměr v ČR je pak násobně větší - 134 obyvatel na km². Z toho plynou další specifika území. Jedná se zejména o absenci velkých měst. Dále pak je pro zájmové území charakteristické, že centrální obec má ve svém působení často vyšší množství přidružených osad. V zájmovém území leží 73 obcí, které představují 234 řešených sídelních jednotek, (tj. průměrně 3 sídelní jednotky v jedné obci). Sídelní jednotka je základní administrativní celek, který je jakostním modelem řešen samostatně. Jedná se o samostatnou zástavbu, ve které žije dlouhodobě více než 10 obyvatel. Jako výchozí podklad pro stanovení sídelních jednotek byla využita katastrální území, ze kterých byly vyloučeny katastry se zástavbou na sebe přímo navazující a s příliš nízkým počtem obyvatel. Vliv katastrálních území, která nejsou samostatně řešena, se projeví v hlavní obci.

Průměrná velikost sídelních jednotek v Plzeňském kraji je 276 obyvatel. V Karlovarském kraji je tato velikost výrazně vyšší a to 815 obyvatel, což je způsobeno především výskytem většího města

(Mariánské Lázně) na relativně malé ploše. Velikost ostatních obcí nevybočuje z celkového průměru. Mariánské Lázně s 16 093 zahrnutými obyvateli jsou největším městem v zájmovém území.

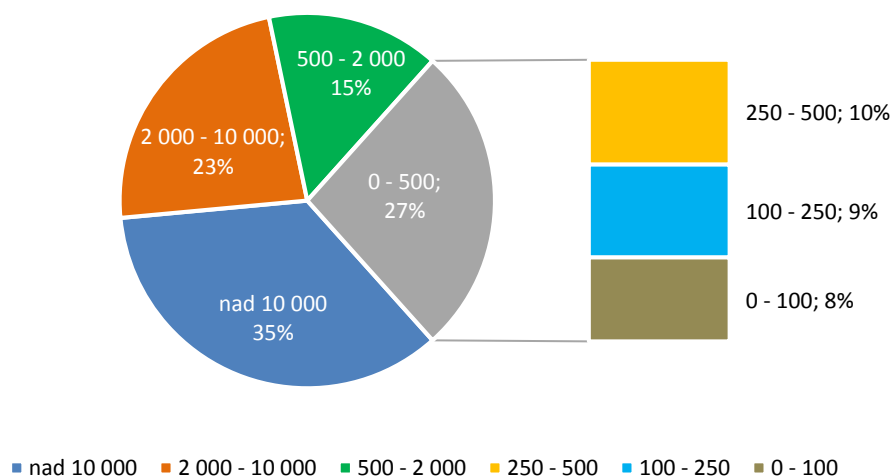
Následující tabulka (Tab. 1.4-1) ukazuje rozložení obyvatelstva dle velikostí sídelních jednotek, stejné informace jsou zobrazeny graficky v obrázcích Obr. 1.4-1; Obr. 1.4-2. Je zde jasně patrné, že naprostá početní převaha je sídel s velikostí do 500 obyvatel. Z celkového počtu 234 jich je 217, tj. pouze 17 katastrů má velikost nad 500 obyvatel. Tento stav do značné míry komplikuje kvalitní odvádění a čištění odpadních vod. Výstavba kanalizace a ČOV pro velmi malé obce bývá obvykle málo efektivní, a to jak z pohledu vynaložených investic, tak co se týče účinnosti odstraňování živin z odpadních vod. V současné době je v povodí VN Hracholusky vystavěné poměrně velké množství ČOV s kapacitou do 500 EO, další výstavba ČOV v tomto povodí bude poměrně náročná, obzvláště vzhledem k faktu, že téměř 2/3 sídelních jednotek mají dokonce méně než 100 obyvatel.

Pozornost je tedy třeba upřít na větší obce, kterých je poměrně malý počet, ale představují téměř 3/4 obyvatelstva. Zde je vhodné zamyslet se nad možností zefektivnění současného systému likvidace OV.

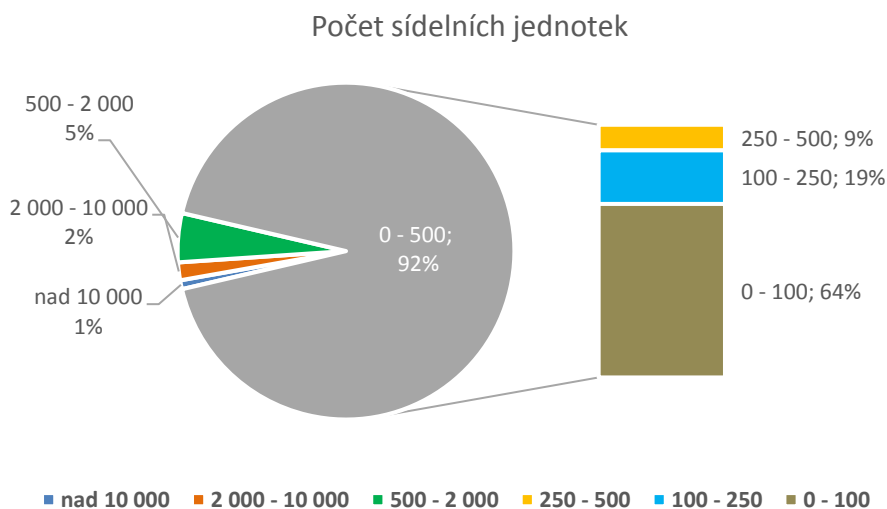
Tab. 1.4-1 Rozdělení sídelních jednotek dle počtu obyvatel

kategorie velikosti sídelní jednotky dle počtu obyvatel		počet obyvatel		počet sídelních jednotek	
nad 10 000		28 116		2	
2 000 - 10 000		18 544		4	
500 - 2 000		11 928		11	
0 - 500	250 - 500	21 374	7 955	217	22
	100 - 250		7 050		46
	0 - 100		6 369		149
Celkem		79 960		234	

Rozdělení obcí dle počtu obyvatel



Obr. 1.4-1 Zastoupení obcí jednotlivých kategorií dle počtu obyvatel v nich žijících



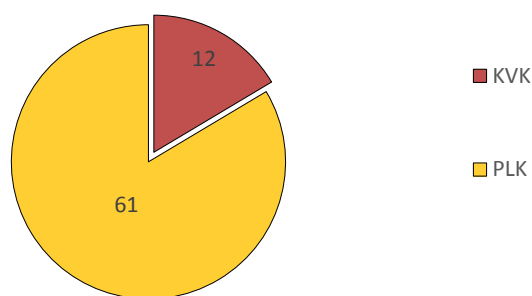
Obr. 1.4-2 Zastoupení obcí jednotlivých kategorií dle jejich počtu v zájmovém území

1.4.2 Sběr informací o komunálních zdrojích znečištění

K získání aktuálních údajů o jednotlivých sídelních útvech v zájmovém území nám sloužila zejména dotazníková kampaň. Tato probíhala paralelně na dvou úrovních a to na úrovni obcí a na úrovni provozovatelů čistíren odpadních vod, přičemž v některých případech se jednalo o tutéž instituci.

Celkově se v zájmovém území nachází 73 obcí, ležících na území dvou krajů.

Zastoupení počtu obcí v povodí dle krajů



1.4.2.1 Dotazníková kampaň na obce – sběr a zpracování dat o komunálních zdrojích odpadních vod a dalších údajů ve správním obvodu obce

Prvním nezbytným krokem pro vyhodnocení vlivu jakéhokoliv zdroje odpadních vod je vždy sběr dat. Za základní jednotky pro analýzu území byla zvolena katastrální území, která mají charakter samostatné zástavby.

Veškeré obce v zájmovém území byly počátkem roku 2018 osloveny Plzeňským a Karlovarským krajem se žádostí o vyplnění informačního dotazníku. Tento obsahoval jak základní údaje o počtu obyvatel a způsobu čištění odpadních vod, tak i dotaz na plánované kroky v oblasti odvádění a čištění

splaškových vod. Návratnost vyplněných dotazníků byla však bohužel nízká. U Karlovarského kraje 50 %, u Plzeňského kraje dokonce jen 23 %.

V další fázi byly všechny obce bez vyplněných dotazníků telefonicky kontaktovány. 30 formulářů bylo tedy vyplněno s jednotlivými zástupci obcí (převážně starosty) přímo po telefonu. Až na několik výjimek okrajových katastrů, kde hlavní obec již leží mimo zájmové území tedy byly získány informace o všech sídelních jednotkách v povodí vodního díla Hracholusky.

Jako podklad pro určení aktuálního stavu počtu obyvatel nám u sídel bez dotazníku posloužila data z Českého statistického úřadu, která uváděla údaje aktuální k lednu 2017.

Posledním zdrojem informací byl internet. Zde jsme čerpali zejména údaje o ubytovacích kapacitách jednotlivých rekreačních objektů umístěných mimo vlastní sídelní útvary.

Přehledné rozložení zdrojů získaných dat je uvedeno viz Obr. 1.4-6 a Tab. 1.4-2.

V případě, že se jednalo o katastr s méně než 10 obyvateli nebo vrácené dotazníky neobsahovaly informace o katastrálním území, ale jen o celé obci, byla vyhodnocována obec jako celek.

INFORMACE ZJIŠŤOVANÉ V DOTAZNÍKOVÉ KAMPANI

Dotazníky obsahovaly následující otázky:

- kontaktní údaje na zpracovatele dotazníku;
- počet trvale bydlících obyvatel v současnosti a ve výhledu;
- počet přechodně bydlících obyvatel (rekreantů, počet chat a chalup a vyčíslení kolik jich je přímo v zástavbě obce);
- existence ubytovacího zařízení, jeho kapacita a sezónnost;
- existence obecní ČOV, popřípadě kontakt na provozovatele této ČOV;
- počet domovních ČOV a počet obyvatel napojených na tyto ČOV;
- existence kanalizace v obci, její typ (jednotná, splašková, dešťová) a počet obyvatel napojených na jednotlivé typy kanalizace; případně počet obyvatel napojených kanalizací na ČOV;
- počet obyvatel, kteří své splaškové vody likvidují jímáním v bezodtokých žumpách s odvozem, nebo vypouští vody do vodních toků, kanalizace či trativodů po předčištění v septicích, případně vypouští přímo do vodních toků.
- záměr výstavby ČOV a kanalizace; popřípadě stav přípravy, předpokládané parametry a rok plánované realizace;
- výskyt významnější průmyslové výroby na katastru obce; popřípadě název podniku, odvětví a počet zaměstnanců;
- výskyt živočišné výroby na katastru obce s přibližným počtem kusů dobytka a určením druhu dobytka;
- existence vodovodu v obci a počet obyvatel napojených na tento vodovod;

V dotazníku byl i prostor pro poznámky starostů, kde uváděli jejich názor na hlavní zdroje znečištění v obcích.

Odpadní vody z individuálních rekreačních objektů, jejichž existence byla uváděna dotaznicích, byly po přepočtu zahrnuty do příslušných sídelních jednotek. Zde se předpokládalo, že jeden objekt je

užíván dvěma osobami po dobu 2 dnů týdně.

Při sběru informací jsme narazili na lokality, kde rekreační využití převládá nad běžnou zástavbou. Tyto lokality byly řešeny samostatně a do jakostního modelu vstupují jako hromadná rekreace. Jedná se zejména o rekreaci v těsné blízkosti nádrže Hracholusky, kde se vyskytuje až 8 900 rekreantů. Tito jsou podrobně řešeni v kapitole 1.4.5.

Významnou abnormalitu zde tvoří lázeňští hosté. Tito jsou nejvíce patrní v městě Mariánské Lázně, které samotné má jen málo přes 12 tisíc obyvatel. Dle údajů ze statistického úřadu je zde ale 81 ubytovacích zařízení, v nichž se v průběhu roku 2016 ubytovalo přes 263 tisíc hostů, s průměrným počtem strávených nocí 5,3. To znamená, že zde během tohoto roku proběhlo více než 1 368 tis. přenocování. Tito ubytovaní tedy také vstupují do jakostního modelu, po přepočtu jako dalších 3 750 obyvatel.

1.4.2.2 Dotazníková kampaň na provozovatele komunálních ČOV – sběr a zpracování dat o jednotlivých ČOV a kanalizačních sítích

Údaje o jednotlivých čistírnách odpadních vod byly zjišťovány formou dotazníků zaslaných jednotlivým provozovatelům ČOV. Ty byly na začátku roku 2018 rozeslány krajskými úřady Plzeňského kraje a Karlovarského kraje. Největší provozní společností je v zájmovém území akciová společnost Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (VODAKVA). Tato v zájmovém území provozuje celkem 23 ČOV. Dalším větším provozovatelem je zde společnost CHEVAK, a.s., divize Mariánské Lázně. Dvě čistírny spravuje také firma ČEVAK a.s.

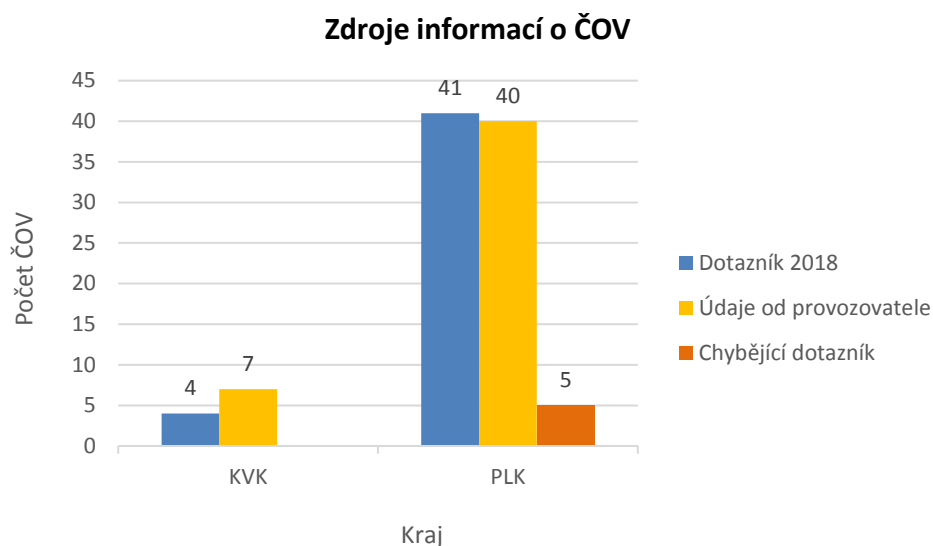
Dále bylo z dotazníkové kampaně obcí zjištěno, že některé ČOV v povodí nádrže Hracholusky si provozují obce samostatně. I ty byly tedy obeslány dotazníky pro provozovatele ČOV. Jedná se převážně o drobné obce, některé vybavené pouze biologickými rybníky.

Dotazník obsahoval následující otázky:

- Kapacita ČOV (dle EO)
- počet napojených obyvatel na ČOV
- rok výstavby ČOV (nebo poslední rekonstrukce)
- typ ČOV
- zda je ČOV vybavena zařízením na odstraňování fosforu
- zda je zařízení na odstraňování fosforu využíváno
- typ napojené kanalizace na ČOV
- plánovaná rekonstrukce ČOV, stav přípravy, čeho se týká, rok zahájení
- rozbor odpadních vod ve sledovaném období na přítoku a odtoku z ČOV v parametrech P_{celk} a N_{celk}
- množství vypouštěných odpadních vod ve sledovaném období
-

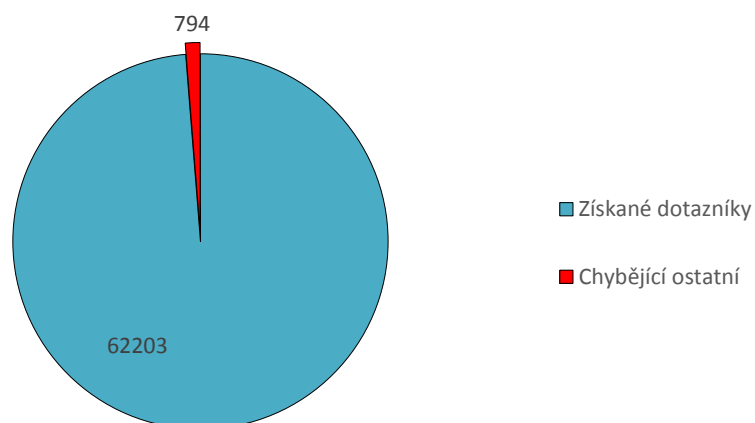
Celková návratnost kompletních formulářů byla především díky spolupráci největších provozovatelů dobrá. Prostřednictvím telefonických rozhovorů s provozovateli bylo vyplněno několik dalších dotazníků. Pro několik zbylých čistíren, u kterých nebyla získána data od provozovatele, byly využity údaje uvedené v hlášení uživatelů vod a z monitorovací kampaně uživatelů ČOV.

Z celkového počtu 54 komunálních ČOV byly získány dotazníky od 49 z nich. Zbýlých 5 nedodaných tvoří čistírny ve správě firmy ADEX a další 4 provozované obcí (3 z nich jsou biologické rybníky).

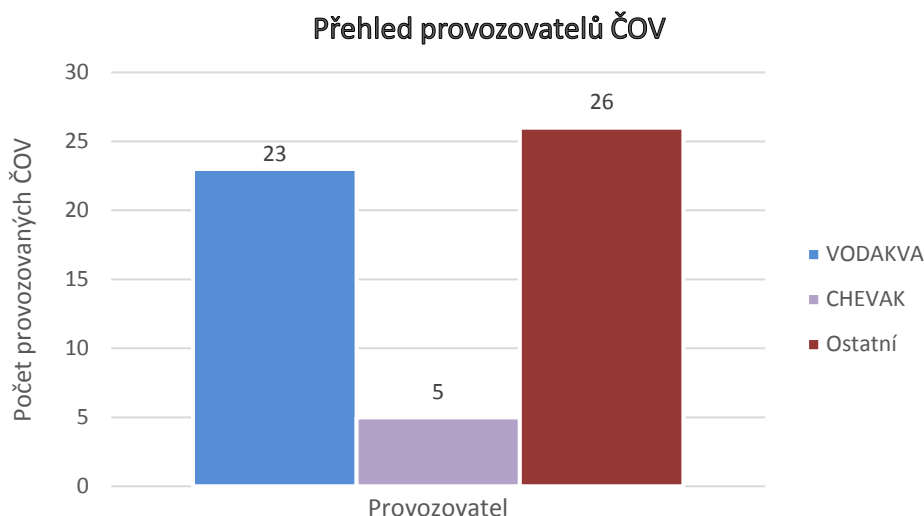


Obr. 1.4-3 Přehled počtu získaných podkladů o komunálních ČOV po krajích

Přehled získaných a chybějících dotazníků provozovatele



Obr. 1.4-4 Znárodnění získaných dotazníků provozovatele dle počtu připojených obyvatel na ČOV



Obr. 1.4-5 Přehled provozovatelů dle počtu provozovaných ČOV

Číselné hodnoty průtoků a ukazatelů jakosti pak u ČOV bez zasláných dat byly převzaty z databáze Vodohospodářské bilance pro jednotlivá místa vypouštění OV pro všechny sledované roky. U ostatních ČOV byly využity veškeré získané podklady a na jejich základě byly vypočítány hodnoty nejlépe vypovídající o jednotlivých ukazatelích.

Z celkového počtu 54 ČOV v zájmovém území byly získány dotazníky od 49 z nich. Pro 47 čistíren byla získána také data o průtocích a jakostních ukazatelích na přítoku a odtoku z ČOV. Tyto údaje se pak liší svou vypovídající schopností v závislosti na velikosti a typu ČOV. Obzvláště některé menší čistírny nemají ve vodoprávním povolení uvedený požadavek na měření sledovaných ukazatelů a četnost měření je u nich také nižší (např. roční).

1.4.2.3 Aktualizace plánu rozvoje vodovodu a kanalizací (PRVK)

Současně s touto naší dotazníkovou kampaní probíhá aktualizace PRVK Plzeňského kraje, který k tomuto účelu také prováděl potřebný sběr dat. Postupně získávané podklady nám byly poskytnuty a využity jako další spolehlivý zdroj aktuálních informací o počtech obyvatel a jejich způsobu likvidace odpadních vod. Údaje z těchto dotazníků byly dostatečně podrobné pro potřeby našeho modelu, a proto byly také použity jako podklad pro doplnění informací o dalších 48 katastrech PLK. Údaje v tomto formuláři jsou uváděny k letům 2005, 2010, 2015. Pro naše potřeby tedy byly uvažovány hodnoty vztahované k roku 2015.

Jsou zde nejen informace o počtu obyvatel, stávajícím způsobu řešení odvádění a likvidace odpadních vod, ale také popsány plánované realizace změn v této oblasti. Podrobně jsou rozčleněny i individuální způsoby likvidace (DČOV, jímky, septiky).

1.4.2.4 Hlášení uživatelů vod (vodohospodářská bilance)

Základním podkladem pro vyhodnocení jednotlivých zdrojů vypouštění je databáze Hlášení uživatelů vod (vodohospodářská bilance). Jedná se o databázi, kterou spravuje Povodí Vltavy s.p. Jednotliví významní producenti odpadních vod mají povinnost předávat podnikům Povodí vybrané údaje o vypouštění odpadních vod. Hranice významnosti je zde stanovena objemem vypouštěné vody:

- 6000 m³ ročně
- 500 m³ měsíčně

Tyto hodnoty odpovídají zhruba 0,2 l/s kontinuálního vypouštění. Jedná se o množství odpovídající produkci obce s cca 150 obyvateli s těsnou oddílnou kanalizací. V povodí VD Hracholusky je pouze 5 komunálních ČOV, které pravidlo významnosti nesplňují.

Hlášení obsahuje informaci o množství vypouštěné odpadní vody v jednotlivých měsících a průměrné roční koncentrace vybraných parametrů na nátok do ČOV a na jejím odtoku. Databáze obsahuje tyto parametry: BSK₅, CHSK_{Cr}, N_{anorg}, N-NH₄, P_{celk}, NL, RAS. Zatímco průtok je uveden vždy, pokud v daných měsících docházelo k vypouštění, koncentrační hodnoty jsou uvedeny jen tehdy, pokud provozovatel dané parametry měří. To je do značné míry závislé jednak na konkrétním provozovateli a také na znění rozhodnutí k nakládání s vodami. Velcí provozovatelé měří na svých ČOV parametry i nad rámec povolení a ve vyšších četnostech. Jednotlivé obce měří pak často jen nejnужnější parametry CHSK_{Cr}, BSK₅, NL. Bohužel se nejedná o parametry, které jsou předmětem této studie.

Hlášení uživatelů vod obsahuje i další užitečné informace. Nachází se zde lokalizace vypouštění, identifikace provozovatele, typ kanalizace, ČOV, počet napojených obyvatel a mnoho dalších informací, které byly použity při analýze komunálních ČOV.

Databáze byla také hlavním podkladem pro vyhodnocení průmyslových zdrojů znečištění.

1.4.2.5 VÚME, VÚPE

Vybrané údaje majetkové a provozní evidence – vlastníci VH infrastruktury mají povinnost každoročně předávat na příslušné vodoprávní úřady v souladu s ustanovením § 5 odst. 3 zákona o vodovodech a kanalizacích příslušné informace. Následně jsou data předávána vodoprávními úřady Ministerstvu zemědělství. Tyto databáze obsahují základní souhrn informací o ČOV a kanalizacích.

Databáze posloužila pro identifikaci dalších ČOV v povodí, které nebyly obsaženy ve VH bilanci. Pro čistírny, pro které provozovatelé nezaslali vyplněné dotazníky, jsme z tohoto zdroje čerpali informace o způsobu odkanalizování a čištění OV v daných obcích, případně jsme zaslané údaje kontrolovali s těmi uvedenými ve VÚME a VÚPE.

Databáze také obsahuje informace o odlehčovacích komorách na jednotné kanalizaci. Nachází se zde také rozdělení čištěných vod na komunální, průmyslové a dešťové.

1.4.2.6 Rekapitulace získaných podkladů

Po shrnutí všech podkladů jsme získali poměrně podrobné informace o počtu osob působících v zájmovém území a to nejen trvale žijících, ale také rekreantů. Stejně tak pak bylo možno rozdělit zatížení od těchto osob mezi jednotlivé způsoby odvádění a likvidace odpadních vod.

Základními podklady byly informace získané z dotazníkových kampaní vedených k této studii a aktualizaci PRVK Plzeňského kraje. Vzhledem k nízké návratnosti dotazníků pak proběhlo doplnění formou telefonického kontaktování pověřených osob (převážně starostů drobnějších obcí, případně referentů vodoprávních úřadů, případně zástupců odboru majetku). S těmito pak byly vyplněny dotazníky telefonicky.

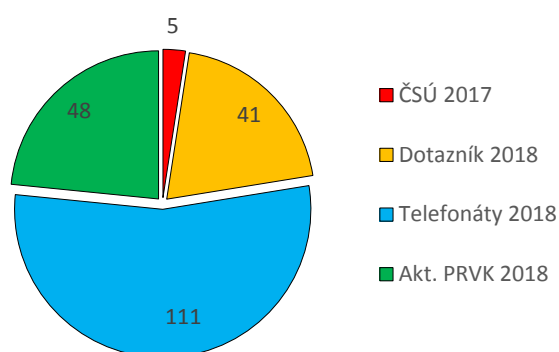
U několika okrajových katastrů byly údaje o počtu obyvatel získány z dostupné databáze Českého statistického úřadu a to aktuálních k lednu 2017.

Přehledné rozdělení jednotlivých zdrojů informací pro Plzeňský a Karlovarský kraj je znázorněno v následující tabulce a grafech.

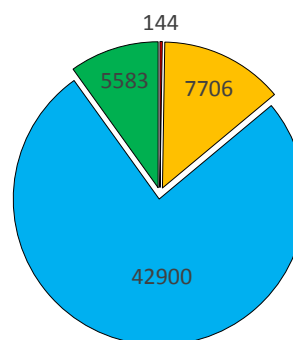
Tab. 1.4-2 Přehled zdrojů informací dle počtu katastrálních území a obyvatel po krajích

Kraj	Dotazník 2018	Telefonáty 2018	Aktualizace PRVK 2018	ČSÚ 2017	Celkem
Katastrální území					
KVK	13	14	0	2	29
PLK	41	111	48	5	205
Celkem	54	125	48	7	234
Počet obyvatel					
KVK	4 705	18 826	0	96	23 627
PLK	7 706	42 900	5583	144	56 333
Celkem	12 411	61 726	5583	240	79 960

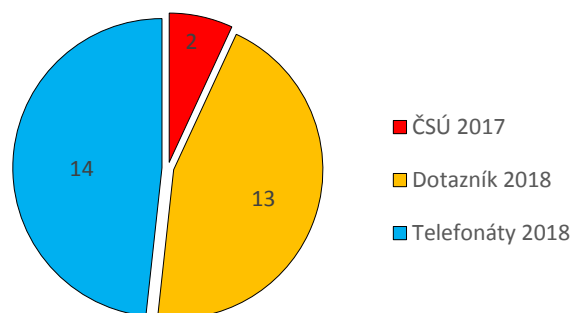
Plzeňský kraj - počty katastrů



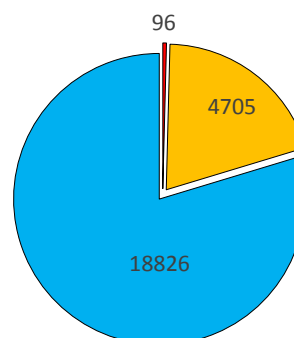
Plzeňský kraj - počty obyvatel



Karlovarský kraj - počty katastrů



Karlovarský kraj - počty obyvatel



Obr. 1.4-6 Zobrazení zdrojů informací po krajích dle počtu katastrů a obyvatel

Byla provedena syntéza dat získaných ze všech zdrojů, a to především z dotazníkové kampaně, vodohospodářské bilance a údajů z jakostního monitoringu. Tímto způsobem pak vznikla rozsáhlá datová základna, která umožnila vytvořit detailní představu o jednotlivých zdrojích znečištění.

1.4.3 Způsoby likvidace odpadních vod v povodí VD Hracholusky

Z hlediska vypouštění fosforu jsou nejdůležitější komunální zdroje znečištění. Proto byla sběru a zpracování informací týkající se likvidace komunálních OV věnována mimořádná pozornost (viz kapitola 1.4.2 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Díky těmto podkladům bylo možné určit, jakým způsobem jsou v zájmovém území likvidovány odpadní vody:

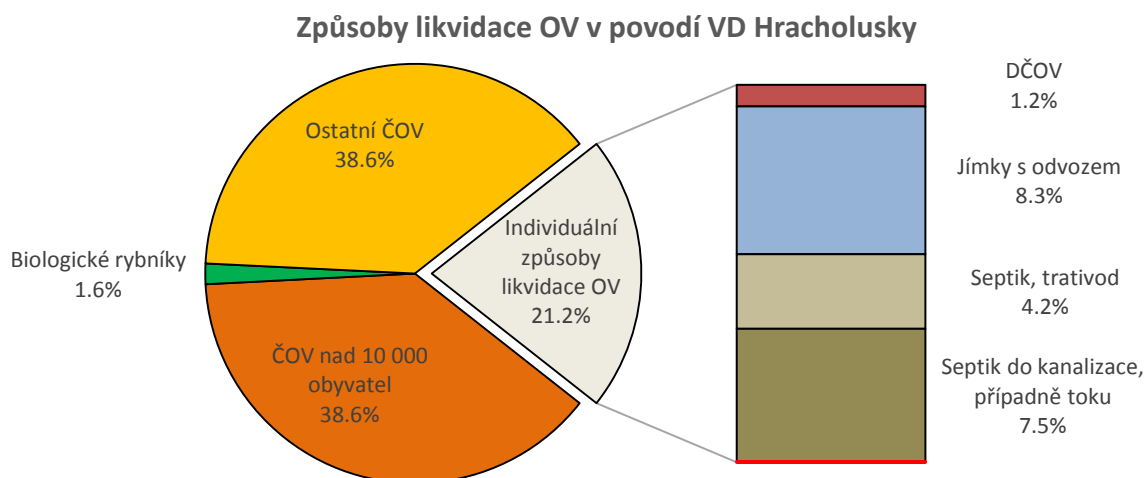
- Čištění odpadní vod na komunálních ČOV
- Individuální likvidace odpadních vod
 - Domovní ČOV
 - Bezodtoké jímky na vyvážení
 - Septiky s přepady do trativodu
 - Septiky s přepady do kanalizace bez ČOV, nebo přímo do recipientu
 - Přímé vypouštění odpadních vod do recipientu

Jak bylo uvedeno v kapitole 1.4.1 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je v povodí VD Hracholusky specifický způsob osídlení. Převažují zde velmi malá sídla a hustota osídlení je velmi nízká. Naproti tomu je zde relativně vysoké procento napojenosti na ČOV. Celkově je 79 % obyvatel napojeno na ČOV. Jedná se o číslo nižší než je průměr ČR - 84,7 % nebo Plzeňského kraje 83,8 % (zdroj: ČSÚ rok 2016), ale vzhledem k absenci velkých sídel a způsobu osídlení se jedná o velmi dobrý stav.

Následující graf (Obr. 1.4-7) ukazuje, že téměř polovina obyvatel napojených na ČOV žije ve dvou velkých sídlech – Mariánské Lázně a Tachov. V povodí VD Hracholusky slouží jako ČOV 8 biologických rybníků, na které je ale napojeno jen 1,6 % obyvatel. Dalších 39 % obyvatel likviduje své odpadní vody ve 44 mechanicko-biologických ČOV.

Poměrně minoritní způsob likvidace OV představuje také využití DČOV. Nejčastějším způsobem individuální likvidace OV jsou septiky s přepady do recipientu, případně do trativodu (11,7 %). Prostřednictvím bezodtokých jímek likviduje své OV přes 8 % obyvatel. Toto procento může být reálně i nižší. Při analýze dat vycházíme z údajů nahlášených starosty (případně jinými pověřenými osobami). Jedná se vždy o osoby velmi dobře znající místní podmínky, ale je velmi pravděpodobné, že někteří obyvatelé, kteří tvrdí že likvidují OV svozy na ČOV ve skutečnosti využívají jímku jako septik s přepadem. Finanční náklady na důsledné vyvážení bezodtokých jímek se mohou pohybovat v řádech desítek tisíc korun ročně, a proto k tomuto způsobu likvidace OV nebude přistupováno zcela plošně. Existují samozřejmě i výjimky, např. obec Obora (nachází se v povodí vodárenské nádrže Lučina a CHKO Český Les). Zde obec organizuje pravidelné svozy pro všechny obyvatele a přispívá na ně 30 % z celkových nákladů, čímž se zvyšuje efektivita svozů.

Konkrétní přehled o likvidaci OV si je možné udělat z následující tabulky a grafu (Tab. 1.4-3 a Obr. 1.4-7).



Obr. 1.4-7 Způsoby likvidace OV V povodí VD Hracholusky

Tab. 1.4-3 Způsoby likvidace komunálních odpadních vod v povodí VD Hracholusky

Kategorie likvidace OV	Počet obyvatel	Poměrové zastoupení
Obyvatelé připojení na ČOV	62 997	79%
• ČOV nad 10 000 obyvatel	30 848	38.6%
• Biologické rybníky	1 265	1.6%
• Ostatní ČOV	30 884	38.6%
Individuální likvidace OV	16 964	21%
• Domovní ČOV	971	1.2%
• Jímky s odvozem	6 642	8.3%
• Septik, trativod	3 353	4.2%
• Septik do kanalizace, případně toku	5 981	7.5%
Celkem	79 960	100%

1.4.4 Komunální ČOV v povodí VD Hracholusky

Komunální čistírny odpadních vod patří mezi nejlepší možnosti pro snížení vypouštění fosforu. Nejúčinnější jsou pak mechanicko-biologické čistírny se srážením fosforu. Další typy čistíren (kořenové, biologické rybníky) nejsou pro odstraňování živin příliš vhodné. Při posuzování ČOV je lépe se zaměřovat na účinnosti odstraňování sledovaných ukazatelů, než na hodnoty koncentrací na odtoku. Nízká koncentrace může být způsobena i jen velmi zředěným nátokem a samotná čistírna pak často pracuje velmi špatně. Proto se v následujícím textu budeme primárně zaměřovat na popis ČOV prostřednictvím její účinnosti.

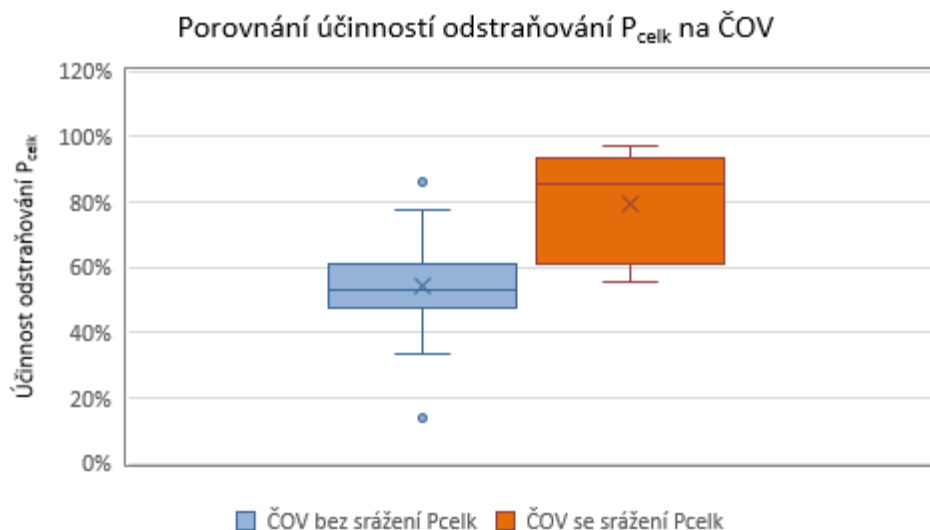
Také domovní čistírny (DČOV) nemají velký potenciál na odstraňování živin. Jejich účinnost je problematická i u základních parametrů jako je CHSK, BSK₅, NL. Tyto ukazatele je možné na DČOV úspěšně snižovat, ale často se zde vyskytují provozními problémy a zdaleka ne každý uživatel je schopen udržet čistící proces v chodu. Případná delší dovolená, která zastaví přísun OV na DČOV, zapříčiní vyhytnutí biologické části takových čistíren. Vzhledem k těmto skutečnostem nezařazujeme obyvatele napojené na DČOV mezi ty čištěné čistírnami, ale mezi individuální způsoby likvidace OV.

V zájmovém území se nenachází žádné kořenové ČOV, ale je zde vyšší počet biologických rybníků. Biologické rybníky mají jistý potenciál snižovat živinové zatížení, ale čistící proces u nich nefunguje kontinuálně. Velké rozdíly v účinnostech čištění jsou zejména mezi letním a zimním obdobím. V létě většinou rybníky vykazují poměrně dobrou účinnost odstraňování fosforu i dusíku, ale v zimě je jejich účinnost mnohdy i záporná (uvolňují živiny zpět do toku). V celoroční bilanci se jejich dosažitelné účinnosti pohybují okolo 40 %, nicméně u starších rybníků může být účinnost i výrazně nižší.

Mechanicko-biologické ČOV vykazují běžně účinnosti odstraňování P_{celk} v rozmezí 30 – 75 %, pokud nejsou vybaveny technologií na odstraňování fosforu. Rozsah je poměrně veliký a záleží na konkrétní ČOV a jejím provozování, jaké hodnoty jsou dosahovány. V zájmovém území je tento rozsah ještě širší a činí 33 %¹ – 87 % (nejnižší účinnost má ČOV Staré Sedliště a nejlepší účinnost, bez použití srážení P_{celk} , má ČOV Cebiv). Průměrná účinnost odstraňování P_{celk} na mechanicko-biologických ČOV bez srážení fosforu je v povodí VD Hracholusky 54 %.

U ČOV využívajících srážení fosforu, které je možné instalovat na ČOV všech velikostí (technologie tzv. simultánního srážení fosforu), se běžně dosahované účinnosti odstraňování P_{celk} zvýší na 75 – 95 %, průměrně se pak účinnost srážení udává jako 80 %. Tato situace panuje i v podmínkách povodí VD Hracholusky. Zde je pak průměrná účinnost srážení fosforu 79 % (rozsah účinností je 55 % - ČOV Lázně Kynžvart až 97 % ČOV Stříbro). Chemické srážení fosforu je poměrně jednoduchá a finančně nenáročná metoda jeho eliminace. Investiční náklady se pohybují relativně v nízkých hodnotách (v porovnání s celkovými náklady na ČOV) – desítky tisíc Kč na malých ČOV až stovky tisíc Kč u velkých čistíren, kde jsou již použita sofistikovaná zařízení). Provozní náklady také nejsou příliš vysoké, pohybují se v řádu desítek haléřů až jednotky korun za vyčištěný m³. Vysokých hodnot účinností odstraňování fosforu se dá dosahovat i bez srážení, ale je to mnohem náročnější na technologické vybavení ČOV a její provozování. Porovnání obou metod je patrné z následujícího grafu (Obr. 1.4-8). Zde je dobře patrné, že se rozsahy účinností odstraňování P_{celk} překrývají, ale se srážením je obecně dosahováno lepších výsledků. Určitou možnost efektivního snížení fosforu na odtoku z ČOV skýtá také využití železitých kalů pocházejících z úpravny vod jako srážedla. Tato technologie je (s velkým úspěchem) využívána např. na ČOV Velké Meziříčí.

¹ Nejnižší účinnost odstraňování P_{celk} – 14 % měla ČOV Svobodka, která byla v roce 2017 zrušena a obyvatelé přepojeni na ČOV Tachov



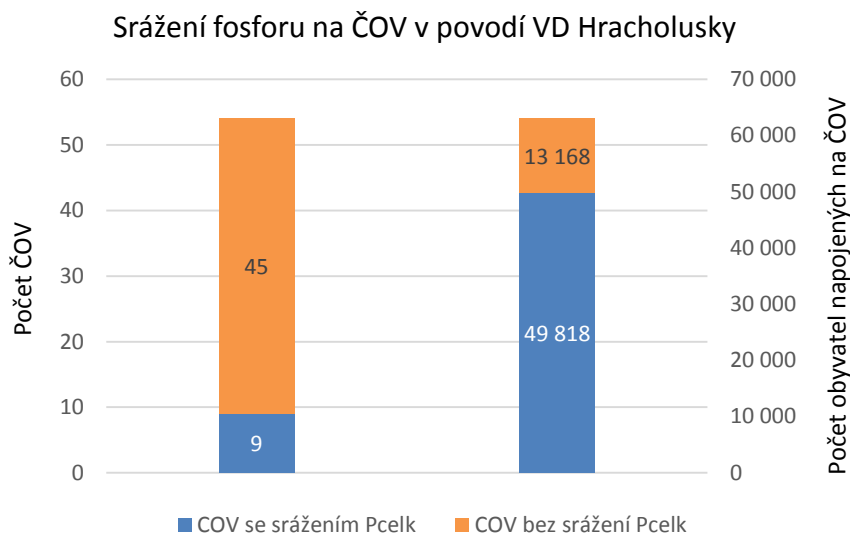
Obr. 1.4-8 Porovnání účinností odstraňování P_{celk} na ČOV v povodí Hracholusky

1.4.4.1 Identifikace ČOV v povodí VD Hracholusky

V povodí VD Hracholusky jsme v období 2012 – 2017 identifikovali 54 komunálních ČOV, ale z nich tři jsou zrušeny a obyvatelé přepojeni na větší ČOV. Dále se zde nachází 2 ČOV vybudované pro průmyslové zóny, které čistí i OV od obyvatel tamních obcí. V současnosti tedy existuje 51 komunálních ČOV, mezi ně je počítáno i 8 biologických rybníků, v ostatních případech se jedná o mechanicko-biologické ČOV. Na výše zmíněné způsoby čištění odpadních vod odvádí z 233 řešených sídelních jednotek odpadní vody obyvatelé jen 62 z nich. Všechny větší sídelní jednotky (vzhledem k počtu obyvatelstva) jsou již napojené na čistírny. Největší katastr, který není připojený na ČOV (Brod nad Tichou) má 255 obyvatel. Jen 4 katastrální území s počtem nad 200 obyvatel jsou bez čistírny. Další výstavba ČOV v povodí bude již značně problematická a relativně málo efektivní.

Za posledních 6 let (2012 – 2017) bylo v povodí VD Hracholusky postaveno 6 ČOV. Dvě z nich tvoří biologické rybníky, ostatní mechanicko-biologické ČOV. Celkem se na ně napojilo 1 097 obyvatel, což představuje pouhé 1,4 % obyvatel z povodí VD Hracholusky. Poměrně zřetelně tato situace vykresluje tempo výstavby dalších čistíren. Vhodné je tedy spíše pracovat se současnými ČOV a zvyšovat jejich účinnost.

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, je chemické srážení fosforu účinnou metodou zvýšení odstraňování fosforu na ČOV. V povodí VN Hracholusky je touto technologií vybaveno 9 čistíren, které likvidují odpadní vody téměř pro 50 tisíc obyvatel. Čistíren bez této technologie je 5x více, ale protože průměrná velikost takovéto ČOV je necelých 300 obyvatel, čistí OV „jen“ od zhruba 13 tisíc obyvatel.

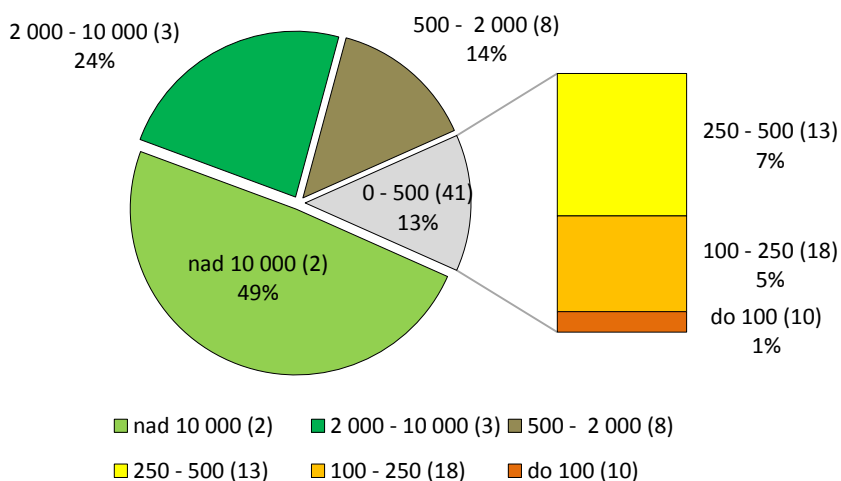


Obr. 1.4-9 Srážení fosforu na ČOV v povodí VD Hracholusky

Jak bylo uvedeno výše, je cca 39 % z celkového počtu obyvatelstva napojeno na dvě ČOV. Z níže uvedeného grafu vyplývá, že tato hodnota odpovídá polovině obyvatel, od kterých jsou odpadní vody odváděny a čištěny na čistírnách a s kategorií nad 2000 obyvatel se jedná dokonce o 3/4 obyvatel, od kterých jsou odpadní vody čištěny na celkem 5 ČOV (Chotěnov (Mariánské Lázně), Tachov, Stříbro, Planá a Břetislav (Konstantinovy Lázně).

Velkou kategorii tvoří malé čistírny do 500 připojených obyvatel. Čistí OV „jen“ od 13 % obyvatel ale početně se jedná o drtivou většinu všech čistíren. Jen u 24 z nich bylo možno určit účinnost odstraňování P_{celk}, neboť ostatním chybělo měření na nátok. Vzhledem k velikosti těchto čistíren vykazují poměrně dobrou průměrnou účinnost odstraňování P_{celk} 54 %.

Rozdělení ČOV dle počtu připojených obyvatel



Obr. 1.4-10 Rozdělení ČOV podle počtu připojených obyvatel

Tab. 1.4-4 Přehled ČOV v povodí VD Hracholusky podle počtu a připojených obyvatel

Kategorie velikosti ČOV	Mechanicko-biologické ČOV		Biologické rybníky		Celkem		
	počet	nápojení obyvatelé	počet	nápojení obyvatelé	počet	nápojení obyvatelé	
nad 10 000	2	30 848	-	-	2	30 848	
2 000 - 10 000	3	14 839	-	-	3	14 839	
500 - 2 000	8	8 902	-	-	8	8 902	
0 - 500	33	7 132	8	1 265	41	8 397	
0 - 500	250 - 500	11	3 863	2	762	13	4 625
	100 - 250	16	2 815	2	290	18	3 105
	do 100	6	454	4	213	10	667
Celkem	46	61 721	8	1 265	54	62 997	

1.4.4.2 Sběr informací o komunálních ČOV

Informace o řešených ukazatelích na konkrétních ČOV jsme čerpali z několika pramenů:

- **Informace, které poskytli samotní provozovatelé čistíren** – jedná se o informace získané v rámci dotazníkové akce zasláné provozovatelům čistíren
 - **VODAKVA Karlovy Vary** - v zájmovém území je majoritním provozovatelem firma Vodárny a Kanalizace Karlovy Vary a.s., celkově spravují 23 čistíren v povodí VD Hracholusky. Tento provozovatel pro účely studie poskytl konkrétní měřená data ze svých čistíren, kde měří i parametry nad rámec vodoprávních rozhodnutí. Proto jsme získali cenné informace o přítoku i odtoku z ČOV.
 - **Další provozovatelé** - některé obce si provozují vlastní ČOV samy. Většina z nich nám poskytla údaje z měření jejich čistírny, nicméně tato měření většinou obsahují jen základní ukazatele (BSK₅, CHSK, NL) a nejedná se tedy o parametry řešené v tomto modelu. Další provozovatelé jsou spíše marginální s výjimkou firmy CHEVAK Cheb a.s., který provozuje ČOV Chotěnov (Mariánské Lázně) a další 4 ČOV v povodí VD Hracholusky.
- **Vodohospodářská bilance** (hlášení uživatelů vod) – Povodí Vltavy s.p., sbírá a eviduje v této databázi informace o vypouštění odpadních vod od významných uživatelů. Za významného uživatele je považovaný ten, který vypustí (nebo odebere) více než 6 000 m³ ročně, nebo 500 m³ měsíčně (toto množství odpovídá přibližně průtoku 0,2 l/s). Pouze 5 komunálních ČOV v zájmovém území toto pravidlo nenaplnuje. Databáze obsahuje měsíční průtoky a hodnoty ukazatelů BSK₅, CHSK, NL, RAS, N_{anorg}, N-NH₄ a P_{celk} na přítoku a odtoku, zpracované jako roční průměr. Mnozí uživatelé ale neměří všechny tyto parametry a proto ani v této databázi nejsou obsaženy.
- **Monitoring ČOV provozovaný dalšími subjekty** - pro doplnění chybějících dat případně zpodobnění stávajících informací pak posloužila data dalších subjektů které z kontrolních důvodů v zájmovém území prováděly monitoring čistíren:
 - *Plzeňský kraj* – nechal provést akci „Roční rozšířený monitoring povrchových a odpadních vod v povodí VD Hracholusky.“ V rámci této akce bylo v roce 2017 a 2018

monitorováno také 29 čistíren. Kromě jiných parametrů zde byl měřen také P-PO₄, který není součástí žádné jiné monitorovací akce. Nejen z tohoto důvodu se jedná o cenný zdroj informací

- *Státní fond životního prostředí ČR* – v rámci kontroly správnosti sledování znečištění odpadních vod, SFŽP kontroly vybraných ČOV.
- *Povodí Vltavy s.p.* – provádí kontrolní monitoring na vybraných (větších) ČOV v povodí.

Celkově jsme získali informace z téměř 4 000 odběrů na čistírnách odpadních vod a přes 25 tisíc hodnot. Pokrytí konkrétními informacemi je tedy poměrně dobré, ale zbývá 12 ČOV o kterých nejsou k dispozici žádná měřená data v parametrech, kterými se zabývá řešená studie. Jedná se o téměř všechny biologické rybníky (7 z celkového počtu 8), kdy samy provozovatelé tyto parametry nemonitorují a ani nebyly předmětem kontrolního monitoringu ostatních subjektů. Zbývající ČOV jsou malé mechanicko-biologické ČOV s počtem napojených obyvatel nepřesahující 200.

1.4.4.3 Úniky na kanalizační síti

U ČOV, pro které provozovatelé poskytli informace o nátokových koncentracích na čistírny (36 ČOV z celkového počtu 54), jsme provedli analýzu nátoků objemu živinového zatížení na ČOV a porovnali ji s teoretickým nátokem. Teoretický nátok na čistírnu byl vypočten na základě empirické znalosti produkce fosforu na člověka a den a známého počtu připojených obyvatel. Jen u velmi malé části čistíren odpovídal teoretický nátok na ČOV skutečnému, ve většině případů byl skutečný nátok nižší.

Tato metoda určení ztrát není zcela ideální, protože je zatížena několika možnými chybami:

- **teoretická produkce fosforu** – jedná se o hodnotu, která je proměnlivá pro každého konkrétního člověka, zde je nahrazena jedinou průměrnou
- **počet obyvatel připojených na ČOV** – ani toto číslo není 100 % jisté. Samotní provozovatelé evidují množství vypouštěných odpadních vod, které fakturují pro jednotlivé nemovitosti, ale přesné informace o počtu obyvatel nemají. Dále se zde pomítá určitá migrace. Lidé často dojíždí za prací, nebo vzděláním do měst, kde se také podílí na produkci OV. Specifická produkce fosforu tak bývá ve městech vyšší než na vesnicích.
- **měření nátoků na přítoku do čistírny** – ani tento údaj nemusí být úplně jistý, přestože vychází z konkrétního měření. Na nátoku do čistírny jsou často odebrány pouze bodové vzorky, které nepodchytí dynamiku denního vývoje a často je těchto hodnot jen velmi málo (např. jediné měření pro celý rok). Využití těchto čísel tedy také není zcela přesné.

Přes výše zmíněné nedostatky se jedná o dobrou metodu základního vyčíslení úniků znečištění na kanalizační síti. Znečištění se může ztrácet vinou netěsné kanalizace, odlehčení na jednotné stokové síti v období výrazných dešťových událostí nebo také protékání těchto komor v bezdeštném období vinou jejich poškození. U oddílných kanalizačních systémů někdy dochází k chybnému napojení splaškových vod do dešťové kanalizace.

Velikost objemu těchto úniků je vyšší, než je vypouštění zbytkového znečištění čistírnami. Je tedy velmi důležité se těmito zdroji dále zabývat.

Největší problém s úniky na kanalizační síti v povodí VD Hracholusky, který byl při porovnání zjištěn, má město Mariánské Lázně. Kanalizace v tomto městě je patrně málo těsná a na ČOV se

dostávají velmi zředěné odpadní vody. Průměrná koncentrace P_{celk} na nátok do čistírny je pouhých 3,6 mg/l (koncentrace splaškových vod těsně oddílné kanalizace je přes 20 mg/l). Také podle objemu nátoky je patrné, že tato ČOV čistí velké množství balastních vod. Na jednoho obyvatele připadá denní nátok na ČOV 400 – 500 l. Kanalizace v Mariánských Lázních byla budována od roku 1895, velkým rozšířením pak prošla v šedesátých letech minulého století. Na kanalizační trati proběhlo několik velkých rekonstrukcí. V současnosti se s dalšími zásahy nepočítá (zdroj: PRVK KVK 2013). Na odtoku z ČOV Chotěnov (Mariánské Lázně) pak v parametru P_{celk} vykazuje vynikající hodnoty – průměrně 0,45 mg/l, při porovnání účinností dosahuje ale jen „dobrých“ hodnot vzhledem ke své velikosti při porovnání například s ČOV Tachov nebo Stříbro. Účinnost je 87 %.

Podle výše zmíněného postupu odhadujeme, že téměř polovina (45 %) veškerého zatížení, jejichž zdrojem jsou obecně úniky na kanalizační síti, pochází právě z Mariánských Lázní. Naopak město Stříbro vykazuje na nátok do čistírny hodnoty výrazně přesahující očekávanou produkci znečištění. To je do značné míry způsobeno mlékárnou. Jedná se také o ČOV s nejvyšší účinností odstraňování P_{celk} (účinnost 97 %) v rámci celého povodí VD Hracholusky.

ODLEHČENÍ NA JEDNOTNÉ KANALIZAČNÍ SÍTI

Úniky na kanalizační síti nejsou způsobeny jen netěsností kanalizační sítě nebo jinými jejími závadami. Velmi významným faktorem je zde odlehčení dešťových vod na jednotné kanalizační síti. Teoreticky by se zde měla odlehčovat pouze dešťová voda, ale praxe ukazuje, že se do recipientu uvolňují velká množství odpadní vody. Obzvláště v prvních minutách těchto událostí je z kanalizace vypláchnuto znečištění, které zde bylo uloženo.

Celkový objem živin v odlehčených vodách se stanovuje velmi obtížně. Konkrétních měření na odlehčovacích komorách je v rámci České republiky jen velmi malé množství. Dosažitelné výsledky navíc ukazují na velikou disproporčnost. Liší se nejen výsledky v jednotlivých městech, ale i z jednotlivých šachet. Také se liší jednotlivé události v závislosti na intenzitě, objemu a opakování srážek. Vytvořit funkční závislosti není v současnosti možné.

Vliv odlehčení byl tedy zkoumán jednak v porovnání teoretického nátoky na ČOV a měřeného přítoku a dále pak doplňujícím monitoringem srážkových událostí. Tento monitoring byl zaměřen na město Stříbro, které se nachází bezprostředně nad vodní nádrží a jeho vliv na VD Hracholusky je velmi rychlý a přímý. Dalším městem vytipovaným pro tento monitoring byly Mariánské Lázně. Zde je odhadován největší objem fosforu, který nenatéká do ČOV. Při odběru byl odebrán vzorek pod městem pod posledním odlehčením a pro srovnání také nad městem. Byla vyvinuta také snaha o odběr konkrétní odlehčené vody přímo z výtoku odlehčovací komory. Celá kampaň probíhala v létě, kdy je největší pravděpodobnost významných srážkových událostí, které zapříčiňují odlehčení kanalizace.

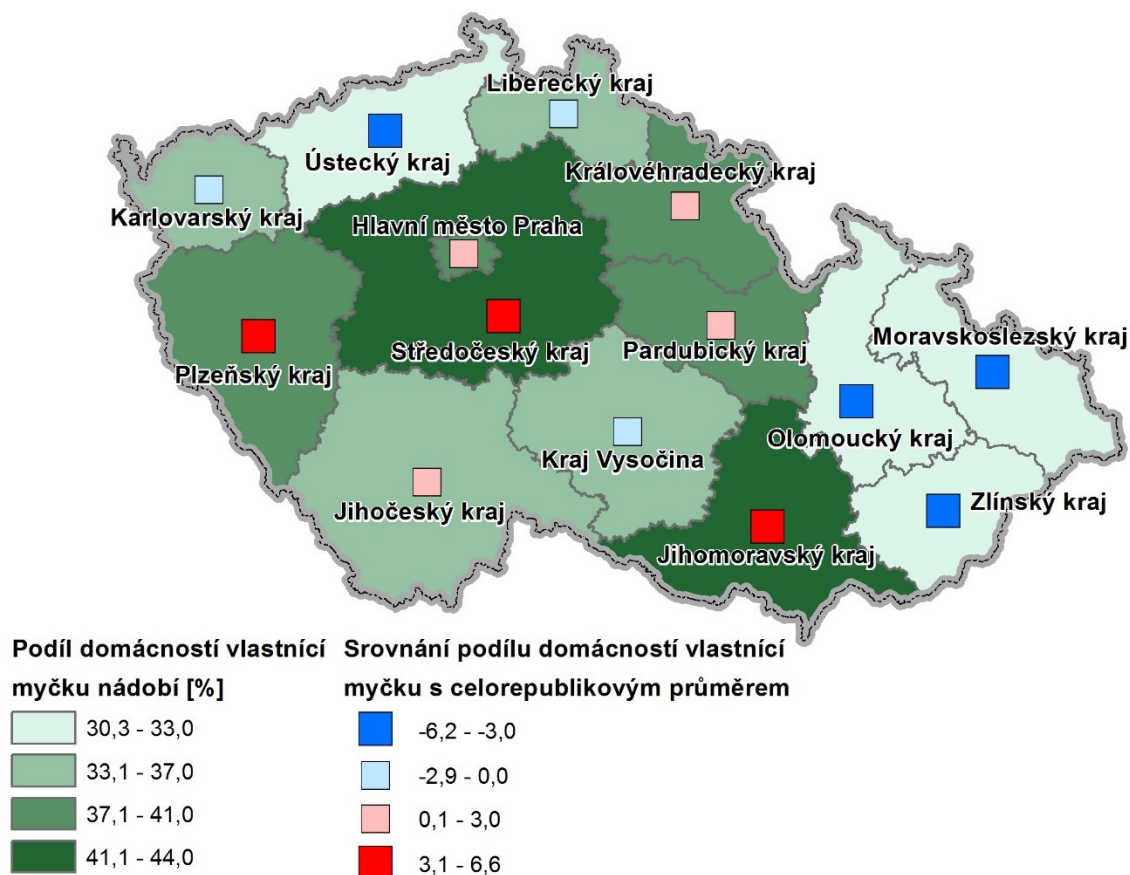
V povodí VD Hracholusky se nachází 85 odlehčovacích komor v 31 katastrech (zdroj VUME 2016). Počet odlehčení v obcích odpovídá velikosti obcí, v povodí VD Hracholusky se běžně jedná o 1-3 komory na katastrální území. Pouze ve větších městech je jich více (Tachov a Mariánské Lázně mají 12 komor, Stříbro 8)

Vliv odlehčení pro svoji nahodilost a různorodost není možné vložit do ustáleného bilančního modelu. Také není možné získat konkrétní informace o všech odlehčeních v území. Proto bylo téma odlehčení řešeno odděleně od jakostního modelu a byla vyvinuta snaha o určitý odhad zátěže z těchto zdrojů.

1.4.4.4 Vliv myček nádobí na produkci fosforu

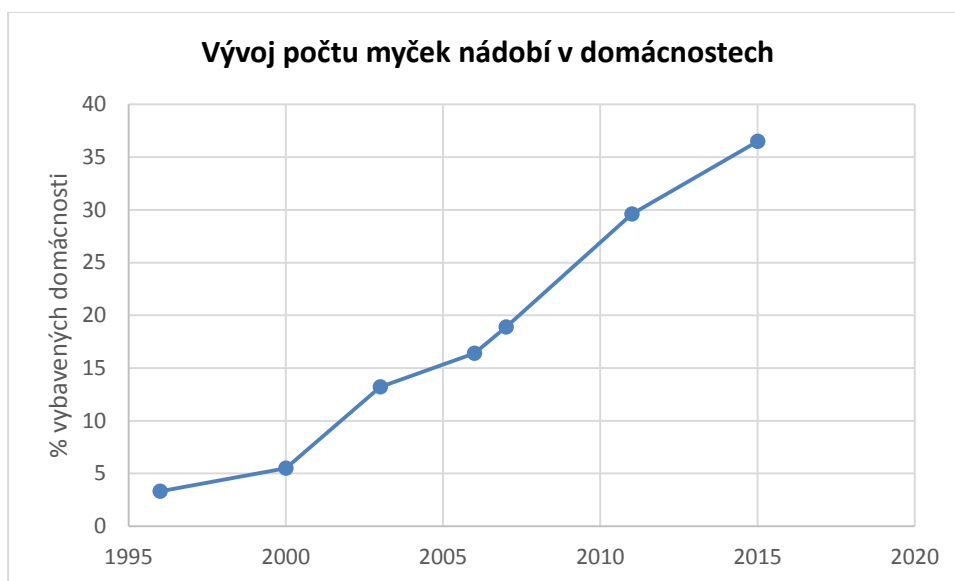
Myčka nádobí je v dnešní době součástí většiny moderních kuchyní. Množství vody, kterou myčky potřebují ke svému provozu, je výrazně nižší, než je tomu u ručního mytí pod tekoucí vodou, ale je potřeba se zaměřit na vliv čistících prostředků v myčkách používaných.

Český statistický úřad (ČSÚ) uskutečnil průzkum, který ukázal, že v roce 2015 myčku nádobí vlastnila třetina domácností v ČR (36,5 %). V Plzeňském kraji je vybavenost domácností myčkami nadprůměrná - 40,3 %.



Obr. 1.4-11 Vybavenost domácností myčkami nádobí v jednotlivých krajích v roce 2015 (zdroj ČSÚ)

Průzkum také ukázal, že větší vybavenost myčkami nádobí je v rodinných domech (cca 45 %) než v bytech (cca 30 %). Jak ukazuje graf (Obr. 1.4-12), množství myček nádobí v domácnostech strmě narůstá a nedá se odhadnout, na jakém čísle a kdy se zastaví.



Obr. 1.4-12 Graf vývoje počtu myček nádobí v ČR v posledních letech

V přípravcích na ruční mytí nádobí nejsou žádné fosfáty, avšak klíčovou složkou většiny přípravků do myček nádobí fosfáty byly, protože zvyšovaly jejich účinnost při mycím procesu. Obsah fosfátů v tabletách do myček se pohyboval až kolem 30 % (kolem 5,4 g fosforu v jedné mycí dávce) a s velkým nárůstem počtu těchto domácích spotřebičů docházelo ke stále většímu vypouštění fosfátů do povrchových vod.

Pro zlepšení kvality povrchových vod vyšlo nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 259/2012 (kterým se mění nařízení (ES) č. 648/2004, pokud jde o používání fosforečnanů a jiných sloučenin fosforu v pracích prostředcích pro spotřebitele a v detergentech určených pro automatické myčky nádobí pro spotřebitele). Od 1. 1. 2017 došlo k výraznému omezení obsahu fosfátů v prostředcích určených do myček nádobí, které jsou uváděny na trh. Mycí přípravky určené pro automatické myčky nádobí se nesmí uvádět na trh, pokud celkový obsah fosforu je větší nebo roven 0,3 g ve standardní mycí dávce, což je, v porovnání s dříve používanými 5,4 g v jedné mycí dávce, výrazný rozdíl.

Evropská komise provedla analýzu dopadů tohoto omezení na životní prostředí, zdraví, průmysl a spotřebitele se zohledněním takových aspektů, jako jsou náklady výrobců, dostupnost alternativ nahrazujících fosforečnanů, účinnost těchto náhrad, dopad na čištění odpadních vod a mnoho jiných (<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2015/CS/1-2015-229-CS-F1-1.PDF>).

Dostupné alternativy fosforečnanů v přípravcích pro myčky nádobí byly nalezeny a v současné době je na trhu velký výběr prostředků, které jsou zcela bez těchto látek. Z 15 nejdostupnějších přípravků na našem trhu jich je 7 zcela bez fosforu. Vzhledem k tomu, že fosforečnanů v přípravcích plnily mnoho funkcí, musí se těmito jednotlivými funkcemi vyznačovat i alternativní látky, proto je k dosažení stejných výsledků zapotřebí několika různých složek a tím se zásadně změnilo složení mycích prostředků.

Dopad tohoto nařízení by měl být poměrně výrazný vzhledem k množství fosforu, které bylo tímto způsobem vypouštěno (viz příklad níže). V roce 2017 ale toto snížení ještě nebylo patrné. Je to způsobeno nestandardními hydrologickými podmínkami. Dlouhodobé sucho ovlivňuje látkové toky fosforu výrazným způsobem, ale lze očekávat, že při běžném roce by měl být efekt snížení patrný. Podobně byl zaznamenán pokles koncentrací P_{celk} v roce 2007 po zákazu fosfátových pracích prášků.

Co se týče zákazu či omezení obsahu fosforu v uvedených prostředcích, týká se tento zákaz pouze spotřebitelů (je platný pouze pro domácnosti), nikoli tzv. profesionálního použití (podnikové prádelny, nemocnice, hotely, apod. mají z tohoto zákazu výjimku), kdy používané detergenty nadále fosforečnany obsahují. Výjimka tohoto typu může být problematická zejména v rekreačním městě Mariánské Lázně. Zde je velké množství hotelů a s tím spojené vysoké množství praného prádla. To může mít výrazný dopad na zvýšení produkce fosforu.

Příklad produkce fosforu myčkami nádobí pro obec s 1000 obyvateli:

Za předpokladu, že domácnost tvoří průměrně 4 členové, tak počítáme s 250 domácnostmi; na 250 domácností připadá 101 myček nádobí; ve 101 myčkách nádobí proběhne 26 658 mycích cyklů za rok (v Plzeňském kraji průměrně 4,9 mycích cyklů v domácnosti za týden).

Před rokem 2017, při podílu 30 % fosforu (5,4 g) v mycí tabletě by byla produkce fosforu myček nádobí ve vzorové obci 144 kg za rok.

Po roce 2017, při maximálním podílu 0,3 g fosforu v mycí tabletě (předpoklad poloviny mycích tablet zcela bez fosforu), by byla produkce fosforu myček nádobí 8 kg za rok.

Pro srovnání je ještě třeba uvést, že fyziologická produkce P_{celk} 1000 obyvatel za rok představuje 548 kg. Podíl myček nádobí na celkové produkci P_{celk} byl tedy výrazný.

1.4.5 Rekreace v bezprostředním okolí VD Hracholusky a její vliv na znečištění nádrže

Vodní dílo Hracholusky je oblíbeným rekreačním místem v Plzeňském kraji. V okolí nádrže je velké množství chat, rekreačních objektů a kempů. Obzvláště v letních měsících je na hladině čilý plavební provoz, oblast je hojně využívána k turistice i cyklistice.

Za zdroje znečištění lze v bezprostřední blízkosti VD Hracholusky považovat zejména objekty užívané k rekreaci. Znečištění z těchto objektů je způsobeno především splaškovou odpadní vodou. Znečištění ze zemědělské a průmyslové činnosti v bezprostředním okolí nádrže lze vyloučit.

KOUPACÍ OBLASTI

Na nádrži Hracholusky se nachází dvě koupací oblasti (definovány dle zákona č. 254/2001 Sb., [5]) a to koupací oblast Vodní nádrž Hracholusky – Hráz a Vodní nádrž Hracholusky – Radost. Jsou to koupací oblasti, které nemají provozovatele, ale jsou využívány ke koupání větším počtem osob a krajská hygienická stanice má povinnost provádět kontroly jakosti vody a zveřejňovat jejich výsledky. Obě koupací oblasti mají travnatou pláž se snadným přístupem do vody a standardní vybavení v podobě stánků s občerstvením, restaurace a odpovídajícím hygienickým zařízením. Následující tabulka udává výsledky měření jakosti v letech 2013 – 2017 (zdroj – Krajská hygienická stanice Plzeňského kraje). Koupací místa jsou znázorněna na mapě.

Tab. 1.4-5 Vyhodnocení koupací oblasti VN Hracholusky - Radost

	VN Hracholusky - Radost							
2017	28.8	14.8	31.7	17.7	19.6	22.5		
2016	29.8	15.8	1.8	18.7	1.7	20.6	6.6	23.5
2015	27.8	10.8	27.7	13.7	30.6	15.6	1.6	18.5
2014	25.8	11.8	28.7	14.7	30.6	16.6	2.6	19.5
2013	26.8	12.8	29.7	15.7	1.7	21.6	17.6	20.5

Tab. 1.4-6 Vyhodnocení koupací oblasti VN Hracholusky - Hráz

	VN Hracholusky - Hráz					
2017	28.8	14.8	31.7	17.7	19.6	22.5
2016	15.8	18.7	20.6	23.5		
2015	10.8	13.7	15.6	18.5		
2014	11.8	14.7	16.6	19.5		
2013	12.8	15.7	21.6	17.6	20.5	

kde:

- Voda nebezpečná ke koupání
- Voda nevhodná ke koupání
- Zhoršená jakost vody
- Voda vhodná ke koupání se zhoršenými smyslově postižitelnými vlastnostmi
- Voda vhodná ke koupání



Obr. 1.4-13 Rozmístění koupacích oblastí na nádrži Hracholusky

INDIVIDUÁLNÍ REKREACE – CHATY A CHALUPY

Oba břehy nádrže Hracholusky jsou posety velkým množstvím chat a chalup určených k individuální rekreaci. Chaty byly vystavěny a kolaudovány převážně v 70. letech minulého století, od té doby přibývají různé černé stavby a přístavby. V okolí Hracholuské přehrady je od roku 1994 stavební uzávěra. Stavby se zde dají rekonstruovat nebo zbourat, případně lze na stejném místě postavit stejně velkou, novou stavbu.

Na březích se nacházejí jak chatové osady, tak jednotlivé chaty v těsné blízkosti nádrže. Nejvíce chat a chalup se nachází v katastru Lipno, Čerňovice, Butov a Pňovany. Celkový počet rekreačních objektů v bezprostředním okolí nádrže je odhadován na 1800, což představuje nárůst počtu obyvatel, zejména v letních měsících, až o 5500. Katastrální území Butov je bez trvale žijících obyvatel. Obec tvoří 250 chat či chalup, autokemp a rekreační středisko.

S nárůstem dočasných obyvatel se zvyšuje také produkce odpadních vod. Splaškové odpadní vody z individuálních objektů určených k rekreaci jsou likvidovány dvěma odlišnými způsoby. Rekreační objekty mají jako sociální zařízení k dispozici buď suchý záchod, tzv. latrínu, nebo mají k dispozici záchod splachovací. Vzhledem k faktu, že do objektu je v takovém případě přivedena voda, lze předpokládat, že k dispozici je zde i koupelna. Takovéto objekty mají k likvidaci splaškových odpadních vod zbudovány žumpu, neboli bezodtokou jímku, ve které jsou splaškové odpadní vody zachycovány a likvidovány odvozem fekálním vozem (dle ČSN 75 6081).

Odpadní vody z latrín nejsou uživatelům rekreačních objektů nijak likvidovány, obsah latríny je maximálně občas povápněn z důvodu rychlejšího biologického rozkladu, a vsakuje se volně do okolní půdy. Průchodnost znečištění horninovým prostředím závisí na jeho zrnitosti, nasycení půdním roztokem, humóznosti půdy a mnoha dalších faktorech. Obecně lze říci, že bakteriologické znečištění je po průchodu 100 m horninového prostředí zcela eliminováno, koncentrace BSK₅ a CHSK jsou redukovány téměř na nulové a v koncentracích všech forem dusíku a fosforečnanů dochází taktéž k výraznému poklesu (Bouwer, 1990, Rozman et al. 2013, Toze 2004).

Objekty, které jsou k likvidaci odpadních vod opatřeny jímkou, by neměly být zdrojem žádného potenciálního znečištění VN Hracholusky, protože zbudované jímky musí být zcela nepropustné (ČSN 75 6081) a vyváženy fekálními vozy. Běžná praxe ale je taková, že jsou protizákonně (zákon č. 254/2001 vodní zákon [5]) opatřeny zabudovaným trativodem, v jímce tak dochází k sedimentaci a trativodem v horní části odchází do okolního horninového prostředí tekutá složka splaškové odpadní vody. Případně může být porušován zákon o odpadech [38], je-li obsah jímky likvidován jinak než na ČOV. Skutečný počet objektů, kde je jímka opatřena trativodem nelze zjistit (trativody jsou vybudovány protizákonně a majitelé objektů jejich existenci nepřiznávají).

Dle získaných informací víme, že v rekreační oblasti v katastru Blahousty a Malovice jsou bezodtoké jímky vyváženy na ČOV Stříbro, v katastru Hracholusky na ČOV Tlučná.

Kontrola objektů v okolí přehrady a jejich likvidace odpadních vod je při velikosti plochy a množství uživatelů značně obtížná, žádné zjevné vypouštění odpadních vod přímo do nádrže nebylo nikde zaznamenáno. V několika případech je řešeno přímé vypouštění odpadních vod na terén, vše v dostatečné vzdálenosti od nádrže, takže bez přímého vlivu na jakost vody. K některým chatám nejsou přístupové cesty, tudíž se tam nedá dostat ani fekálním vozem a každý si zřejmě odpadní vody likviduje individuálně (zřejmě vypouštěním do lesa). Takovéto vypouštění, v dostatečné vzdálenosti od vodní plochy, nemá na znečištění přehrady vliv.

Určité riziko je obsaženo ve svozech odpadních vod. Odpadní vody z jednotlivých nemovitostí s bezodtokými jímkami jsou sváženy, ale existuje podezření na nekázeň dopravců. Je možné, že odpadní vody nejsou sváženy až na příslušnou ČOV (omezená kapacita, snížení nákladů, vývoz OV bez dokladu, apod.). Pokud by taková situace nastala, znečištění by se teoreticky dostávalo až do vlastní nádrže. Případné srážky by tento stav mohly dále urychlit. Tyto situace jsou nespolehlivě zjistitelné, producent znečištění by měl mít konkrétní doklad o vyvážení, ale bylo by vhodné, kdyby vodoprávní úřad (Stříbro a Nýřany) důsledně kontroloval správnost likvidace odpadních vod.

KEMPY V OBLASTI VN HRACHOLUSKY

Na obou březích nádrže se nachází několik kempů. Mezi nejvýznamnější patří kemp na Butově, který je jediným větším kempem na severním břehu a nachází se na konci vzduší přehrady, hned pod Stříbrem. Rekreační středisko Butov, s kapacitou 300 osob (v budově i chatkách) a dále stejnojmenná neodkanalizovaná chatová osada. Rekreační středisko Butov má vlastní ČOV a jeho odpadní vody jsou po přečištění odváděny do přehrady.

Ostatní kempy jsou na jižním břehu a mezi ty největší patří Radost a Transkemp Hracholusky. Celková kapacita kempů je v sezóně kolem 3000 osob. Umístění kempů je znázorněno v mapce, více informací v tabulce.

Tab. 1.4-7 Kempy v oblasti VN Hracholusky

název kempu	katastrální území	kapacita	sezóna	Poznámka
1 - Autocamp Pohoda	Butov	70 míst pro stany, 20 míst v chatkách	1.7.-31.8.	chatky bez soc. zařízení

název kempu	katastrální území	kapacita	sezóna	Poznámka
2 - Kemp Vranov u Stříbra	Sulislav	80 míst pro stany (karavany), 5 x 4-lůž. chatky	1.5.-30.9.	centrální soc. zařízení
3 - Rekreační středisko BUTOV	Butov	46 míst budova, 270 míst chatky	1.4.-10.10.	chatky se soc. zařízením
4 - Radost – Oáza	Dolany	15 x 4 lůž. chatky	15.5.-15.9.	část chatek se soc. zař.
5 - Autokemp Radost	Dolany	stany, chatky, celková kapacita 600 osob	5.5.-23.9.	společné soc. zař.
6 - Kemp U Lišáka	Dolany	chatky, kapacita 72 lůžek	1.5.-30.9.	vlastní soc. zař.
7 - Kemp KERAMIKA	Těchoděly	70 míst pro stany, 136 míst chatky	1.4.-30.9.	chatky se soc. zař.
8 - Transkemp Hracholusky	Hracholusky	stany, karavany, pokoje, chatky, celková kapacita 1000 míst	1.3.-31.12.	
9 - Pohoda na Radosti	Dolany	44 míst budova, 40 míst chatky	1.5.-1.10.	chatky společné soc. zařízení

(čísla kempu odpovídají označení v mapě)



Obr. 1.4-14 Rozmístění kempů na březích nádrže Hracholusky (čísla kempů odpovídají označení v tabulce)

Dle databáze VUME, VUPE, CRVE, hlášení uživatelů vod (zdroj Povodí Vltavy, s.p.), PRVK Plzeňského kraje a dalších, nebylo zjištěno, že by některý z kempů disponoval vlastní ČOV. Zároveň žádný z kempů není připojen na obecní kanalizaci, takže likvidace odpadních vod by měla být zajištěna prostřednictvím vyvážení bezodtokých jímek. Je otázkou, jakým způsobem vyvážení jímek probíhá, ale měly by být vyváženy na nejbližší ČOV. V posledních letech nebylo zjištěno žádné nesprávné vypouštění odpadních vod z těchto kempů. Kempy by tedy neměly mít přímý podíl na eutrofizaci nádrže.

REKREAČNÍ OBJEKTY

Jak bylo zmíněno výše, v řešené oblasti se nachází velké množství chat a chalup k individuální rekreaci a také kempů s různými nabídkami ubytování. Naopak rekreačních objektů se v bezprostřední blízkosti nádrže nachází jen pár, většinou rodinných penzionů s ubytovací kapacitou do 25 osob.

V případě naplnění kapacity kempů, objektů individuální rekreace, penzionů a všech ostatních ubytovacích zařízení by se v hlavní sezóně navýšil počet obyvatel v blízkém okolí Hracholuské přehrady přibližně o 8900, což je velké množství lidí. Přesto by vypouštění odpadních vod nemělo mít vliv na přímé znečištění nádrže. V případě chat a chalup jsou odpadní vody likvidovány vyvážením jímek nebo zasakováním suchých záchodů. V kempech se odpadní vody řeší také vyvážením bezodtokých jímek a rekreační objekty buď mají vlastní ČOV nebo jsou zde také jímkou na vyvážení.

1.5 Sběr informací o hospodaření na produkčních rybnících

V zájmovém území se nachází větší množství produkčních rybníků. Jejich vliv na jakost povrchových vod je často diskutovaným tématem. Také proto byl mimořádný monitoring, který inicioval Plzeňský kraj v období 04/2017 až 03/2018, zaměřen také na vyhodnocení vlivu rybníků na stav povrchových vod.

Rybníky s dostatečnou dobou zdržení, která umožňuje sedimentaci pevných částic, mají potenciál snižovat koncentrace P_{celk} . Toto ponížení je dané následující rovnicí [11]

$$R = \frac{1,84\sqrt{TRT}}{1 + 1,84\sqrt{TRT}}$$

Kde:

R – míra retence

TRT – teoretická doba zdržení

V rybnících probíhá také výrazně denitrifikace, díky níž dochází ke snížení koncentrace dusíku a to velmi zásadním způsobem. Míru retence N_{celk} ve vodních nádržích můžeme odhadnout za pomoci následujícího vzorce [12]:

$$R = 88,45 \left(\frac{D}{TRT} \right)^{-0,367}$$

Kde:

R – míra retence

TRT – teoretická doba zdržení

D – hloubka toku

Rybníky ale mají také schopnost koncentraci fosforu zvyšovat. V letních obdobích mohou ve vodních nádržích nastávat anoxické situace, při kterých dochází k uvolňování fosforu ze sedimentu. Koncentrace P_{celk} za takovou nádrž mohou stoupat až na extrémní hodnoty přesahující 1 mg/l.

Vedle těchto přirozených procesů stojí rybniční hospodaření, kde se do rybníků dostávají živiny formou krmení, hnojení a násady ryb. Zároveň je ale při výlovu určité množství živin zase odebráno v těle ryb. V rámci předkládané studie je prováděn podrobný sběr informací, který se zabývá bilancí rybničního hospodaření. Od jednotlivých hospodařících subjektů na rybnících byly získávány informace relevantní pro výše zmíněnou bilanci (hnojení, krmení, násada, výlovek). Následně byl proveden přepočít na živiny, které do rybníků vstupují a kolik jich je odebíráno v mase ryb. Díky těmto výpočtům pak bylo možné vytvořit bilanci hospodaření, která posloužila jako podklad pro jakostní model. Zjišťovány byly také informace o případných sádkách, pokud by se v zájmovém území vyskytovaly.

V krmivu je obsažen fosfor v dávce 3,3 g/kg krmné pšenice (jiné obiloviny se prakticky nepoužívají) a dusíku 17 g/kg. V chlěvské mrvě je pak fosforu 1,0 g/kg a 4,8 g/kg dusíku. V těle ryb je 8,4 g/kg fosforu, které počítáme při násadě a výlovu. Dusíku v těle ryb činí 27 g/kg (Hartman a kol. 2012 [17]).

V krmivu je obsažen fosfor v dávce 3,3 g/kg krmné pšenice (jiné obiloviny se prakticky nepoužívají) a dusíku 17 g/kg. V chlěvské mrvě je pak fosforu 1,0 g/kg a 4,8 g/kg dusíku. V těle ryb je 8,4 g/kg fosforu, které počítáme při násadě a výlovu. Dusíku v těle ryb činí 27 g/kg (Hartman a kol.

2012 [17]).

Pro výše popsanou analýzu byly zvoleny rybníky s plochou nad 1 ha. U menších rybníků se rybochovná funkce neočekává. V povodí VN Hracholusky se nachází 1 508 vodních nádrží s celkovou plochou 1 651 ha. Vodních nádrží s plochou nad 1 ha je zde 192 a jejich celková plocha činí 1 445 ha, což je 88 % celkové plochy rybníků.

Rybníky dělíme na 4 kategorie:

- **Produkční rybníky s polointenzivním hospodařením** – jedná se o rybníky s primárním účelem chovu ryb. Probíhá zde příkrmování obilovinami (převážně pšenice) + hnojením (převážně) chlévskou mrvou. Živinová bilance na těchto rybnících je různorodá podle intenzity krmení, může být i záporná, ale často je přebytek na straně vstupů. Vzhledem k nastavené terminologii se v podmínkách ČR intenzivní chovy nevyskytují.
- **Produkční rybníky s extenzivním hospodařením** – tyto rybníky jsou bez příkrmování a hnojení. Ryby jsou odchovávány na přirozené úživnosti rybníka a na živinách, které se do nádrže dostávají jejími přítoky. Na takovýchto rybnících je živinová bilance vždy záporná.
- **Rekreační neobhospodařované rybníky** – zde probíhá pouze sportovní rybolov udicemi apod. Konkrétní údaje se zde shání jen obtížně. Lze ale odůvodněně předpokládat, že bilance vnosu (vnaštění, vysazené ryby) a odnosu (úlovky) je přibližně vyrovnaná.
- **Ostatní** – jedná se o rybníky kde nebylo možno dohledat majitele ani zjistit potřebné údaje. Tyto rybníky byly hodnoceny odborným odhadem s použitím průměru ze známých údajů předložených pro hodnocení produkčních rybníků známými hospodařícími subjekty. Tento způsob vyhodnocení je spíše mírně nadsazen. Nepochybně ne všechny nedohledatelné nádrže jsou obhospodařovány jako polointenzivní rybníky, přestože budou všechny do celkové bilance takto kalkulovány.

Intenzivním sběrem podkladů od jednotlivých rybářství a správců rybníků byly získány informace cca ze 3/4 z celkového počtu řešených rybníků (získány informace o 144 rybnících). Ze získaných údajů vyplývá, že v zájmovém území probíhá hnojení rybníka jen ojediněle (celkem 3 případy). Krmeno je pak 84 rybníků, tj. 58 % z rybníků, ke kterým byly v době zpracování k dispozici některé informace. Průměrná krmná dávka u krmených rybníků je zhruba 1,4 t krmné pšenice na hektar vodní plochy.

Vzhledem k počtu krmených rybníků je v území poměrně velké zastoupení extenzivních a sportovních rybníků.

1.6 Identifikace průmyslových zdrojů odpadních vod

Průmyslová výroba bývá převážně koncentrována ve velkých městech. V řešeném zájmovém území se nachází čtyři větší města (nad 5000 obyvatel) a to největší Mariánské Lázně a Tachov (více než 10 tis. obyvatel), dále Stříbro a Planá. Zbývá část území je charakteristická spíše rozptýlením malých vesniček a osad, než ucelenou zástavbou. Na západě řešeného území se rozprostírá CHKO Český les, členitá vrchovina s minimálním počtem trvale žijících obyvatel.

Problematika průmyslových zdrojů znečištění je poměrně složitá, protože identifikace významných podniků je problematická. Nejsou k dispozici ucelené seznamy podniků zaměřené na produkci odpadních vod. Každý podnik je do značné míry individuální a není snadné odvozovat jejich charakteristické hodnoty vypouštěných látek.

Prvním úkolem bylo vytvoření co možná nejširšího seznamu průmyslových podniků, ze kterého jsme vybírali dále ty podniky, které mají významný vliv na stav vod. Do finálního výběru nebyly zařazeny všechny podniky, ale zjišťovali jsme:

- Napojenost podniku na obecní ČOV – mnoho zjištěných průmyslových producentů odpadních vod je napojeno na komunální ČOV, to se týká hlavně podniků ve větších městech. Jejich hodnoty se projeví v množství a kvalitě vody, odtékající z komunální ČOV, proto tyto podniky již znovu nezařazujeme.
- Vznik odpadních vod z výroby – mnoho podniků neprodukuje odpadní vody z výroby a vypouštějí pouze komunální odpadní vody produkované jejich zaměstnanci.
- Produkce OV z výroby zatížené živinami fosforu a dusíku – primárně podniky pracující s potravinami a biologickým materiálem.
- Způsob likvidace odpadních vod – jakým způsobem jsou likvidovány odpadní vody, např. vlastní ČOV s odtokem do vodoteče, vlastní ČOV s odtokem do obecní kanalizace, biologický septik, přímé vypouštění přes kanalizační výust' do povrchových vod apod.

Zdrojem informací pro nás byla Vodohospodářská bilance (Evidence uživatelů vod), dotazníková kampaň, databáze CRVE, VUME a VUPE, hlášení uživatelů vod na Povodí Vltavy, PRVK Karlovarského a Plzeňského kraje, Administrativní registr ekonomických subjektů ARES, Vodohospodářský informační portál a mnoho dalších zdrojů na internetu.

VODOHOSPODÁŘSKÁ BILANCE

Databázi „Evidence uživatelů vod“ spravuje pro potřeby VH bilance Povodí Vltavy, s.p. Příslušní uživatelé vod mají povinnost hlásit sem své údaje o množství vypouštěné nebo odebrané vody a to jak v celkové sumě za rok, tak i po jednotlivých měsících. Databáze obsahuje významné komunální i průmyslové uživatele vod. Hranice významnosti je zde stanovena množstvím zpracovávané vody:

- roční vypouštěné nebo odebrané množství vody přesahuje 6 000 m³,
- měsíční vypouštěné nebo odebrané množství vody přesahuje 500 m³.

Tyto limity odpovídají zhruba hodnotě 0,2 l/s kontinuálního vypouštění. Někteří uživatelé, jejichž vypouštění se pohybuje na hranici těchto limitů, se mohou v databázi objevit například pouze jeden rok, ale další, kdy již je hodnota nižší, nejsou zahrnuti. Proto je třeba u každého uživatele, který nemá kontinuální řadu zvážít, jestli byl provoz zrušen, nebo jestli pouze nedošlo k překročení limitů.

Výběrem pouze průmyslových podniků jsme získali základní seznam významných producentů

odpadních vod. Tento seznam obsahoval 21 položek.

DOTAZNÍKOVÁ KAMPAŇ

Jedna z otázek v dotaznících rozesílaných obcím byla, zda se na jejich katastrálním území nachází významnější průmyslová výroba, zda produkuje průmyslové odpadní vody, jaký je to typ průmyslu a kolik má zaměstnanců. Hranice významnosti zde byla uvedena na podniky zaměstnávající více než 10 zaměstnanců.

Takto některé obce v dotazníku uvedly existenci průmyslové výroby. Z rozeslaných dotazníků se ale vrátila vyplněná jen část, takže k dispozici nebyly potřebné informace všech obcí. Dalším problémem byl fakt, že obce např. uvedly existenci průmyslu, ale další informace již chyběly, popř. informaci neuvěděly vůbec. Je to způsobeno nízkou měrou informovanosti starostů, případně pověřených pracovníků, kteří dotazníky vyplňovali o této problematice.

Seznam průmyslu byl nad rámec informací z VH bilance rozšířen o další položky.

DALŠÍ ZDROJE INFORMACÍ

Protože v mnoha případech nebyl k dispozici dostatek informací, bylo nezbytné průmyslové podniky a jejich zdroje znečištění dohledat. Údaje získané z dotazníkové kampaně bylo potřeba upřesnit, ověřit a doplnit. Pro další průzkum posloužily různé databáze na internetu.

- **Centrální registr vodoprávní evidence – CRVE**

Evidence rozhodnutí a opatření vodoprávních úřadů vedena Ministerstvem zemědělství dle vyhlášky č. 414/2013 Sb., o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a ohlášení, k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (o vodoprávní evidenci).

Ze 721 údajů o vypouštění či čistírnách odpadních vod uvedených v registru pro naši řešenou oblast byly vybrány 2 údaje, které se týkaly průmyslových odpadních vod a nebyly ještě uvedeny v jiném seznamu.

- **Vodohospodářský informační portál – Evidence ISVS**

Informační systém veřejné správy podle § 21 vodního zákona mimo jiné pro evidenci odběrů povrchových a podzemních vod, vypouštění odpadních a důlních vod a akumulace povrchových vod ve vodních nádržích. Povinnost Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí vést evidence v rámci informačního systému veřejné správy, podle náležitostí vyplývajících ze zákona č. 365/2000 Sb., o informačních systémech veřejné správy.

Po důkladném prostudování údajů evidence ISVS nebyly nalezeny žádné další průmyslové vypouštění odpadních vod.

- **Hlášení uživatelů vod**

Podklad poskytnutý Povodím Vltavy, s. p.. Ze 115 položek seznamu hlášení uživatelů vod se jich 28 týkalo průmyslových zdrojů. Tato hlášení jsme porovnali s již získanými průmyslovými zdroji a seznam průmyslových vypouštění rozšířili o další.

- **Administrativní registr ekonomických subjektů – ARES**

Aplikace Ministerstva financí pro souhrnné zpřístupnění údajů informačních systémů pro vedení

registrů a evidencí veřejné správy o ekonomických subjektech.

Pomocí této aplikace byly doplněny neúplné informace z dotazníků, a dohledány průmyslové zdroje ve větších obcích a zjišťovány počty zaměstnanců.

- **Plán rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKÚK) Karlovarského a Plzeňského kraje**

Plány rozvoje vodovodů a kanalizací území kraje se realizují na základě § 4 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích [39]. Jsou základním prvkem plánování v oboru vodovodů a kanalizací a mají za cíl analyzovat podmínky pro zajištění žádoucí úrovně vodohospodářské infrastruktury kraje. PRVKÚK je zpracováván s výhledem na 10 let, je zpracováván po jednotlivých obcích uspořádaných do skupin dle příslušnosti k vodoprávním úřadům kraje.

PRVKÚK mimo jiné obsahuje informace o zvláštních objektech v obci (např. průmyslové firmy), významných znečišťovateli v obci a jejich napojení na kanalizaci a způsob likvidace OV.

Zveřejněné databáze PRVKÚK Karlovarského i Plzeňského kraje jsou neaktuální, právě probíhá aktualizace. Informace z části již zaktualizovaného území byly zpracovateli poskytnuty. Jednalo se především o malé obce, takže pro průmyslové zdroje odpadních vod neměly velký přínos.

- **Evidence vodohospodářských aktivit Plzeňského kraje**

Aplikace Krajského úřadu Plzeňského kraje, který se rozhodl sjednotit informace a evidence využívané Oddělením vodního hospodářství. Výsledkem je aplikace Evidence vodohospodářských aktivit, která obsahuje jedenáct různých agend, které jsou vzájemně propojeny.

I tato evidence byla podrobně prohlížena a byly hledány další případné zdroje průmyslového znečištění, které se nenacházely v jiné z databází.

Po prostudování všech dostupných databází byla, způsobem uvedeným v úvodu kapitoly ze seznamu veškerých výrobních podniků vyjmuta větší část identifikovaných subjektů a to nejčastěji z důvodů napojení na obecní ČOV, nebo jejich malé velikosti. Konečný seznam podniků je uveden v tabulce Tab. 1.6-1 schéma umístění je na mapě Obr. 1.6-1.

EVIDENCE VUME A VUPE

Jako další jsme provedli analýzu dat evidence VUPE (Vybrané údaje provozní evidence) pro naši řešenou lokalitu.

Vybrané údaje majetkové evidence (VÚME) a Vybrané údaje provozní evidence (VÚPE) mají povinnost každoročně předávat vlastníci vodovodů a kanalizací na příslušné vodoprávní úřady v souladu s ustanovením § 5 odst. 3 zákona o vodovodech a kanalizacích. Následně jsou data předávána vodoprávními úřady Ministerstvu zemědělství.

V evidenci VUPE ČOV jsou uváděny hodnoty množství čištěných OV celkem [tis. m³/rok] a podíl průmyslových vod na celkovém objemu.

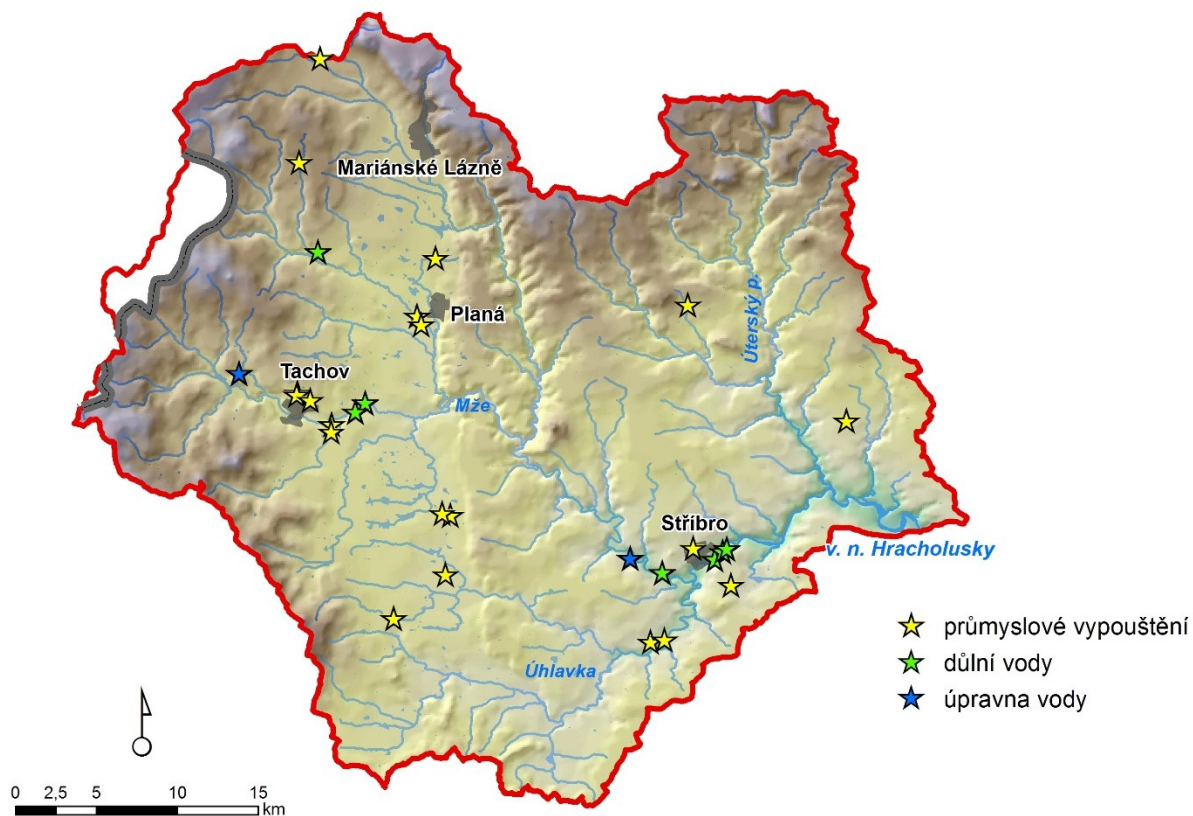
Ve větších městech, kde je velké zastoupení průmyslových podniků a většina je odkanalizována na obecní ČOV, tvoří podíl čištěných průmyslových vod z celkového množství odpadních vod 38 % v případě ČOV Stříbro, 30 % v případě ČOV Konstantinovy Lázně. Mezi 15 – 20 % mají ještě ČOV Staré Sedlo, ČOV Chodová Planá a ČOV Přimda. V menších obcích se většinou nenachází průmyslová výroba, takže zde není ani průmyslové vypouštění odpadních vod na obecní čistírny.

ODPADNÍ VODY ZE ZEMĚDĚLSTVÍ

Zemědělství nezatěžuje nijak významně vodní toky vypouštěním odpadních vod, jelikož zemědělské podniky jsou schopny všechnu odpadní vodu, kterou vyprodukují, spotřebovat či zlikvidovat. Odpadní voda se převážně používá k závlaze či hnojení. Místním problémem mohou být úniky ze silážních jam, ale není v možnostech zpracovávaného projektu tato konkrétní místa identifikovat.

Západní část řešeného území je charakteristická malou zástavbou a častým výskytem zemědělských ploch, chovu a zpracování masa. Sídli zde několik velkých agrárních společností, které obhospodařují a využívají velkou část řešeného území, např. Zemědělské družstvo Vlčák Černošín, Agroklas Staré Sedliště, Agrární společnost Plešnice a mnoho dalších.

Průmyslové vypouštění odpadních vod

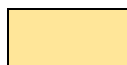


Obr. 1.6-1 Průmyslové vypouštění odpadních vod

Tab. 1.6-1 Přehled průmyslových zdrojů v povodí VD Hracholusky

Místo vypouštění	Katastrální území	Typ průmyslu	Způsob likvidace OV	Počet zaměstnanců
EUROSERUM Stříbro (havarijní chladící vody)	Stříbro	mlékárna		50
Alfa Plastik Tachov	Oldřichov u Tachova	výroba plastů		100
Primagra	Bor u Tachova	výroba krmných směsí		375
Stora Enso Wood pila Planá	Planá u Mar. L.	pila		220
KARLA Machinery Tachov spol.	Tachov	strojírenský	ČOV	100
EUTIT Stará Voda	Stará Voda u Mar. L.	slévárenský	ČOV	200
Polytec Composites Bohemia ORL	Chodová Planá	výroba plastů		110
IDEAL AUTOMOTIVE Bor u Tachova	Ostrov u Tachova	automobilový	ČOV	2300
CTPark Bor - Nová Hospoda	Ostrov u Tachova	průmyslový areál Bor	ČOV	2500
CPI Vysočany	Vysočany u Boru	průmyslový areál Vysočany	ČOV	
CPI - Facility areál Stříbro	Stříbro	průmyslový areál Stříbro	ČOV	
UNIPETROL RPA BENZINA Kladruby	Kladruby u Stříbra	benzínová pumpa	ČOV	
KAMENOLOMY ČR Kladruby	Kladruby u Stříbra	kamenolom		
DIAMO SUL Zadní Chodov	Zadní Chodov	důlní vody		
DIAMO SUL Vítkov II centr.výtok	Klíčov	důlní vody		
DIAMO SUL Vítkov II bodový výron	Oldřichov u Tachova	důlní vody		
DIAMO SUL štola Prokop	Stříbro	důlní vody		
DIAMO SUL štola Dlouhý tah	Svinná u Stříbra	důlní vody		
DIAMO SUL štola Michael	Vranov u Stříbra	důlní vody		

Místo vypouštění	Katastrální území	Typ průmyslu	Způsob likvidace OV	Počet zaměstnanců
DIAMO SUL Dědičná štola Milíkov	Milíkov u Stříbra	důlní vody		
Rapeto	Čeliv	potravinové doplňky		10
Český Grunt	Pernarec	potravinářský - mastný	ČOV	10
Berbera	Tachovská Huť	zpracování masa		20
Igro	Planá u Mar. L.	zpracování odpadu		100
BHS Corrugated	Tachov	strojírenský	ČOV	200
Grammer	Tachov	automobilový	ČOV	1500
VODAKVA Karlovy Vary Milíkov ÚV	Milíkov	úpravna vody-prací vody		
VODAKVA Karlovy Vary Svobodka ÚV	Svobodka	úpravna vody-prací vody		



položka z VH bilance

1.7 Využití území

Jako podklad pro stanovení využití území v povodí VD Hracholusky sloužila databáze ZABAGED pro území Plzeňského kraje. Jedná se o přepis podrobné základní mapy měřítka 1:10 000, ve které jsou zobrazeny všechny základní jevy na daném území. Tento podklad ale nepokrývá 100 % řešeného území, proto byl jako doplňkový zdroj informací využita databáze CORINE Land Cover 2012. Jedná se o mezinárodní databázi řešící využití území. Databáze byla vytvořena na základě interpretace družicových snímků. Rozlišení tohoto podkladu je 1 : 200 000. Tato databáze byla využita pro pokrytí území Německa a Karlovarského kraje. Také byla využita v prázdných místech pod vrstvami ZABAGED na území Plzeňského kraje.

Následující tabulka a graf (Tab. 1.7-1; Obr. 1.7-1) udávají souhrnné informace o využití území v zájmovém povodí. Následuje mapa (Obr. 1.7-2) vykreslující povodí VD Hracholusky a jeho využití území. Při analýze dat je na první pohled zřejmé, že se jedná o zemědělsky extenzivně využívané území. Orné půdy je zde pouhých 24 %, dokonce méně než TTP, které porývají 26 % území. Průměr ČR je 37,6 % orné půdy a 12,8 % TTP (zdroj: ČSÚ 2017). Naopak lesní půdy je zde 45 % oproti průměru ČR, který dosahuje hodnoty 34 %.

Takové využití území odpovídá pohraničnímu území. V povodí VD Hracholusky se nachází také dvě velkoplošná chráněná území:

- CHKO Český les – nachází se západně od Tachova a rozkládá se až na hranice s Německem, jedná se o zalesněné území s minimálním osídlením. Část tohoto chráněného území zabírá také povodí vodárenské nádrže Lučina.
- CHKO Slavkovský les – zabírá část města Mariánské Lázně a dále území na jih a východ od tohoto města. Z řešeného území do CHKO zasahují ještě Lázně Kynžvart.

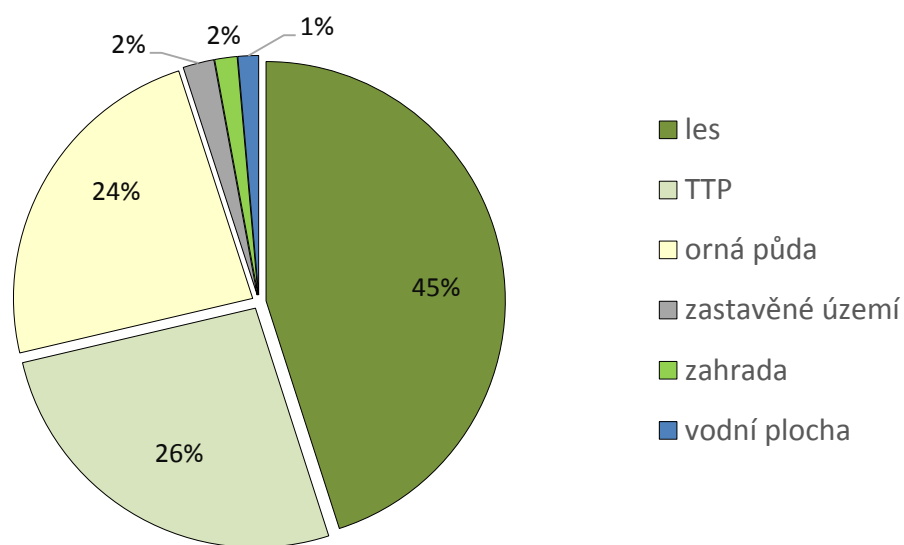
Nízké zastoupení orné půdy a naopak velké podíly TTP a lesních pozemků způsobují, že dusíkaté znečištění je v tomto území minimální. Hlavním zdrojem dusíku v povrchových i podzemních vodách je hnojení minerálním dusíkem. Tento dusík je v půdním prostředí poměrně dobře pohyblivý a pěstované plodiny nedokáží využít celou jeho dávku. Část dusíku je pak vyplavována do povrchových nebo podzemních vod.

Relativně nízkému procentu orné půdy pak odpovídá pozitivní vyhodnocení dusíkatého znečištění v rámci monitoringu toků (viz. tabulky Tab. 1.1-2; Tab. 1.1-3). V těchto tabulkách je patrné, že podle normy ČSN 75 7221 a NV č. 401/2015 Sb. se jedná z pohledu dusíku o neznečištěnou vodu. Velmi často pak monitoring dusíku vyhoví i velmi přísným parametrům pro hodnocení stavu vodních útvarů (metodika – Rosendorf 2011), střední stav nastává pouze v 5-ti případech a to 4x kvůli maximální hodnotě N-NO₃, medián nevyhověl pouze v jednom vodním útvaru.

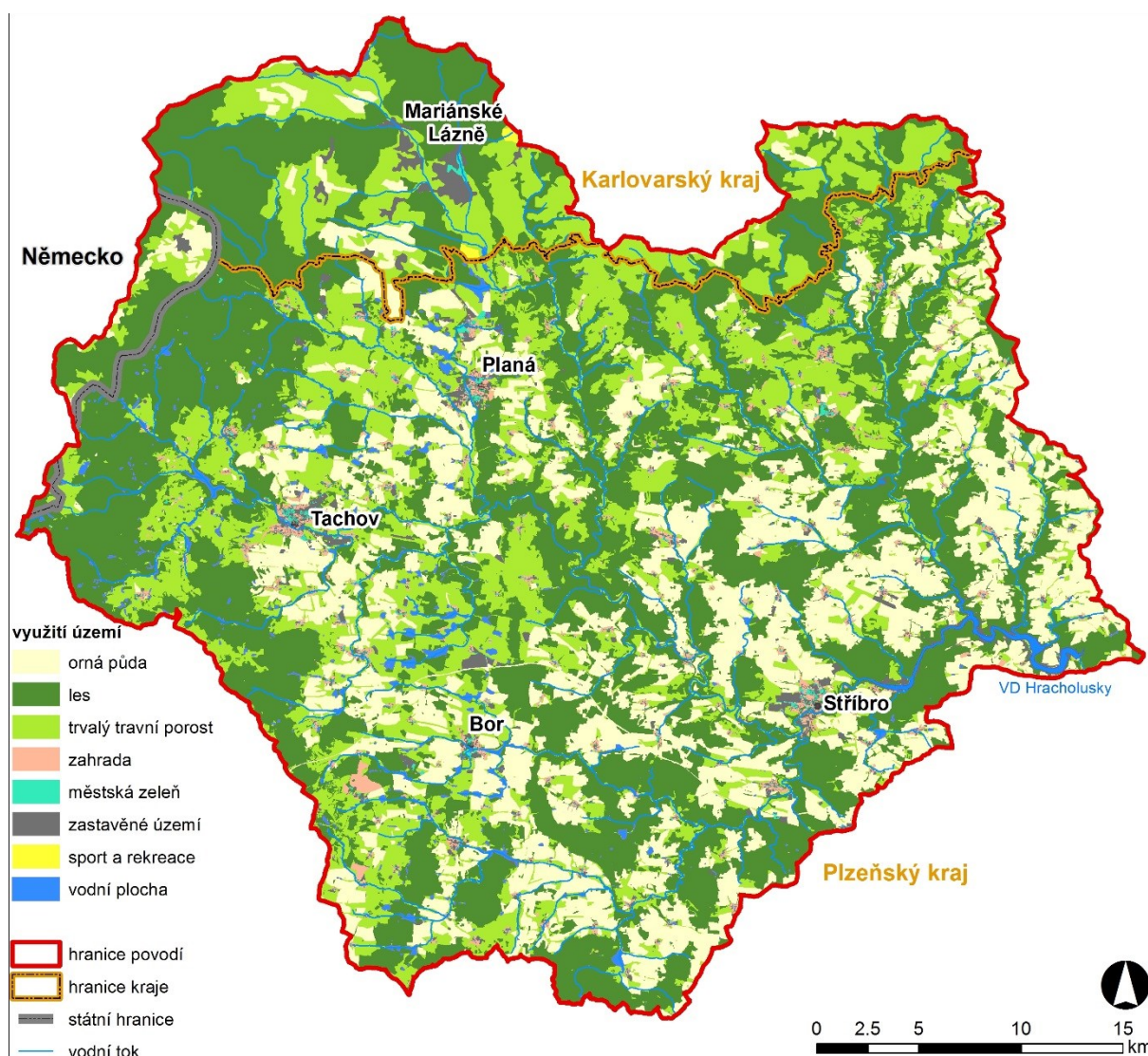
Tab. 1.7-1 Využití území v povodí VD Hracholusky

Kategorie	Plocha [km ²]	Využití území
les	723	45%
trvalý travní porost	422	26%
orná půda	380	24%
zastavěné území	34	2.1%
zahrada	24	1.5%
vodní plocha	22	1.4%
městská zeleň	5.9	0.4%
sport a rekreace	1.0	0.1%
CELKEM	1 611	100%

Využití území v povodí VD Hracholusky



Obr. 1.7-1 Využití území v povodí VD Hracholusky



Obr. 1.7-2 Mapa využití území v povodí VD Hracholusky

1.8 Rešerše dostupných podkladů

V rámci získávání informací byly prozkoumány také veřejné portály s vodohospodářskou tematikou. Jejich využitelnost je velmi různorodá. Zejména byly využity pro identifikaci potenciálních zdrojů znečištění.

Následující text obsahuje popis jednotlivých zdrojů a jejich využití v řešené studii.

1.8.1 Vodohospodářský informační portál

Informační systém VODA České republiky byl oficiálně zahájen v roce 2005. Hlavním impulzem vedoucím k zahájení realizace tohoto projektu bylo ustanovení § 22 odst. 3 a 4 vodního zákona, které ukládá Ministerstvu zemědělství a Ministerstvu životního prostředí povinnost spravovat příslušné informační systémy veřejné správy pro vedení jednotlivých evidencí podle ustanovení § 21 odst. 2 písm. c) vodního zákona.

Gestorem Vodohospodářského informačního portálu VODA je Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s dalšími ústředními vodoprávními úřady ČR, tj. Ministerstvem zdravotnictví, Ministerstvem dopravy a Ministerstvem obrany, v koordinaci s Ministerstvem vnitra. Prostřednictvím jednotných, přehledných a snadno dostupných aplikací zde zmiňované resorty prezentují široké veřejnosti věrohodné informace o našich vodách a tak přispívají k její lepší a včasné informovanosti.

Informace jsou rozděleny do těchto kategorií:

- **Aktuální informace** - Aktuálními informacemi jsou tzv. „nadstandardní“ údaje, které ze svých datových zdrojů v současné době poskytují správci povodí, tj. státní podniky Povodí, a jejichž prezentace nevychází ze žádných platných právních předpisů České republiky.
- **Evidence informačního systému veřejné správy** - Jedná se o soubor tzv. povinných informací, které vycházejí z vodního zákona. Ten ukládá v ustanoveních § 21 a 22 povinnost Ministerstvu zemědělství a Ministerstvu životního prostředí vést evidence v rámci informačního systému veřejné správy podle náležitostí vyplývajících ze zákona č. 365/2000 Sb., o informačních systémech veřejné správy, ve znění pozdějších předpisů.
- **Plánování v oblasti vod** - Na těchto stránkách je k nahlédnutí pouze starší verze plánů povodí z období 2010 – 2015. Plány povodí pro období 2016 – 2021 byly získány z portálu Povodí Vltavy s.p.

Vodohospodářský informační portál VODA je užitečný nástroj pro zjišťování základních informací z vodního hospodářství. Data, která jsou zde uváděna byla ale ve větším rozsahu, podrobnosti a aktuálnosti získána přímo od jednotlivých poskytovatelů daných informací, předně pak od Povodí Vltavy s.p.

1.8.2 Centrální registr vodoprávní evidence (CRVE)

Jedná se o portál, který umožňuje nahlédnutí do vodoprávních rozhodnutí. Obsahuje výroky, které se týkají vodního hospodářství tj. povolení ČOV, kanalizačních výustí, ale také povolení studní apod. Pro účely řešené studie byly staženy seznamy vodoprávních rozhodnutí pro každou obec v zájmovém území a z nich byla vybrána relevantní vodoprávní povolení s dopadem na jakost povrchových vod. Tyto seznamy slouží zejména k identifikaci jevů v řešeném povodí, případně poslouží k analýze konkrétních problémových lokalit. Databáze CRVE byla také využita k identifikaci průmyslových zdrojů vypouštění a jako jeden z podkladů pro vyhodnocování komunálních odpadních vod.

Následující tabulka (Tab. 1.8-1) zobrazuje výčet jednotlivých druhů vodoprávních rozhodnutí. V celém zájmovém území je evidováno velké množství těchto výroků, z nichž jsme vybrali pouze ty, které mají vztah k nakládání s odpadními vodami. Těchto rozhodnutí je zde evidováno 720. V databázi je možno dohledat povolení pro jednotlivé komunální či průmyslové ČOV (počet povolení je vyšší než počet vlastních ČOV, protože jsou zde uváděny i změny rozhodnutí apod., proto na jednu ČOV může být vydáno i více rozhodnutí). Jsou zde uvedeny povolení pro ČOV pro rekreační účely i domovní ČOV pro jednotlivé soukromé objekty (povolení domovních ČOV patří k nejčastějším výrokům CRVE). Jsou zde povolení k provozování kanalizačních sítí a jejich případné rozšíření apod. Je zde také evidováno přes 200 povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Jedná se o případy septiků, případně volné kanalizační výustí. Databáze CRVE obsahuje také výroky povolující zvláštní způsoby nakládání s vodami, jako je například vypouštění zvláště nebezpečných látek, nebo sanace podzemních vod.

Tab. 1.8-1 Přehled vydaných vodoprávních povolení v zájmovém území

Druh vodoprávních rozhodnutí	Celkový součet
Komunální ČOV	63
Kořenová ČOV	6
Průmyslová ČOV	10
Domovní ČOV	276
Rekreační ČOV	5
Kanalizace	96
Dešťová kanalizace	4
Vypouštění OV	204
Vypouštění OV - důlní vody	6
Vypouštění OV - zvláště nebezpečné látky	17
Odlučovač rop. látek a tuků	11
Sanace podzemních vod	1
Celkový součet	720

1.8.3 Evidence vodohospodářských aktivit Plzeňského kraje

Databáze, která obsahuje vybrané aktivity působnosti Plzeňského kraje. Mimo jiné obsahuje také informace o vypouštění odpadních vod, které byly využity pro další identifikaci jednotlivých zdrojů znečištění (průmyslových zdrojů, komunálních ČOV). Dále databáze obsahuje informace o ekologických zátěžích s jejich základním vyhodnocením včetně případného návrhu sanací. Z těchto zátěží byly vybrány ty, které mají potenciál ovlivnit živinové zatížení povrchových vod (tj. hnojiště, skladování průmyslových hnojiv apod.).

1.8.4 Zpracování a vyhodnocení údajů z Národního plánu povodí Labe a Plánu dílčího povodí Berounky

Plány povodí jsou výsledkem koncepční činnosti státu, která slouží především k ochraně vody jako složky životního prostředí. Proces plánování v oblasti vod vychází ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tzv. Rámcová směrnice o vodách) a je rozdělen do 3 šestiletých etap: 2009-2015, 2015-2021, 2021-2027.

Plánování v oblasti vod je soustavná koncepční činnost, kterou zajišťuje stát, a jeho účelem je vymezit a vzájemně harmonizovat veřejné zájmy:

- ochrany vod jako složky životního prostředí, tzn. nejenom vod jako takových, ale i vodních a na vodu vázaných ekosystémů;
- snížení nepříznivých účinků povodní a sucha;
- udržitelného užívání vodních zdrojů, zejména pro účely zásobování pitnou vodou.

Plány povodí se zpracovávají ve třech úrovních pro mezinárodní oblasti povodí ("mezinárodní plány povodí"), části mezinárodních oblastí povodí na území České republiky ("národní plány povodí") a dílčí povodí. Plány povodí jsou rozděleny do kapitol věnujících se jednotlivým vodohospodářským tématům.

Na zpracování **mezinárodních plánů povodí** spolupracují Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství v rámci mezinárodních komisí. Území České republiky náleží do třech mezinárodních oblastí povodí, a to Labe, Odry a Dunaje.

Národní plány povodí (NPP) pořizuje Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s příslušnými správci povodí a místně příslušnými krajskými úřady a jsou schvalovány vládou. V ČR jsou pořizovány 3 NPP, a to

Národní plány povodí stanovují cíle:

- pro ochranu a zlepšování stavu povrchových a podzemních vod a vodních ekosystémů, ke snížení nepříznivých účinků povodní a sucha,
- pro hospodaření s povrchovými a podzemními vodami a udržitelné užívání těchto vod pro zajištění vodohospodářských služeb a
- pro zlepšování vodních poměrů a pro ochranu ekologické stability krajiny.

Národní plány povodí dále obsahují souhrny programů opatření k dosažení uvedených cílů a stanovují strategii jejich financování. Základní obsah národního plánu povodí stanovuje vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik, ve znění pozdějších předpisů.

Národní plány povodí byly 21. prosince 2015 schváleny vládou České republiky usnesením

č. 1083. Ministerstvo zemědělství následně v souladu s ustanovením § 25 odst. 4 zákona vodního zákona [5] vydalo 12. ledna 2016 národní plány povodí opatřeními obecné povahy, která nabyla účinnosti 28. ledna 2016.

Národní plán povodí Labe je doplněn 5 plány dílčích povodí, a to pro dílčí povodí Horního a středního Labe, dílčí povodí Horní Vltavy, dílčí povodí Berounky, dílčí povodí Dolní Vltavy a dílčí povodí Ohře, Dolního Labe a ostatních přítoků Labe. Dokument je členěn následovně:

Úvod

- I. Charakteristiky části mezinárodní oblasti povodí Labe na území České republiky
- II. Užívání vod a dopady lidské činnosti na stav vod
- III. Monitoring a hodnocení stavu
- IV. Cíle pro povrchové vody, podzemní vody a chráněné oblasti s vazbou na vodní prostředí
- V. Souhrn programu opatření k dosažení cílů
- VI. Ekonomická analýza
- VII. Doplnující údaje

NPP Labe je zveřejněn na internetových stránkách Ministerstva zemědělství: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/priprava-planu-povodi-pro-2-obdobi/zverejnene-informace/narodni-plany-povodi-1/narodni-plany-povodi-labe.html>.

Plány dílčích povodí (PDP) pořizují správci povodí dle své působnosti ve spolupráci s příslušnými krajskými úřady a ve spolupráci s ústředními vodoprávními úřady. Schvalují je dle své územní působnosti kraje. Plány dílčích povodí doplňují národní plány povodí o podrobné údaje a návrhy opatření, které jsou nutné k dosažení cílů pro dané dílčí povodí na základě zjištěného stavu povrchových a podzemních vod, hodnocení povodňových rizik, potřeb užívání vodních zdrojů, a časový plán jejich uskutečnění. Základní obsah plánu dílčího povodí dále upravuje vyhláška č. 24/2011 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik, ve znění pozdějších předpisů. Celkem je v ČR zpracováno 10 plánů dílčích povodí.

Plány dílčích povodí byly podle časového plánu a programu prací schváleny zastupitelstvy krajů do 30. června 2016. Struktura těchto dokumentů je následující:

Úvod

- I. Charakteristiky dílčího povodí
- II. Užívání vod a dopady lidské činnosti na stav vod
- III. Monitoring a hodnocení stavu
- IV. Cíle pro povrchové vody, podzemní vody a chráněné oblasti vázané na vodní prostředí
- V. Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny
- VI. Opatření k dosažení cílů
- VII. Ekonomické údaje
- VIII. Doplnující údaje

Přílohou PDP jsou tzv. „Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem“, které jsou doplněním Plánů pro zvládání povodňových rizik.

Plán dílčího povodí Berounky je jedním z pěti plánů dílčích povodí, které doplňují NPP Labe. Celková plocha dílčího povodí Berounky činí 8 817,4 km². Do povodí Berounky (Mže, Radbuzy a Úhlavy) přitékají vodní toky z plochy téměř 38 km², ležící ve Spolkové republice Německo. Páteřními toky horní části dílčího povodí Berounky jsou Mže, Radbuza, Úhlava a Úslava. Páteřním tokem dolní části dílčího povodí je pak Berounka, jejímiž nejvýznamnějšími přítoky jsou Střela a Litavka. PDP Berounky je zveřejněn na stránkách Povodí Vltavy s.p.: www.pvl.cz/portal/pdp/BE/index.html.

V rámci této kapitoly byly vybrány údaje relevantní pro cíle této studie. Jedná se o seznam útvarů povrchových vod, které jsou vymezeny v povodí VD Hracholusky. Dále o výsledky hodnocení stavu těchto vodních útvarů a v neposlední řadě i opatření navržená k dosažení dobrého stavu.

Základní jednotkou pro plánování v oblasti vod je *vodní útvar* (VÚ). Vodní útvar je obecně, na základě § 2 odst. 3 vodního zákona [5], vymezen nad sítí vodních toků jako souvislá ucelená základní jednotka plánování v oblasti vod, která umožňuje hodnocení stavu povrchových vod a uskutečňování programů opatření podle § 26 vodního zákona.

Útvary povrchových vod se dělí do dvou kategorií: „řeka“ a „jezero“.

Řekou se rozumí útvar povrchové vody tekoucí v převážné části po zemském povrchu, který ovšem může téci v části toku pod povrchem.

Jezerem se označuje útvar povrchové vody stojaté, např. jezero (přirozené nebo umělé), vodní nádrž nebo rybník s plochou hladiny větší než 0,5 km².

Celkem je v povodí nad VD Hracholusky vymezeno 16 VÚ, z nichž dva jsou útvary kategorie „jezero“. V zájmovém povodí jsou vymezené jako *silně ovlivněné* pouze vodní útvary kategorie „jezero“, tedy žádný VÚ kat. „řeka“. Silně ovlivněným VÚ je ten, který v důsledku fyzických změn způsobených lidskou činností má podstatně změněný charakter, přičemž změny jeho morfologických a hydrologických charakteristik jsou trvalé. Údaje o jednotlivých VÚ jsou uvedeny v Tab. 1.8-2.

Stav útvarů povrchových vod sestává ze syntézy hodnocení chemického stavu a ekologického stavu (či ekologického potenciálu u silně ovlivněných VÚ). Chemickým stavem útvaru povrchové vody se rozumí stav určený na základě hodnocení koncentrací prioritních látek uvedených ve Směrnici 2013/39/EU. Ekologický stav je hodnocen v souladu s požadavky Rámcové směrnice o vodách u přirozených útvarů povrchových vod. U útvarů silně ovlivněných a umělých, v případě povodí VD Hracholusky tedy u všech vodních útvarů typu jezero je namísto ekologického stavu hodnocen ekologický potenciál. Výsledný ekologický stav/potenciál je určen horším z výsledků hodnocení biologických a chemických a fyzikálně-chemických složek podporujících biologické složky. V dílčím povodí Berounky jsou v rámci chemického stavu vyhodnoceny dva VÚ, které nedosahují dobrého stavu (oba z důvodu překročení limitu pro benzo(a)pyren). Z hlediska ekologického stavu je u útvarů kategorie „řeka“ 6 VÚ v dobrém a 8 VÚ ve středním stavu. Oba VÚ kategorie „jezero“ jsou vyhodnoceny ve středním potenciálu. Podrobnější informace, včetně nevyhovujících ukazatelů jsou uvedeny v tab. Tab. 1.8-3.

K dosažení cílů jsou v plánech povodí navržena opatření. *Programy opatření* slouží k zajištění ochrany a udržitelného užívání vod v rámci dílčího povodí. Prostřednictvím stanovení a zavedení navržených programů opatření se usiluje o dosažení dobrého stavu. Tam, kde dobrý stav nebo velmi dobrý stav již existuje, má být udržován. Programy opatření stanoví časový plán uskutečnění a strategii financování jednotlivých opatření. K jednotlivým opatřením jsou vytvořeny tzv. listy opatření, které jsou přílohou plánu dílčího povodí. Listy opatření obsahují podrobné informace o každém opatření v

modifikaci podle druhu opatření. Listy opatření jsou zpracovány ve třech úrovních podrobnosti označené jako A, B a C.

List opatření typu A (konkrétní opatření) – Navržené opatření řeší konkrétní problematiku lokalitu konkrétním způsobem. Opatření je identifikováno svým názvem a umístěním včetně konkretizace vodního útvaru. Způsob řešení je kromě popisu navrhovaného stavu přesně vymezen parametry opatření a většinou vychází z již zpracovaných materiálů.

List opatření typu B (obecné opatření) – Navržené opatření řeší vytipovanou část vymezené lokality, kde je identifikován problém (vliv). Vzhledem k nedostatku informací o problému (vlivu) není možné opatření popsat do takového detailu jako je tomu u listu opatření typu A, a jde tedy jen o jeho rámcový popis. Opatření typu B se váže ke konkrétnímu vodnímu útvaru či více útvarům.

List opatření typu C (obecné opatření) – Opatření reaguje na obecně chápaný problém (vliv), který vzhledem ke své povaze nelze řešit konkrétním fyzickým opatřením, ale pouze opatřením na úrovni nových návrhů právních předpisů. Většinou se jedná o administrativní či koncepční opatření. Tyto listy byly vypracovány centrálně na národní úrovni v rámci národních plánů povodí a budou jejich obsahem. V dílčích plánech povodí je uveden pouze seznam těchto obecných listů.

V tabulkách Tab. 1.8-4 a Tab. 1.8-5 jsou uvedena všechna opatření typu A a B, která jsou navrhována v povodí VD Hracholusky. Celkem je navrženo 20 opatření typu A, z nichž 4 opatření jsou navržena na ČOV a kanalizacích konkrétních obcí (kap VI.1.7 PDP), dále 5 opatření na starých ekologických zátěžích (kap VI.1.10), 4 protipovodňová opatření (kap VI.1.18) a v rámci doplňkových opatření (kap VI.2) 3 návrhy zpracování generelu odvodnění města a 4 opatření směřující ke zlepšení morfologických poměrů. Opatření typu B je v zájmovém území navrhováno 17, z toho po jednom opatření ke zlepšení jakosti vod využívaných ke koupání (kap VI.1.4), pro omezování odběrů a vzdouvání vod (kap VI.1.5), k zabránění a regulaci znečištění z bodových zdrojů (kap VI.1.7) a k omezování, případně zastavení vnosu nebezpečných a zvláště nebezpečných látek do vod (kap. VI.1.10). Z doplňkových opatření je pro 5 VÚ navrhováno opatření „Zajištění přiměřeného čištění v obcích“ a dále opatření „Omezení obsahu fosforu v povodí nádrže Lučina“ a „Omezení obsahu fosforu v povodí nádrže Hracholusky“. Také jsou navrhována opatření týkající se monitoringu a to „Opatření k úpravě provozního monitoringu“ a „Průzkumný monitoring“. Ke zlepšení morfologie toků je navrženo opatření „Podpora renaturačních procesů na vybraných vodních tocích“.

I. Shromáždění dostupných podkladů

Tab. 1.8-2 Vymezení útvarů povrchových vod v povodí VD Hracholusky

ID_VU	Název vodního útvaru	Délka VÚ [km]	Plocha povodí VÚ [km ²]	Kategorie VÚ	Silně ovlivněný nebo umělý VÚ	Typ VÚ
BER_0010	Mže od pramene po vzdutí nádrže Lučina	9.29	35.39	řeka	ne	1-3-1-2
BER_0020	Lužní potok od pramene po vzdutí nádrže Lučina	10.90	29.86	řeka	ne	1-3-1-2
BER_2015_J	Nádrž Lučina na toku Mže		39.46	jezero	ano	2BC21F22
BER_0040	Sedlišťský potok od pramene po ústí do Mže	20.81	86.06	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0050	Hamerský potok od státní hranice po ústí do Mže	25.30	171.30	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0060	Kosový potok od pramene po ústí do Mže	46.42	226.01	řeka	ne	1-2-1-2
BER_2070	Mže od hráze nádrže Lučina po tok Úhlavka	49.11	226.92	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0080	Úhlavka od pramene po Výrovský potok	28.86	159.23	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0090	Výrovský potok od pramene po ústí do toku Úhlavka	21.70	98.81	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0100	Úhlavka od toku Výrovský potok po ústí do Mže	12.57	38.59	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0110	Mže od toku Úhlavka po vzdutí nádrže Hracholusky	3.65	11.65	řeka	ne	1-2-1-3
BER_0120	Úterský potok od pramene po Nezdický potok	14.97	58.82	řeka	ne	1-3-1-2
BER_0130	Nezdický potok od pramene po ústí do toku Úterský potok	10.45	43.25	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0140	Hadovka od pramene po ústí do toku Úterský potok	21.46	89.95	řeka	ne	1-2-1-2
BER_0150	Úterský potok od toku Nezdický potok po vzdutí nádrže Hracholusky	18.29	127.67	řeka	ne	1-3-1-2
BER_0165_J	Nádrž Hracholusky na toku Mže		138.49	jezero	ano	2BC21F22

Tab. 1.8-3 Hodnocení stavu VÚ v povodí VD Hracholusky

ID VÚ	Název vodního útvaru	Hodnocení ekologického stavu a ekologického potenciálu VÚ	Hodnocení chemického stavu VÚ	Celkové hodnocení stavu VÚ	Nevyhovující ukazatele
BER_0010	Mže od pramene po vzduť nádrže Lučina	dobry stav	dobry	dobry	
BER_0020	Lužni potok od pramene po vzduť nádrže Lučina	dobry stav	dobry	dobry	
BER_2015_J	Nádrž Lučina na toku Mže	středni potenciál	dobry	nevyhovující	fytoplankton, ryby
BER_0040	Sedlišťský potok od pramene po ústí do Mže	středni stav	dobry	nevyhovující	makrozoobentos, železo
BER_0050	Hamerský potok od státní hranice po ústí do Mže	středni stav	dobry	nevyhovující	fytoobentos
BER_0060	Kosový potok od pramene po ústí do Mže	středni stav	dobry	nevyhovující	fytoobentos, železo
BER_2070	Mže od hráze nádrže Lučina po tok Úhľavka	středni stav	nedosažení dobrého stavu	nevyhovující	benzo[a]pyren, ryby
BER_0080	Úhľavka od pramene po Výrovský potok	středni stav	dobry	nevyhovující	makrozoobentos
BER_0090	Výrovský potok od pramene po ústí do toku Úhľavka	středni stav	dobry	nevyhovující	železo
BER_0100	Úhľavka od toku Výrovský potok po ústí do Mže	středni stav	dobry	nevyhovující	halogeny adsorbovatelné organicky vázané
BER_0110	Mže od toku Úhľavka po vzduť nádrže Hracholusky	středni stav	nedosažení dobrého stavu	nevyhovující	benzo[a]pyren, fytoobentos, fytoplankton
BER_0120	Úterský potok od pramene po Nezdický potok	dobry stav	dobry	dobry	
BER_0130	Nezdický potok od pramene po ústí do toku Úterský potok	dobry stav	dobry	dobry	
BER_0140	Hadovka od pramene po ústí do toku Úterský potok	dobry stav	dobry	dobry	
BER_0150	Úterský potok od toku Nezdický potok po vzduť nádrže Hracholusky	dobry stav	dobry	dobry	
BER_0165_J	Nádrž Hracholusky na toku Mže	středni potenciál	dobry	nevyhovující	fytoplankton, Nasycení kyslíkem, min. (%), Teplota vody, max (C)

Tab. 1.8-4 Opatření typu A v povodí VD Hracholusky uvedená v plánech povodí

ID opatření	ID VÚ	Název opatření	Kapitola PDP	Program opatření	Náklady (mil. Kč)	Název kraje
BER207032	BER_0060	Horní Ves - výstavba ČOV	VI.1.7	ne	8.0	Karlovarský
BER207033	BER_0060	Trstěnice - rekonstrukce ČOV	VI.1.7	ne	8.0	Karlovarský
BER207039	BER_0060	Sekerské Chalupy - výstavba kanalizace	VI.1.7	ne	20.0	Karlovarský
BER207045	BER_0050	Nahý Újezdec - výstavba kanalizace	VI.1.7	ne	-	Plzeňský
BER210003	62121	Strabag Holostřevy obalovna	VI.1.10	ne		Plzeňský
BER210004	62121	RESPO, s.r.o. Skviřín	VI.1.10	ne		Plzeňský
BER210012	62210	Prameny	VI.1.10	ne		Karlovarský
BER210019	62121	Benzina s.r.o. ČSPHM Tachov	VI.1.10	ne		Plzeňský
BER210022	62121	KOVO Velká Hleďsebe	VI.1.10	ano	100	Karlovarský
BER218031	BER_0165_J	Revitalizační opatření v k.ú. Hvožd'any - retenční nádrž	VI.1.18		9.0	Plzeňský
BER218039	BER_0060	Varovný a informační systém obyvatelstva v obci Drmoul	VI.1.18		1.5	Karlovarský
BER218040	BER_0060	Záchytná nádrž Drmoul	VI.1.18		3.0	Karlovarský
BER218043	BER_0040	RVT a PPO Sedlišťský potok - Staré Sedliště	VI.1.18		16.4	Plzeňský
BER220004	BER_0050	Generel odvodnění města Planá	VI.2	ne	2.0	Plzeňský
BER220012	BER_0110	Generel odvodnění města Stříbro	VI.2	ne	2.0	Plzeňský
BER220015	BER_0060	Generel odvodnění města Mariánské Lázně	VI.2	ne	4.0	Karlovarský
BER220084	BER_0150	Revitalizace Lichovského potoka	VI.2	ano	4.0	Plzeňský
BER220168	BER_0060	Lázně Kynžvart - úprava Rašelinného potoka	VI.2	ne	11.5	Karlovarský
BER220169	BER_0050	Tři sekery - odbahnění rybníku Ptačák	VI.2	ne	2.5	Karlovarský
BER220170	BER_0060	Trstěnice - odbahnění rybníku na návsi	VI.2	ne	0.5	Karlovarský

Tab. 1.8-5 Opatření typu B v povodí VD Hracholusky uvedená v plánech povodí

ID opatření	ID VÚ	Název opatření	Kapitola PDP	Program opatření	Náklady (mil. Kč)	Název kraje
BER204001	BER_0060, BER_0165_J	Povrchové vody využívané ke koupání	VI.1.4	ano	-	Plzeňský, Karlovarský
BER205001	BER_0060	Revize hospodaření s vodami v povodích nad profily s napjatou hydrologickou bilancí	VI.1.5	ano	-	Plzeňský, Karlovarský
BER207028	BER_0010, BER_0040, BER_0050, BER_0060, BER_2070, BER_0080, BER_0090, BER_0100, BER_0110, BER_0120, BER_0130, BER_0140, BER_0150, BER_0160, BER_0165_J	Výstavba a rekonstrukce kanalizací a čistíren odpadních vod v obcích od 500 do 2 000 EO	VI.1.7	ne	-	Plzeňský, Karlovarský
BER210001	BER_0040, BER_0060, BER_0090, BER_0100	Opatření k omezování, případně zastavení vnosu zvláště nebezpečných látek (BE100088)	VI.1.10	ano	-	Plzeňský, Karlovarský
BER220022	BER_0040	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0040	VI.2	ne	1.6	Plzeňský
BER220023	BER_0050	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0050	VI.2	ano	3.6	Plzeňský, Karlovarský
BER220024	BER_0060	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0060	VI.2	ne	0.8	Plzeňský, Karlovarský
BER220071	BER_2070	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_2070	VI.2	ne	0.3	Plzeňský
BER220025	BER_0080	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0080	VI.2	ne	1.0	Plzeňský
BER220026	BER_0090	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0090	VI.2	ne	0.4	Plzeňský
BER220027	BER_0110	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0110	VI.2	ne	2.4	Plzeňský
BER220028	BER_0165_J	Zajištění přiměřeného čištění v obcích VÚ BER_0165_J	VI.2	ne	10.8	Plzeňský
BER220142	BER_0040, BER_0050, BER_0060, BER_2070, BER_0080, BER_0090, BER_0100, BER_0110	Opatření k úpravě provozního monitoringu	VI.2	ano	0.0086, 0.0053, 0.0053, 0.0053, 0.0086, 0.009, 0.005, 0.032	Plzeňský, Karlovarský
BER220143	BER_0010, BER_0020	Omezení obsahu fosforu v povodí nádrže Lučina	VI.2	ano	-	Plzeňský

ID opatření	ID VÚ	Název opatření	Kapitola PDP	Program opatření	Náklady (mil. Kč)	Název kraje
BER220144	BER_0040, BER_0050, BER_0060, BER_2070, BER_0080, BER_0090, BER_0100, BER_0110, BER_0150, BER_0165_J	Omezení obsahu fosforu v povodí nádrže Hracholusky	VI.2	ne, ano, ano, ne, ne, ne, ne, ne, ne, ne, ne	-	Plzeňský, Karlovarský
BER220189	BER_0140	Podpora renaturačních procesů na vybraných vodních tocích	VI.2	ano	-	Plzeňský, Karlovarský
BER220501	BER_0110	Průzkumný monitoring	VI.2	ano	0.02	Plzeňský

2 DOPLNĚNÍ INFORMACÍ O VÝSLEDKY AKTUÁLNÍ MONITOROVACÍ KAMPANĚ, PRŮZKUMU POVODÍ NAD NÁDRŽÍ A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT.

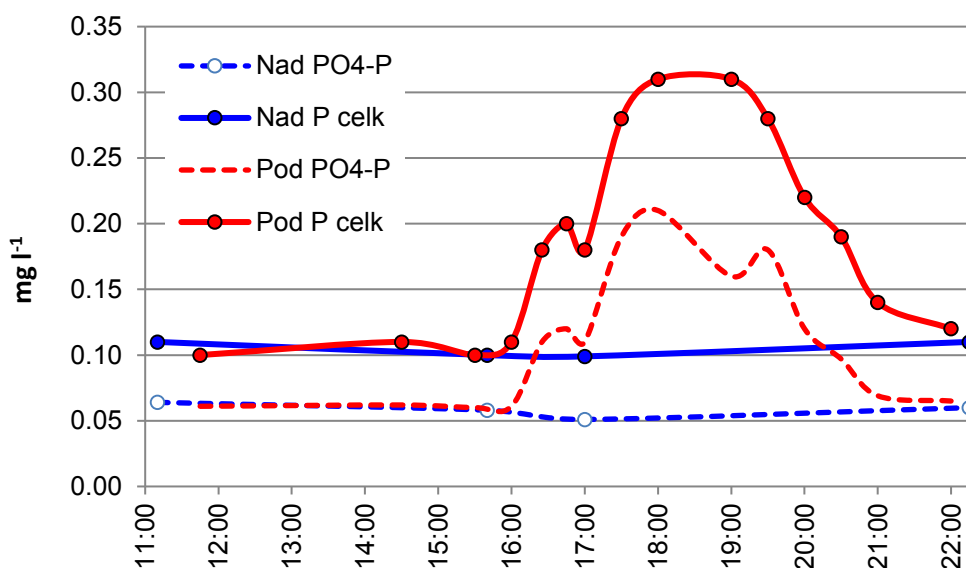
2.1 Doplnění ročního rozšířeného monitoringu o zachycení látkové vlny

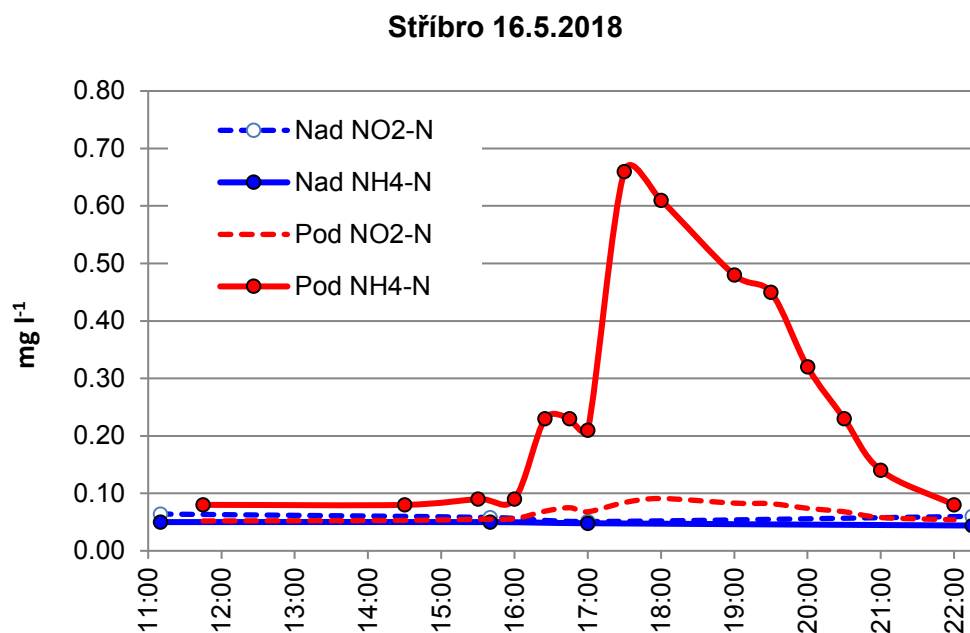
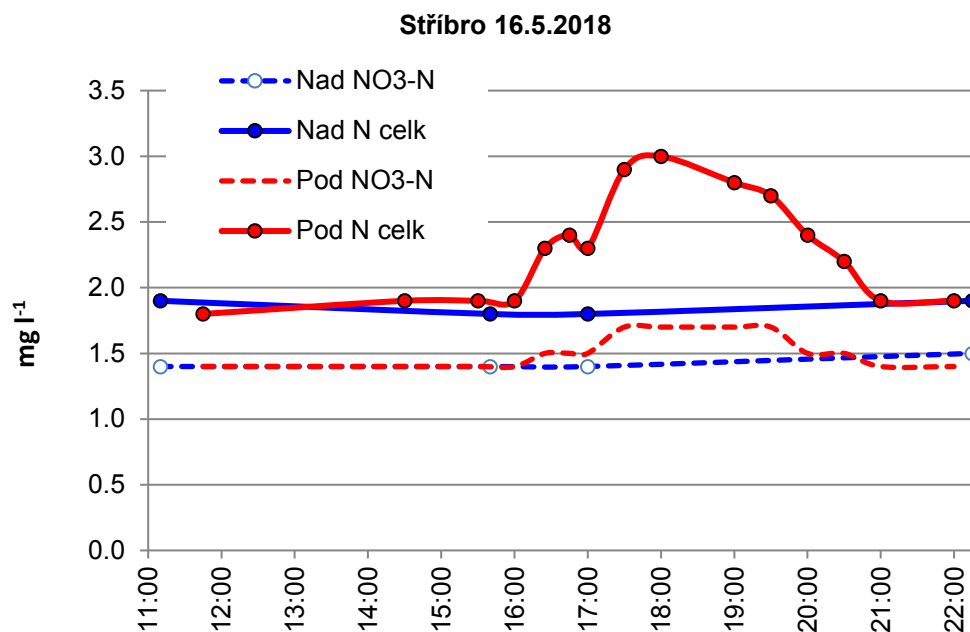
V rámci monitorovací kampaně se podařilo zachytit několik srážkových událostí z pohledu vnosu znečištění z odlehčovacích komor. Odběry vzorků byly prováděny ručně ve vybraných profilech zaměřených na sledování odlehčování ve městech Stříbro, Planá u Mariánských Lázní a Mariánské Lázně.

2.1.1 Stříbro 16.5.2018

První zachycená epizoda se týká Stříbra - byla vyvolána srážkou o celkovém úhrnu 11,8 mm a byla rozvržena do období mezi 11. a 18. hodinou 16. 5. 2018. Událost byla měřena ve dvou základních profilech, pojmenovaných Mže nad Stříbrem a Mže pod Stříbrem. Profily byly vybrány tak aby reflektovaly vliv města jako celku, nejde tedy o sledování konkrétního odlehčení ale celého souboru odlehčovacích komor včetně odlehčení ČOV a vypouštění ČOV. Odezva srážky se v profilu pod Stříbrem začala objevovat okolo 14:30. Strmý nárůst koncentrací P_{celk} , $PO_4\text{-P}$, N_{celk} , $NO_3\text{-N}$ i $NH_4\text{-N}$ bylo možné pozorovat přibližně od 16:00 a trval přibližně do 18:30. Poté nastal pozvolný pokles, kolem 22:00 se koncentrace P_{celk} pod Stříbrem přibližně vyrovnaly koncentracím nad Stříbrem.

Stříbro 16.5.2018



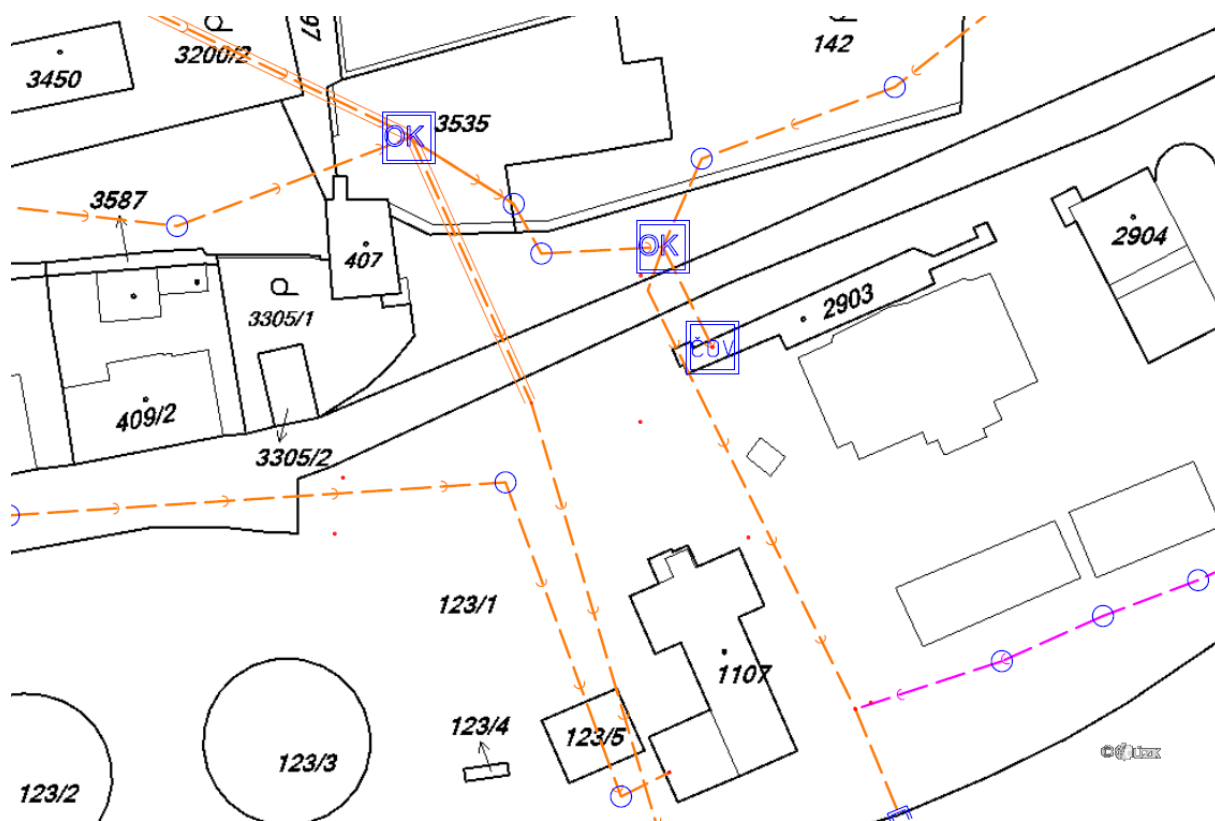


Obr. 2.1-1 Průběh koncentrací nad a pod Stříbrem při srážkové epizody 16.5.2018

Srážková epizoda 16.5. představuje zcela unikátní zachycená data. Dalo by se říct, že jde o učebnicový příklad vlivu města s jednotnou kanalizací na koncentrace znečištění komunálního původu ve vodním toku. K jedinečnosti dat přispěl průběh srážky. Mimo povodí kanalizace města Stříbra přešlo minimálně a data tak nejsou zkreslena přítokem z povodí. Tok znečištění zachycený vlnou na grafech takřka odpovídá vnosu z města.

Chování ČOV při srážkové epizodě

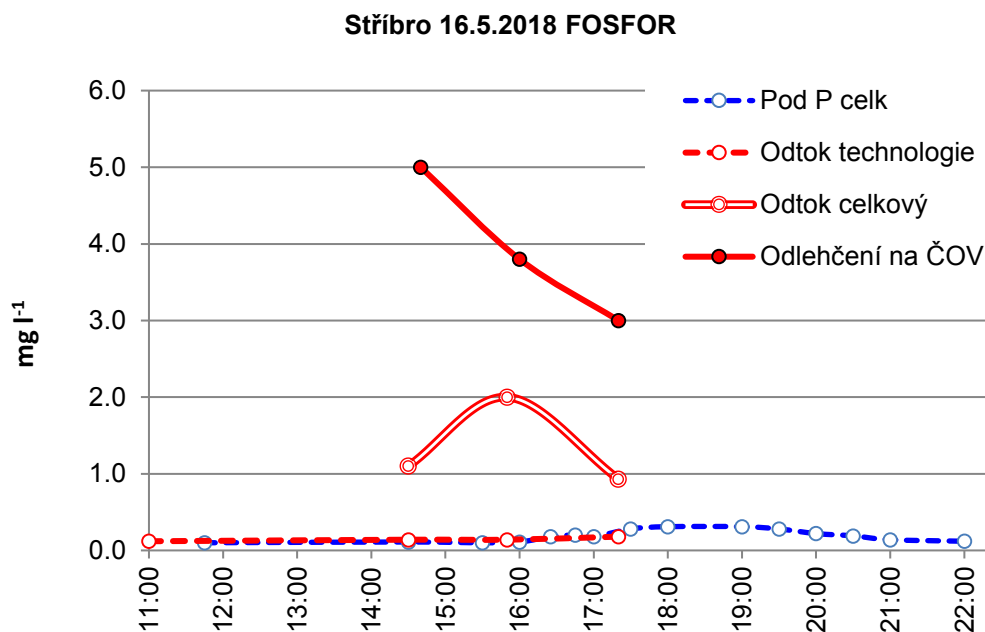
V průběhu celé srážkové epizody nedošlo k výraznému zhoršení odtokových koncentrací P_{celk} ani $\text{PO}_4\text{-P}$. Odtokové koncentrace P_{celk} se průměrně pohybovaly na úrovni 0,15 mg/l. Perfektní funkce ČOV Stříbro je částečně umožněna z pohledu čistírny dobře fungujícím odlehčením. Z pohledu vnosu znečištění do Mže je už poněkud problematictější. Před ČOV existuje dvojitá odlehčení. *Odlehčovací komora před ČOV I*² na soutoku hlavní kanalizační štolky a kanalizace z ulice Ruská. Odtokové potrubí je profily tudy odtéká voda k odlehčení II. Do odlehčení před ČOV II přitéká odtok z odlehčení I a další kanalizace ze směru ulice Pizeňská.



Obr. 2.1-2 Schéma odlehčení před ČOV Stříbro

Odtoky z obou odlehčení před ČOV byly během události rovněž vzorkovány, s menší podrobností než profily nad a pod městem. Celkem byly odebrány tři vzorky z každého odlehčení.

² Toto je název prvního odlehčení před ČOV, používaný v evidenci provozovatele, řadová číslovka je tedy vztahena k OK, nikoliv k ČOV, která je pouze jedna.

Obr. 2.1-3 koncentrace P_{celk} pod ČOV a odlehčením ČOV

Vzorky byly odebrány před vstupem do Mže, průtok relevantní pro odběry není k dispozici. Látkový odnos (LO) proto není možné separátně pro odlehčení ČOV stanovit. Graf výše je spíše pro dokreslení představy o chování celého systému.

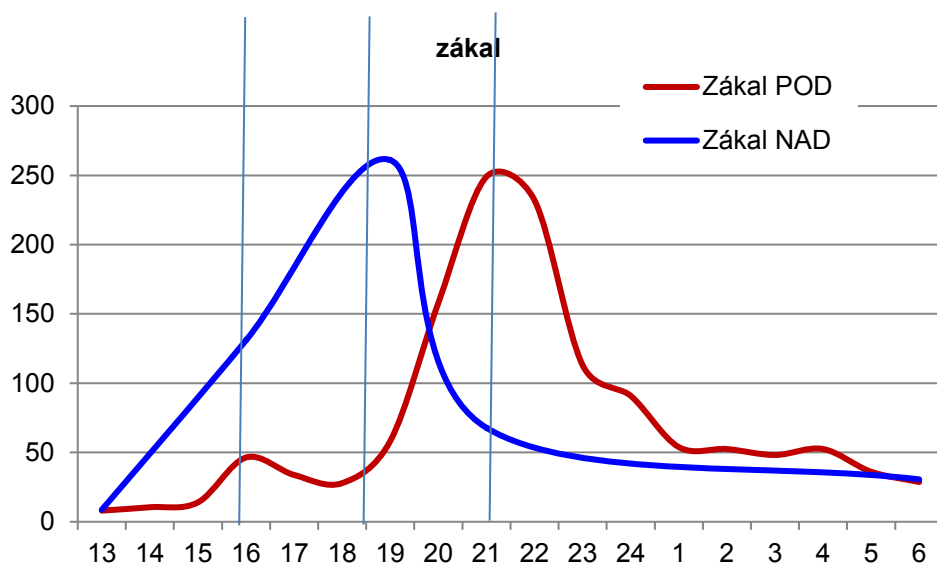
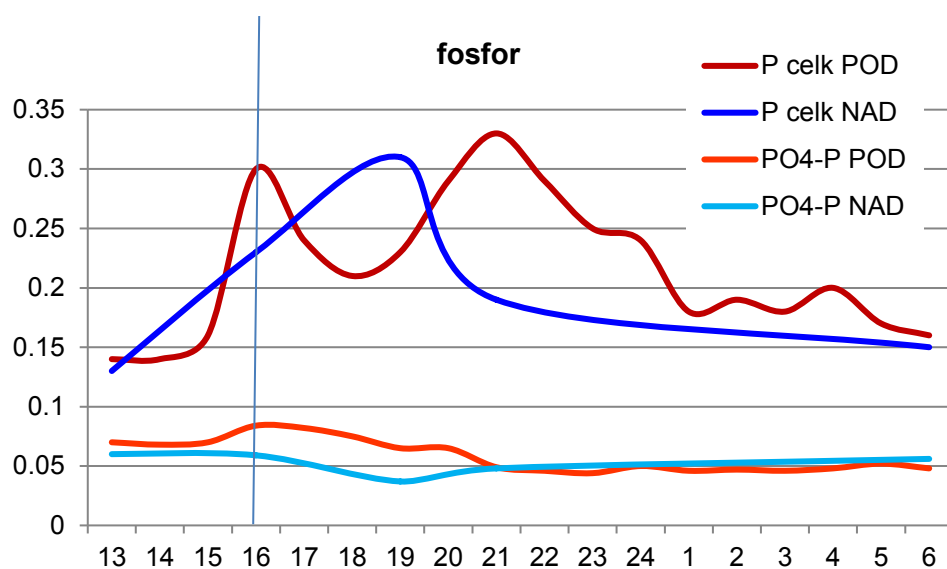
Výpočet LO byl proveden na podkladu hydrologických dat z limnigrafu Mže - Stříbro. V hodinových krocích byl vypočten LO ukazatele P_{celk} . Suma LO pod Stříbrem za dobu mezi 14:30 a 22:00 byla vypočtena na 10,37 kg, LO nad Stříbrem byl vypočten na 4,8 kg. Rozdíl 5,56 kg se rovná vnosu P_{celk} z města Stříbra během této epizody. Je vhodné upozornit na podíl odtoku z ČOV, který činil jen 3,9% z tohoto množství.

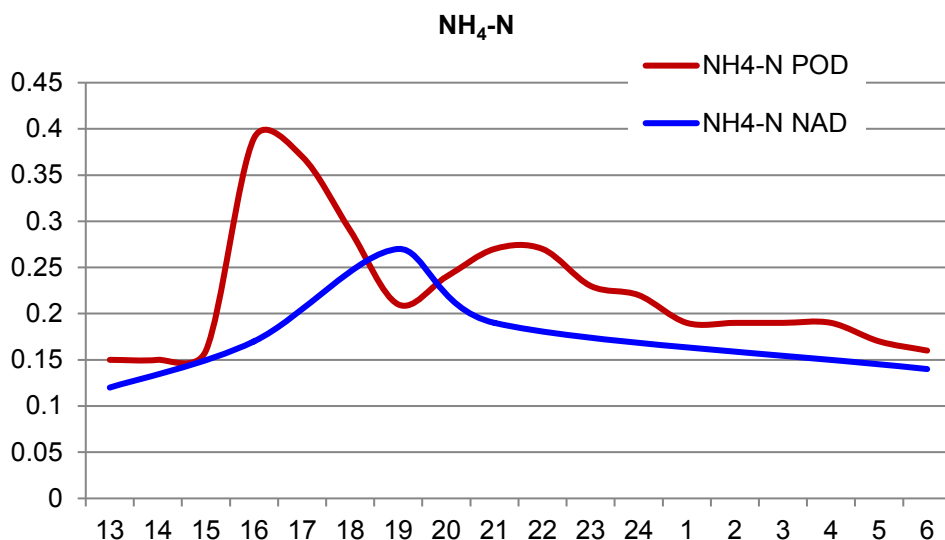
Celkové množství 5,56 kg se možná nejeví jako významné, je třeba se podívat na spíše nižší intenzitu srážky, která epizodu vyvolala. Při ročním úhrnu 550 mm lze hrubě odhadovat celkový roční vnos města stříbra mimo odtok z ČOV na 259 Kg. Jde přitom o zdroj velmi blízko ústí toku Mže do nádrže.

2.1.2 Stříbro 24.5.2018

Srážková epizoda z 24. 5. měla z pohledu vzorkování problematičtější průběh. Hlavní rozdíl spočíval v tom, že srážkou byla zatížena větší část povodí i nad Stříbrem. Čtyři vzorky v profilu nad Stříbrem, které byly 16. 5 plně dostačující se zde ukázaly jako málo vypovídající na rozdíl od 16. 5. kdy průběh koncentrací v profilu nad Stříbrem byl takřka konstantní, 24. 5. byla i zde zaznamenána vlna toku znečištění, která ale nebyla zachycena v celém průběhu s plnou podrobností.

Profil pod Stříbrem vykazuje dva vrcholy. Prvnímu vrcholu odpovídá tok znečištění z města, povodí města má kratší dotokovou vzdálenost a rychlejší odezvu. Druhý vrchol reflektuje hlavně zvýšený přítok znečištění z povodí nad Stříbrem. Velmi užitečné pro rozlišení původu znečištění mají doplňkové ukazatele NH_4-N a zákal. NH_4-N je forma dusíku dobře použitelná jako indikátor fekálního znečištění, navíc proces nitrifikace, oxidace amoniaku na dusičnany, je poměrně rychlý a přítomnost amoniaku tak poukazuje na blízký komunální zdroj.



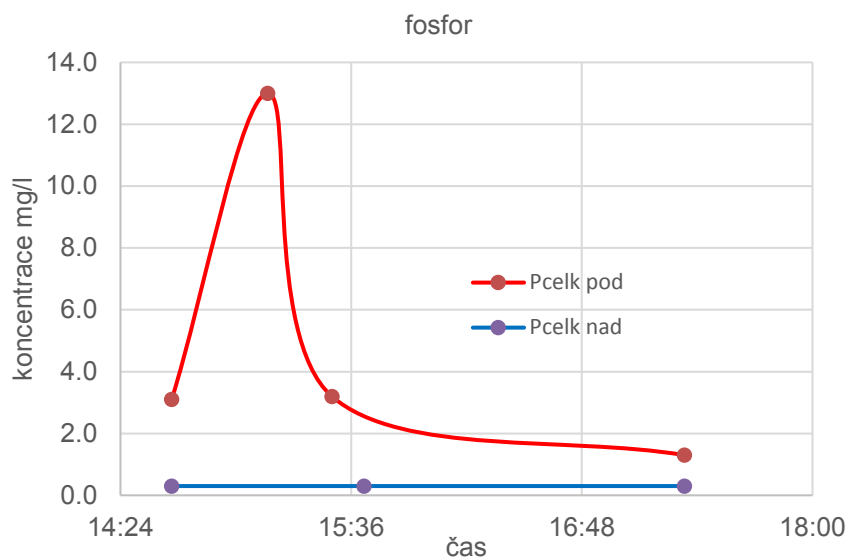


Obr. 2.1-4 Průběh koncentrací nad a pod Stříbrem při srážkové epizody 24.5.2018

Z tří výše uvedených grafů je důležité ukázat na vrchol amoniakálního dusíku pod Stříbrem, který časem odpovídá prvnímu vrcholu P_{celk} . Pro bilanční výpočet LO P_{celk} z města bylo uvažováno pouze s první částí vlny. Hydrologická data byla opět převzata z limnigrafu Mže Stříbro. Mezi 15. a 19. hodinou byl celkový LO nad stříbrem vypočten jako 0,89 kg. LO pod Stříbrem byl za tuto dobu 7,9 kg. Podíl města byl tedy asi 7 kg. Podíl odtoku z ČOV na tomto množství byl 2,8%.

2.1.3 Planá u Mariánských Lázní 24. 5. 2018

Srážka z 24. 5 měla celkový úhrn 11,6 mm. Město Planá bylo sledováno jako jeden zdroj v profilu nad a pod. Oproti Stříbru, platí pro Planský potok relativně vysoké koncentrace ještě před městem. Planský potok je fosforem značně dotován již ze zdroje Chodová Planá, níže ležící průtočný rybník Anenský koncentrace mírně snižuje. I tak se ale na přítoku do Plané v době měřené epizody naměřilo 0,3 mg/l P_{celk} . Průtok v Planském potoce pod začal na srážku reagovat mezi 14:44 a 15:10, kdy narostl z 0,05 na 0,3 m³/s. Mezi 15:30 a 17:20 už se projevovala sestupná větev hydrogramu. Průtok byl měřen flow trackerem během při odběru vzorků.



Obr. 2.1-5 Koncentrace Pcelk při srážkové epizodě 24. 5. v Plané

Oproti hodnotám ze Stříbra vykazuje Planský potok obrovské koncentrace znečištění, 13 mg/l je koncentrace vyšší než můžeme vidět na přítocích do některých ČOV. Oproti Mži je nutné pamatovat na obecně nižší vodnost toku, tedy i koncentrace po naředění v recipientu vychází vyšší. Značné znečištění bylo patrné i vizuálně v době vzorkování, kdy pevné části obsahu kanalizace zanašely vrtulku flow trackeru, ten bylo během měření nutno čistit.

Koncentrace nad městem byla změřena pouze jednou v čase 15:40. Látkový tok byl vypočten podle průtoků změřených během vzorkování. V době od 15:40 do 17:20 byl látkový tok vypočten na 10,8 kg. Na první pohled nízké množství je nutno opět vztáhnout ke spíše nižší intenzitě příčinné srážky, za rok je možné pozorovat přibližně 50 takových srážkových událostí v takovém případě pak pouhým přenásobením dojdeme k číslu 544 kg za rok vnosu fosforu z města Planá u M.L.

2.1.4 Mariánské Lázně 24. 5. 2018

Ze všech zaznamenaných srážkových epizod vykazuje ta z Mariánských Lázní největší nejistotu. Monitorovalo se na Úšovickém potoce a Kosovém potoce nad jejich soutokem, dále byl monitorován Kosový potok nad ústím odtoku z rybníka Chotěnov a doplňkově také odtok z rybníka Chotěnov. Odběrů pro názornou ukázkou v grafu není dostatek, získané výsledky jsou proto interpretovány jen tabulkově.

Odlehčení jsou v Mariánských Lázních jak na Kosovém tak na Úšovickém potoce. Poslední standardní odlehčovací komora s označením OK12 je zaústěna do Kosového potoka, pod ústím Úšovického potoka, nad rybníkem Chotěnovským. Chotěnovský rybník je napájen z Kosového potoka rozdělovacím objektem, jde tedy o boční nádrž. Kromě toho je přímo do Chotěnovského rybníka zaústěno odlehčení ČOV.

Tab. 2.1-1koncentrace ve vybraných profilech při srážkové události 24.5. v Mariánských Lázních

Profil, čas	NL 105°C	NH ₄ -N	PO ₄ -P	P _{celk}
Úšovický potok 16:00		0.85	0.039	2.3
Úšovický potok 18:10		0.49	0.050	0.27

Profil, čas	NL 105°C	NH ₄ -N	PO ₄ -P	P _{celk}
Kosový potok Vysoká Pec 16:10		0.17	0.031	0.12
Kosový potok Vysoká Pec 17:40		0.45	0.031	0.26
Kosový potok Chotěnov 16:20	510	1.5	0.043	3.4
Kosový potok Chotěnov 18:00		0.82	0.051	2.6
Kosový potok Chotěnov 19:00	230	0.81	0.041	2.7
Kosový potok Chotěnov 20:00		0.55	0.036	3.2
Kosový potok Chotěnov 17:00				2.7
R. Chotěnov 16:30		1.9	0.16	0.44
R. Chotěnov 19:30		1.9	0.15	0.44

Z dat je patrné, že byla zachycena spíše už sestupná větev toku znečištění. Zajímavé je, že i po poklesu koncentrace na obou přítocích se koncentrace v dolním profilu stále drží vysoko nad 2 mg/l. V mezilehlém úseku přitom není zjevný přítok mimo odtok z ČOV.

Látkový tok vypočtený za použití hydrologických dat z limnigrafu Chotěnov odpovídají za časový úsek mezi 16:20 a 20:00 celkem 48,5 kg. Kromě toho byl flow trackerem měřen také odtok z rybníka Chotěnovského, tím byl vypočten LO 2,7 kg za stejný časový úsek.

2.1.5 Srážkové epizody - obecné závěry

Všechny 4 zaznamenané události přinesly potřebné poznatky o chování měst s jednotnou kanalizací za deště. Při přepočtu na roční srážkové úhrny se zaznamenané epizody projevují jako skutečně významný zdroj znečištění. Zároveň se potvrdila obtížnost této disciplíny, a vyvstaly další otázky, které jdou zodpovědět jedině dalším měřením. V Mariánských Lázních zůstává nevyjasněný zdroj znečištění mezi soutokem Úšovického a Kosového potoka a ústím odtoku rybníka Chotěnovského. Monitorovaný časový úsek zachycuje až sestupnou větev. Obrovské koncentrace v Plané ukazují na lokalitu, kam rozhodně upnout pozornost při návrhu opatření, byť by mělo pro začátek jít o další monitoring a přesné zacílení na zdroj znečištění.

2.2 Vyhodnocení současného stavu VD Hracholusky

2.2.1 Pravidelný monitoring nádrže

Vodní nádrž (VN) Hracholusky je z pohledu jakosti vody monitorována ve svislici u hráze nad oblastí největší hloubky od 70. let minulého století, a to s četností od 1x do 6x za vegetační sezónu. Od roku 1997 byl monitorován nejen hloubkový, ale také podélný profil. V posledním desetiletí je dodržováno základní schéma monitoringu se sedmi hloubkovými zónačními odběry (na místě měření hloubkovou multiparametrickou sondou a vzorky odebírány hloubkovým odběrákem typu Friedinger) v období IV.-X. a se třemi až čtyřmi hloubkovými odběry v podélném profilu nádrže (Obr. 2.2-1). Pro získání reprezentativního vzorku produkční vrstvy vody jsou odebírány kromě hladinových vzorků také tzv. směsné (integrální) epilimnetické vzorky. Jedná se o vzorky získané pomocí čtyřmetrové trubice a slévané do větší nádoby. Takto získávané vzorky dávají podstatně robustnější výpověď o chování nádrže než vzorky z hladinové vrstvy, které podléhají okamžitým výkyvům podmínek (vítr, slunečno a vyplouvání vodního květu).



Obr. 2.2-1 VN Hracholusky – mapa profilů pravidelného (provozního) monitoringu Povodí Vltavy, státní podnik

2.2.2 Základní charakteristiky důležité pro hodnocení jakosti vody v nádrži

Kolísání hladiny probíhá periodicky s maximálním naplněním nádrže v květnu (Obr. 2.2-2). Další vývoj záleží na srážkovém režimu: při výrazných srážkoodtokových událostech hladina dosáhne krátkodobě ojedinělých maxim (transformační úloha nádrže), ve vodných letech (2010, 2011 a 2013) se vysoká kóta hladiny udrží po celé vegetační období, zatímco v suchých letech (např. 2015, 2017)

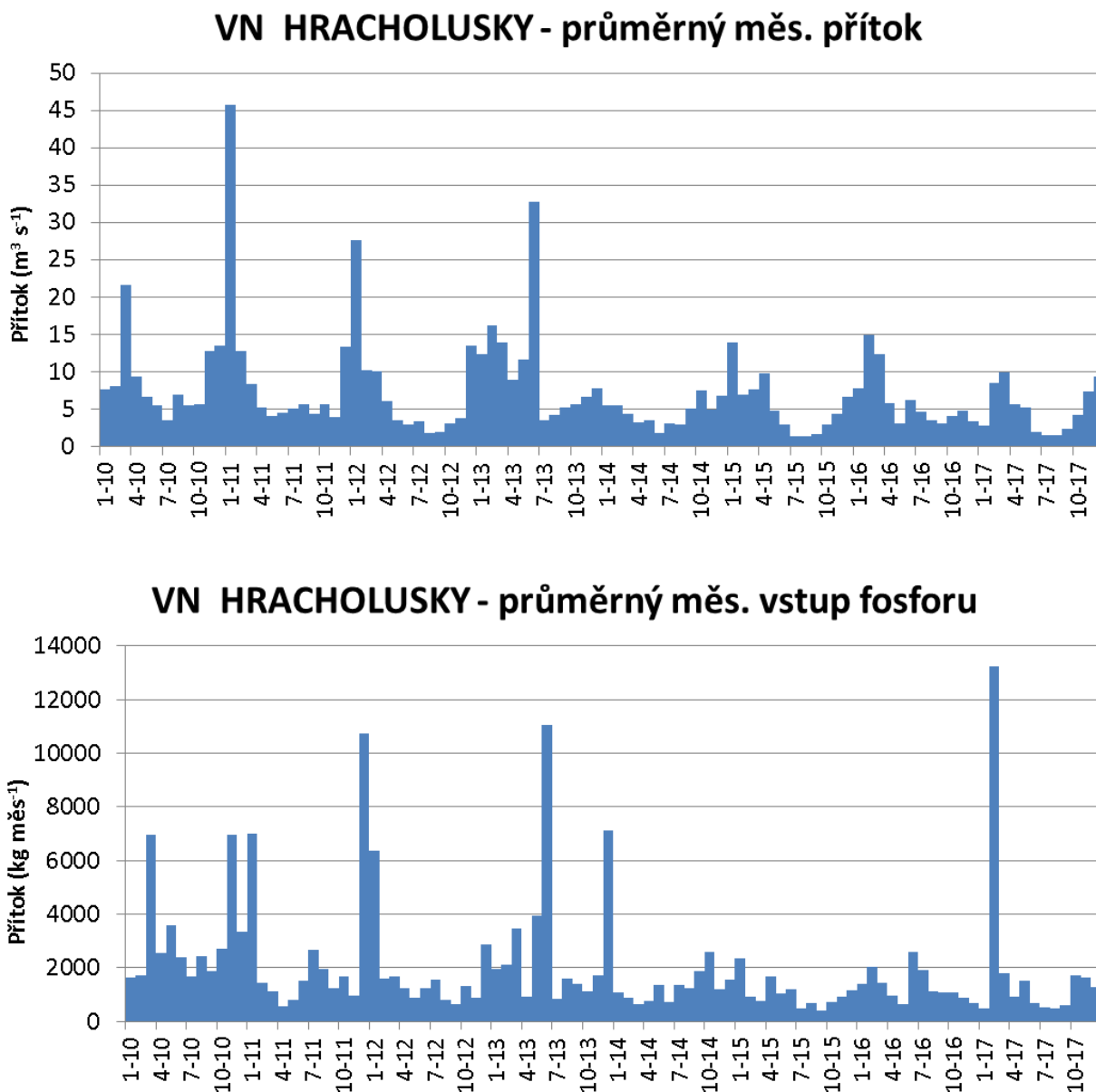
hladina zaklesává už během prázdninových měsíců vlivem povinnosti nadlepšovat průtoky v řece Mži pod nádrží. Voda z nádrže odtéká – kromě povodňových událostí či období oprav zařízení MVE – výhradně z blízkosti dna, kde je nátok na turbíny. Tento způsob vypouštění má spolu s režimem kolísání hladiny vliv na teplotní stratifikaci (soustavné vypouštění vody s nejnižší teplotou oslabuje vertikální teplotní gradient) a také na kyslíkové poměry a na ně vázané parametry.



Obr. 2.2-2 VN Hracholusky – fluktuace hladiny v letech 2010-2017, údaje v systému Balt po vyrovnání. Dle Povodí Vltavy, státní podnik

Grafy na Obr. 2.2-3 ukazují rozložení přítoku vody a přísunu sloučenin fosforu v jednotlivých měsících let 2010 - 2017. Tyto charakteristiky mají význam pro pochopení vývoje jakosti vody, tedy intenzity rozvoje fytoplanktonu, zejména sinic. Pro odezvu v úživnosti (trofii) nádrže mají zásadní význam vstupy fosforu v průběhu vegetačního období. Časně jarní přísun fosforu (s vysokými průtoky) určuje intenzitu rozvoje jarního vegetačního zákalu způsobeného rozsivkami, pozdější vstupy fosforu mohou být důležitým impulzem pro vývoj sinicového vodního květu. Zimní vysoké průtoky – s adekvátními přísunem fosforu – přímý vliv na úživnost nádrže nemají. Právě rozložením maximálních průtoků se liší vodné roky 2010 s maximem mimo vegetační sezónu a 2013 s maximem v červnu, kdy také došlo k obrovskému vstupu sloučenin fosforu.

Průměrný měsíční přísun fosforu je pro zimní měsíce (XI.-III.) obvykle kalkulován pouze na základě jednoho stanovení P_{celk} pro každý měsíc, zatímco v průběhu vegetační sezóny je k dispozici v souvislosti s intenzivnějším monitoringem kvůli VN Hracholusky více dat. To platí i o roce 2017, kdy obrovské maximum vstupu P v únoru je odvozeno z vysoké koncentrace P ($0,64 \text{ mg.l}^{-1}$) jednorázově zachycené při epizodicky zvýšeném průtoku s masívní přítomností nerozpuštěných látek (400 mg.l^{-1}). Přísun pro II. 2017 je tedy silně nadhodnocený. V období IV.-XII. 2017 už jsou pro každý měsíc k dispozici výsledky z 2 - 5 odběrů vzorků.



Obr. 2.2-3 VN Hracholusky – přítok vody a přísun P celkového v období 2010-2017

2.2.3 Trendy vývoje jakosti vody

Hodnocení dlouhodobých trendů vývoje jakosti vody je soustředěno na odběrový profil poblíž hráze vodního díla (profil Hráz). Jednak se jedná o tzv. reprezentativní profil vodního útvaru a jednak je zde k dispozici největší množství údajů.

V dlouhodobém trendu (Obr. 2.2-4) je vidět příznivý vývoj průměrných koncentrací P celkového (P_{celk}), které od 90. let klesaly do r. 2011, kde se zastavily na hranici blízké $0,020 \text{ mg.l}^{-1}$. Tato hranice je považována za jakousi „magickou“ hranici přelomovou pro rozvoj sinicových vodních květů. Z grafů na Obr. 2.2-5 je ale patrné, že maxima koncentrace P_{celk} pravidelně přesahují hodnotu $0,020 \text{ mg.l}^{-1}$

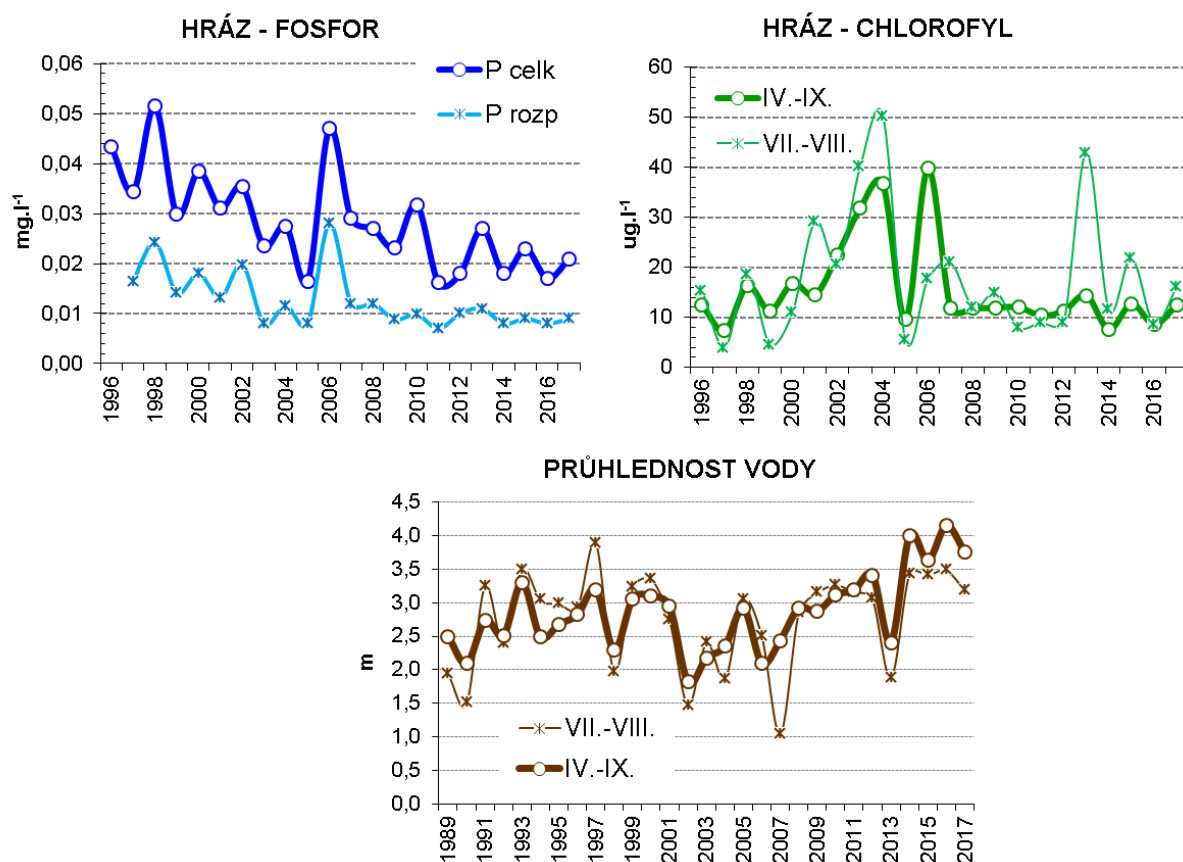
ve dvou obdobích. První období je na jaře jako důsledek silného vstupu P do nádrže hlavním přítokem – relativně teplejší voda přítoku protéká hladinovou vrstvou obvykle až ke hrázi, kam zanáší nejen živiny, ale také inokulum rozsivek. Tato živinová injekce je tedy zodpovědná (spolu s vývojem počasí) za jarní vrchol fytoplanktonu – jeho velikost a délku trvání. Druhé období zvýšených koncentrací P_{celk} v produkční vrstvě nádrže je zjišťováno ve druhé polovině léta a bývá pravidelně vyšší než maximum jarní. Toto maximum se týká zejména koncentrací rozpuštěných sloučenin fosforu – je to důsledek podzimní cirkulace vody v nádrži, kdy je vmíchán fosfor z dolní části vodního sloupce do celého objemu vody. V případě neobvykle slunečného podzimu se tohoto zdroje živin teoreticky mohou chopit některé druhy sinic, ale v případě VN Hracholusky se to nestává, jak dokládají grafy vývoje koncentrací biomasy fytoplanktonu vyjádřené jako chlorofyl a také stupeň vývoje vodního květu (Obr. 2.2-5).

Dlouhodobý vývoj koncentrací chlorofylu a (Obr. 2.2-4) částečně odráží koncentrace fosforu (např. povodňový vstup P v r. 2006 a 2013 nebo naopak minimální hodnoty obou parametrů v r. 2005, 2014 a 2016), ale částečně probíhal specificky, protože kromě dostupnosti fosforu na vývoj řas a sinic působí i další faktory (počasí, zooplankton, ale třeba i podmínky v době odběru). V profilu Hráz je zřejmé, že pokud nedojde k neobvyklému vstupu P v průběhu vegetační sezóny, je průměrná biomasa řas a sinic poměrně nízká ($\sim 10 \mu\text{g l}^{-1}$) a vodní květ dosahuje maxima v srpnu a září, kdy je hodnocen buď stupněm 2 („dobrý“) nebo 3 („vyhovující“). V posledních čtyřech suchých letech (2014 - 2017) dosáhl vodní květ stupně 3 pouze jednou, a to v srpnu 2015. Maximální biomasa fytoplanktonu vyjádřená jako koncentrace chlorofylu a se v posledních osmi letech pohybovala mezi 30-40 $\mu\text{g l}^{-1}$. V letech se silnějším přísunem vody a fosforu na jaře patřil tento vrchol rozsivkám (2010, 2012, bez negativních hygienických konotací, navíc mimo hlavní rekreační sezónu). V r. 2013 podpořilo růst fytoplanktonu vodné léto. V suchém r. 2015 byl vrchol růstu řas (sinice vodního květu nebyly významněji zaznamenány) zaznamenán v červenci po celé nádrži. Na tomto vrcholu se zcela dominantně podílely rozsivky rodu *Fragilaria*. Ty rychle vyčerpaly veškerou zásobu rozpuštěného Si (Obr. 2.2-6 a text dále), odsedimentovaly a nechaly volné pole ostatním skupinám fytoplanktonu, včetně sinic. Protože s sebou ale zároveň ke dnu vzaly většinu zásoby dostupného (i jen potenciálně) P, k dalšímu významnějšímu rozvoji řas ani sinic už nedošlo.

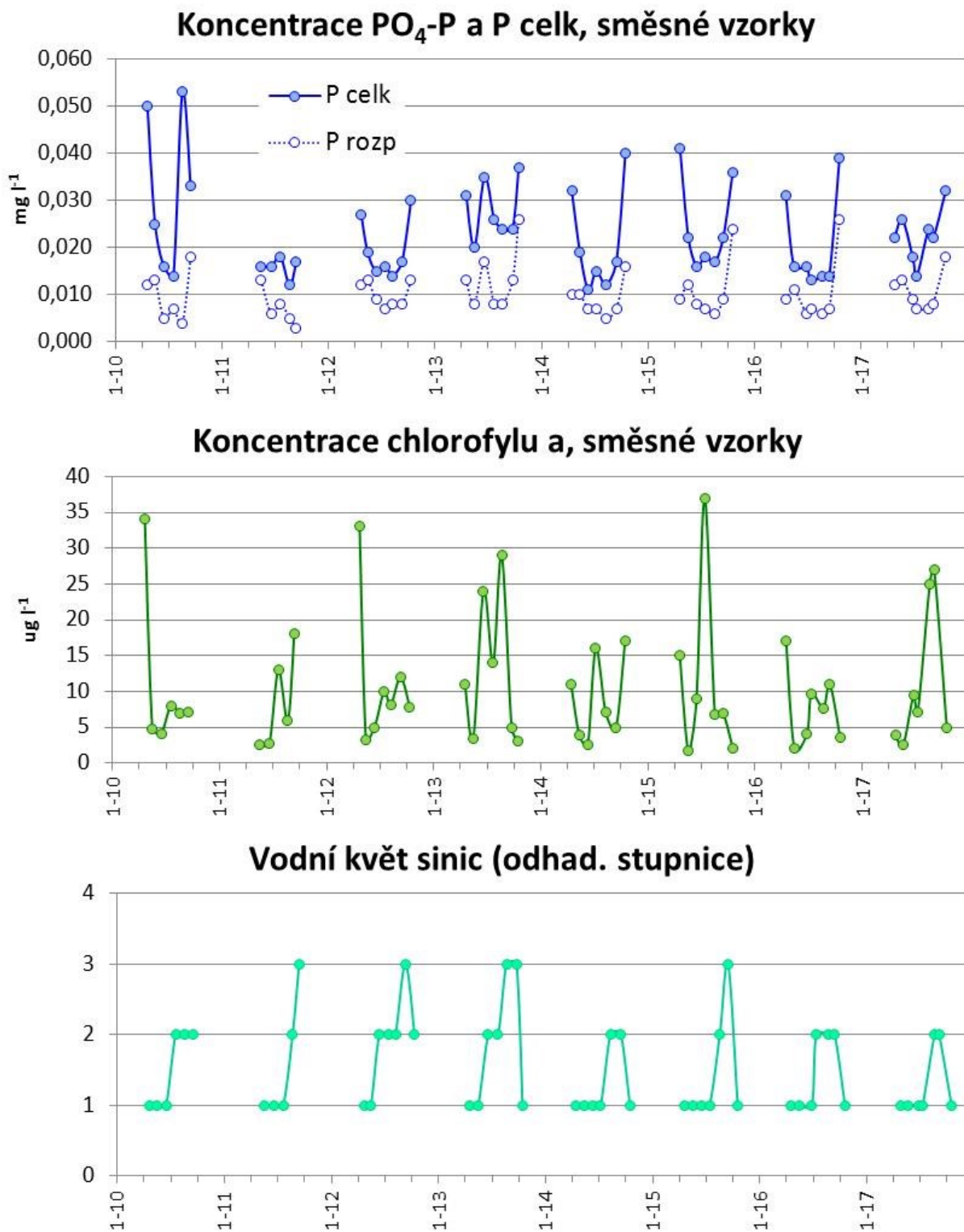
V souvislosti s vývojem fytoplanktonu je třeba upozornit na sezónní průběh koncentrací rozpuštěného křemíku (Obr. 2.2-6). V červenci, případně v srpnu dochází pravidelně k jeho vyčerpání růstem a následným odsedimentováním rozsivek. To znamená, že sinice, jejichž vývoj je rizikem každé vegetační sezóny, ztratily významného konkurenta v soutěži o dostupný fosfor a mají tak podmínky snazší. Z pohledu celkové situace tedy vidíme, že VN Hracholusky jsou sinicemi poměrně zranitelné, a tak zabránění jejich expanzi je možné pouze důsledným omezením dostupnosti fosforu.

Dlouhodobý vývoj průměrných hodnot průhlednosti vody je typický zřetelnými minimy ve vodných letech 2002, 2006 a 2013, rok 2010 s maximálními přítoky v zimě se poklesem průhlednosti v následující vegetační sezóně neprojevil. Nejvyšší hodnoty průhlednosti vody byly naměřeny v posledních čtyřech suchých letech (2014 - 2017). V těchto letech byl přísun fosforu velmi nízký a nemohl se projevit ani vliv povodňové vlny, která by dokázala posunout povrchové vrstvy směrem od přítoku ke hrázi.

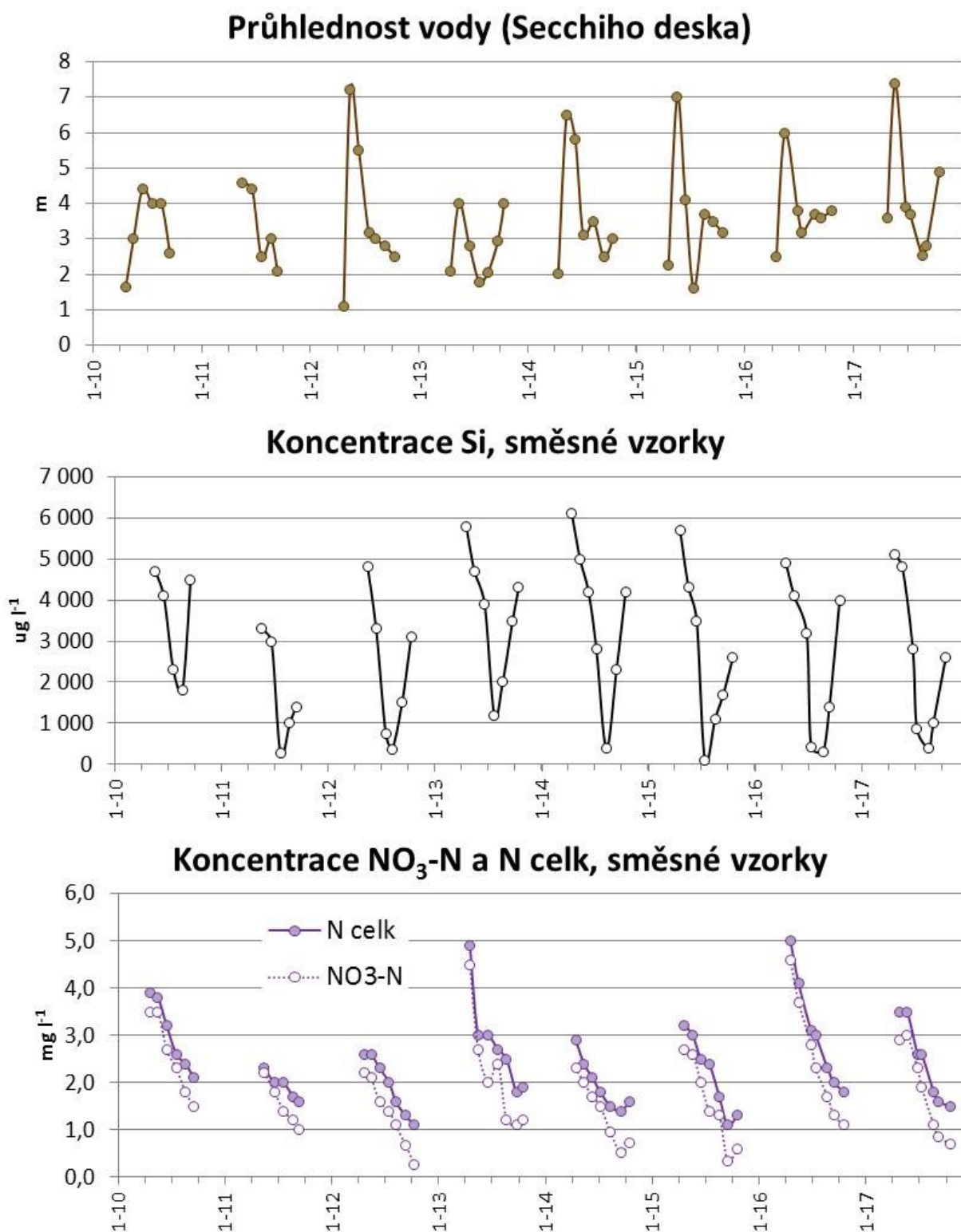
Koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ a N_{celk} jsou prezentovány v grafu na Obr. 2.2-6 zejména kvůli charakteristickému sezónnímu průběhu. Je vidět, jak $\text{NO}_3\text{-N}$ v průběhu sezóny mizí (spotřeba fytoplanktonem, sedimentace a denitrifikace) a zvyšuje se podíl N_{celk} (N v biomase organismů).



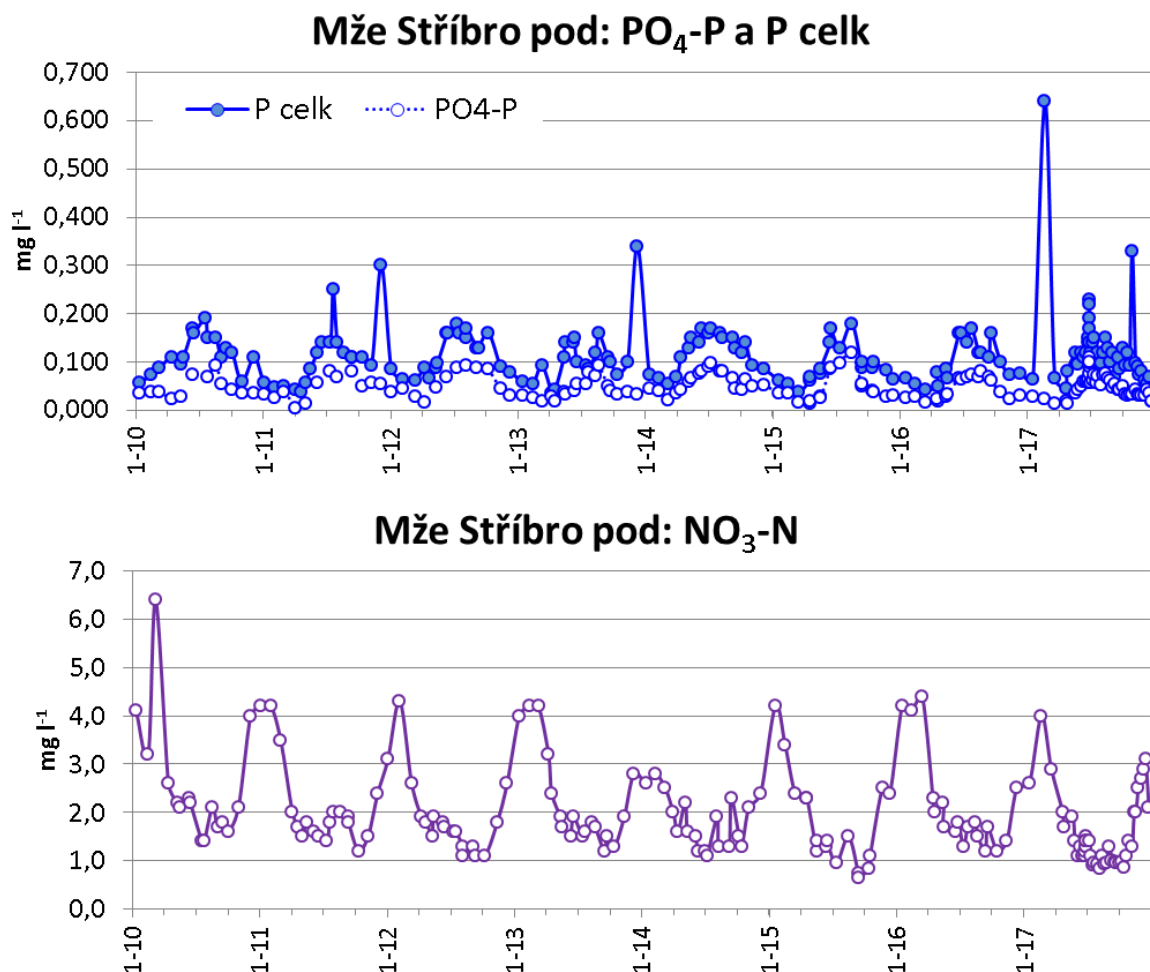
Obr. 2.2-4 VN Hracholusky – dlouhodobé trendy vývoje nejdůležitějších ukazatelů jakosti vody v profilu u hráze nádrže. Výsledky analýzy směsných epilimnetických vzorků. Průhlednost dle měření hrázného Secchiho deskou v týdenních intervalech. Data Povodí Vltavy, státní podnik.



Obr. 2.2-5 VN Hracholusky – vývoj vybraných parametrů jakosti vody v profilu Hráz. Data Povodí Vltavy, státní podnik.



Obr. 2.2-6 VN Hracholusky – vývoj vybraných parametrů jakosti vody v profilu Hráz. Data Povodí Vltavy, státní podnik



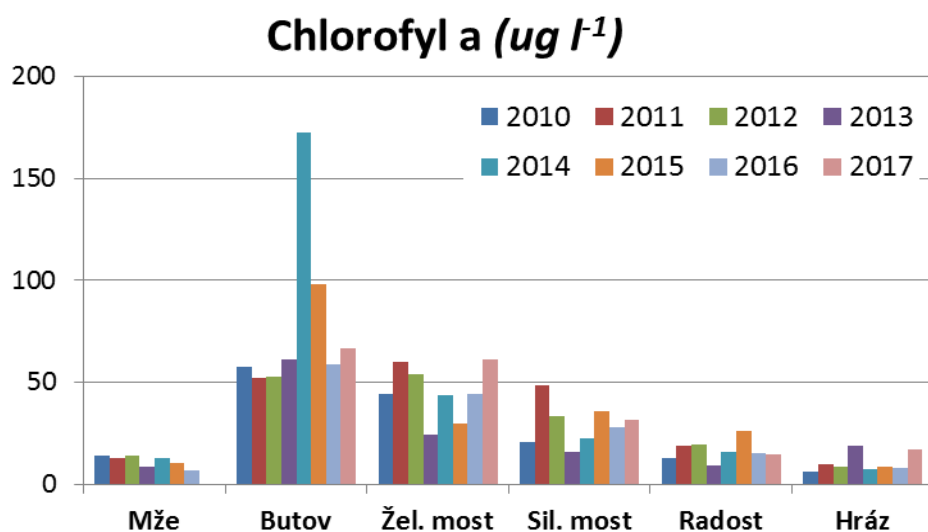
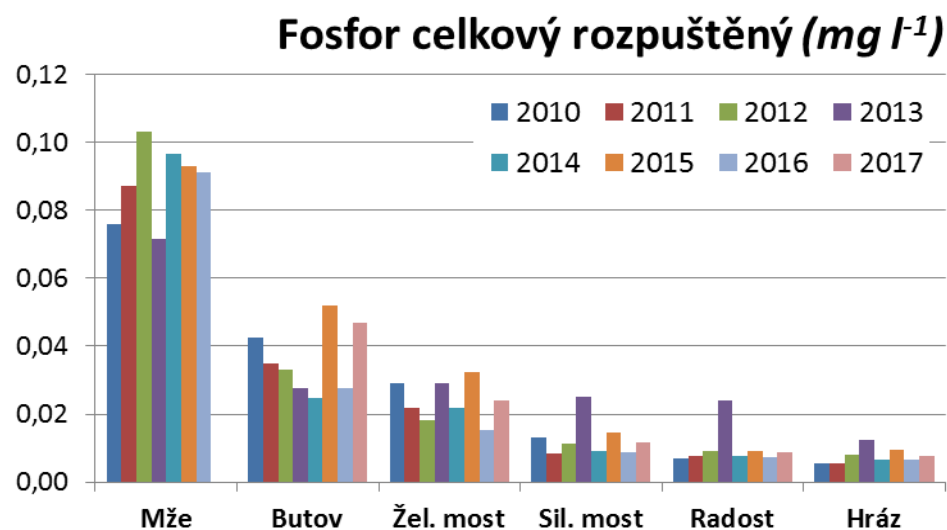
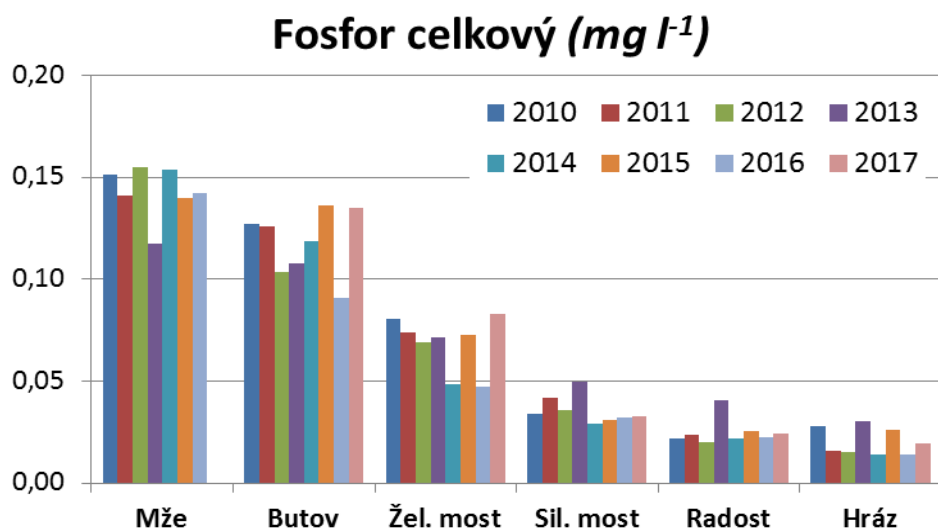
Obr. 2.2-7 VN Hracholusky, hlavní přítok – vývoj koncentrací živin. Data Povodí Vltavy, státní podnik

Pro porozumění chování VN Hracholusky je třeba věnovat se vývoji koncentrací sloučenin fosforu a také NO₃-N v přítékající vodě. V případě P_{celk} je vidět typické zvýšení koncentrací během vegetační sezóny, přičemž na jeho nárůstu se podílí především vzrůst obsahu PO₄-P, tedy eutrofizační nejrizikovější formy P. Ojedinelá maxima P_{celk} byla zachycena v souvislosti s přítomností erozního materiálu, což indikují nezvýšené koncentrace PO₄-P.

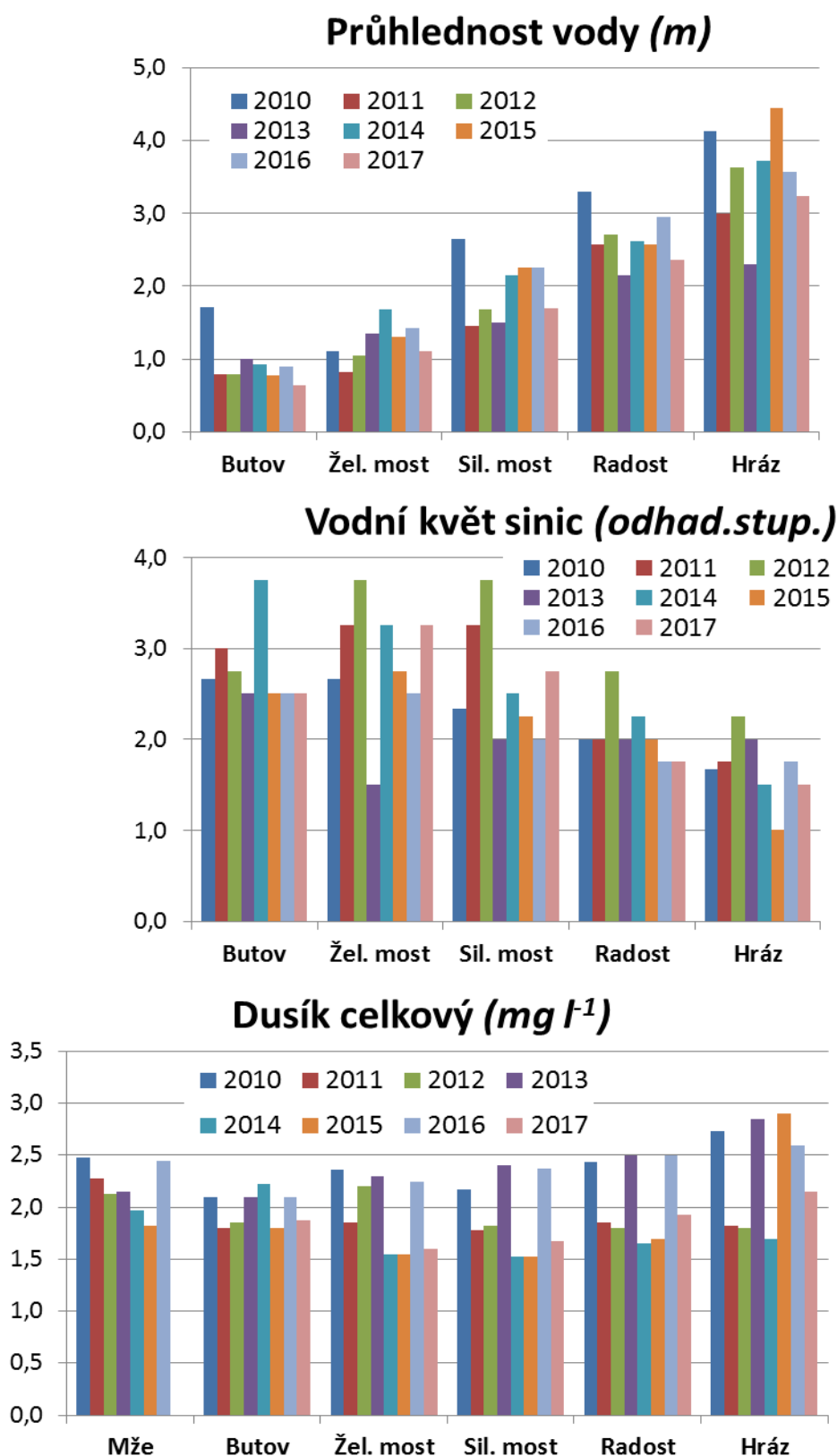
V případě NO₃-N jsou během letních měsíců zaznamenávány naopak koncentrace velmi nízké. To pak může vést k nedostatku NO₃-N v horních partiích nádrže u dna, kde se může za nedostatku kyslíku ze dna uvolnit fosfor vázaný v redox-labilních komplexech s Fe (hydroxioxydy Fe).

2.2.4 Vývoj podélného a hloubkového profilu VD Hracholusky

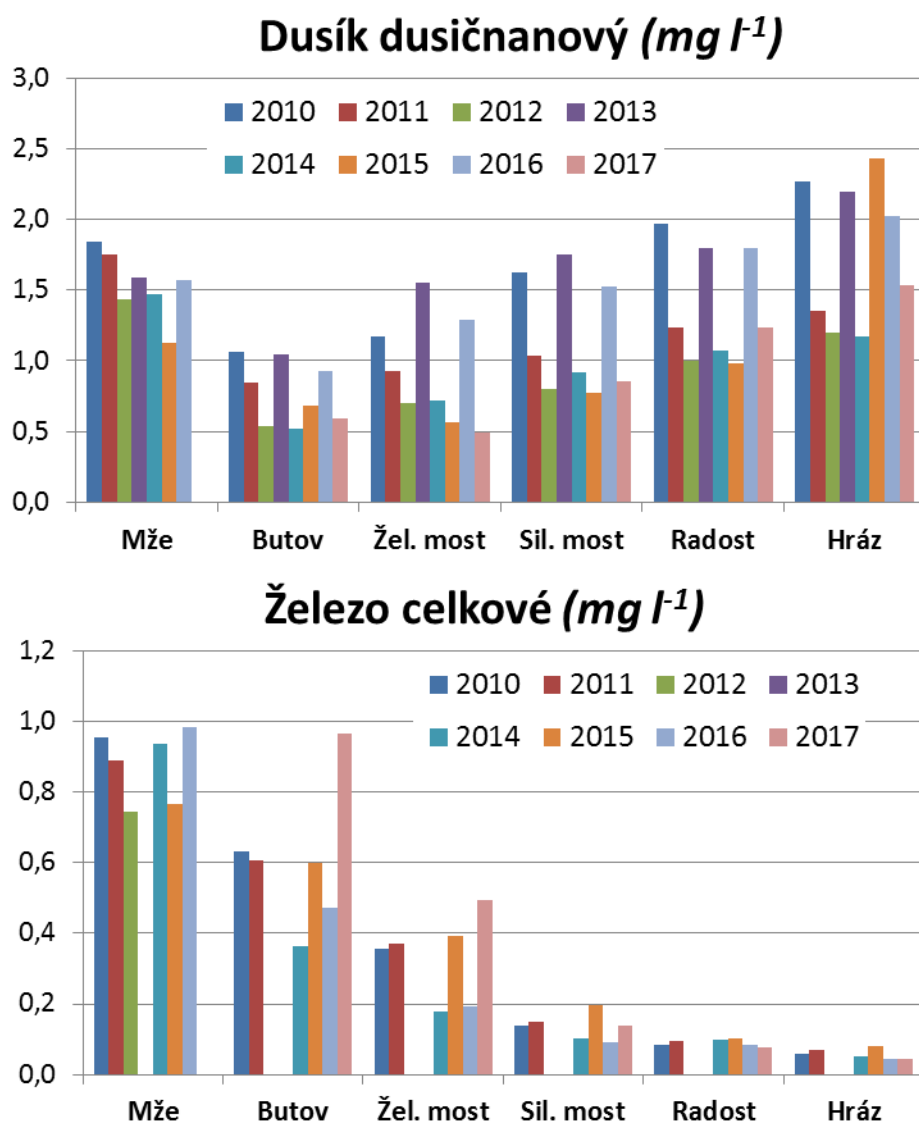
VN Hracholusky patří ke korytovitým nádržím protáhlého tvaru s výrazným podélným gradientem jakosti vody. Situace je pro období posledních osmi let (2010 - 2017) ilustrována grafy na Obr. 2.2-8 až Obr. 2.2-11.



Obr. 2.2-8 VN Hracholusky – podélný profil průměrných koncentrací sloučenin fosforu a biomasy fytoplanktonu (chlorofyl a). Směsné vzorky, průměrné koncentrace za období VI.-IX.



Obr. 2.2-9 VN Hracholusky – podélný profil průměrných hodnot průhlednosti vody, přítomnosti vodního květu sinic a koncentrací N_{celk} . Pro N_{celk} : Směsné vzorky, průměrné koncentrace za období VI.-IX.

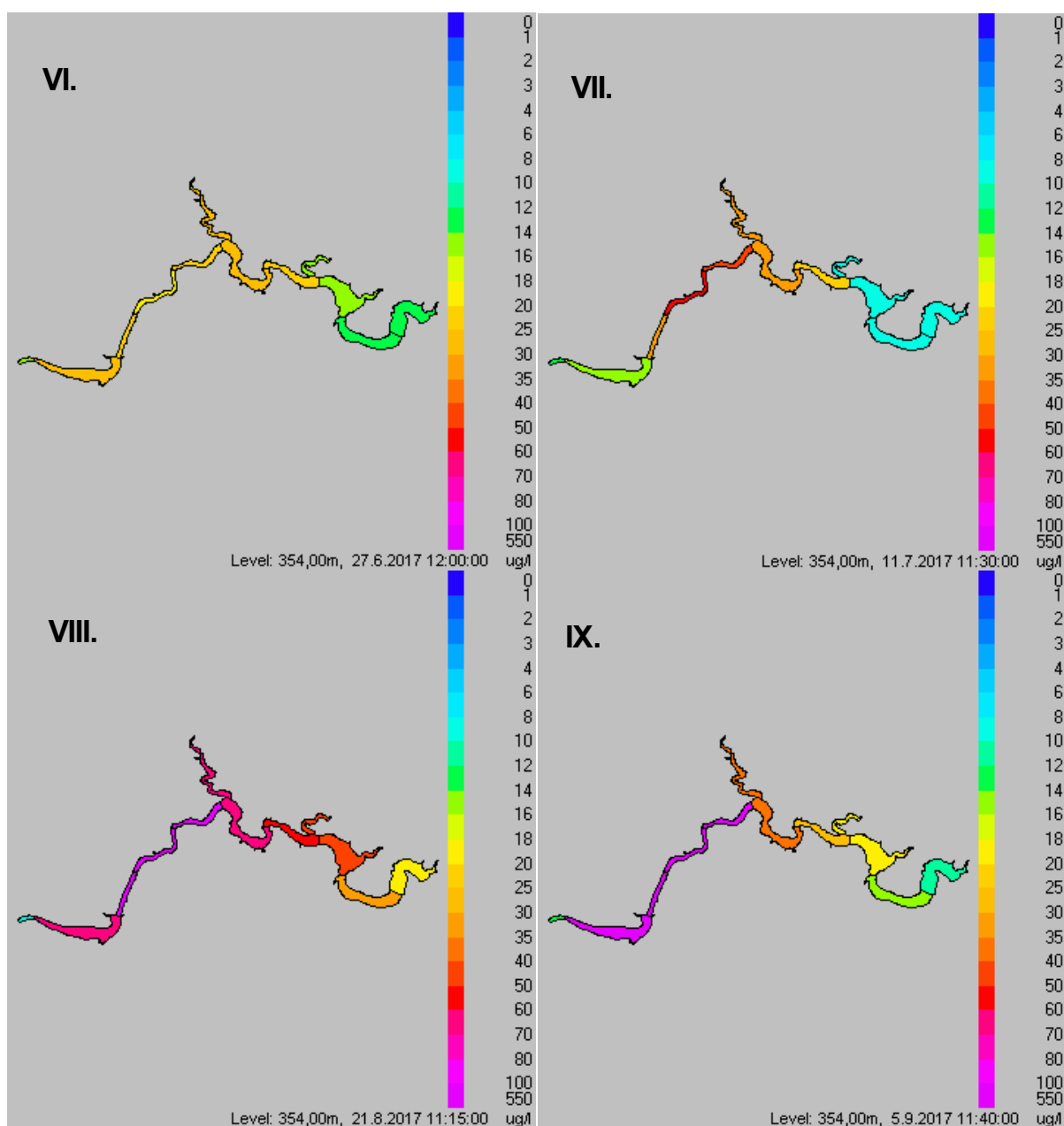


Obr. 2.2-10 VN Hracholusky – podélný profil průměrných koncentrací NO_3-N a celkového Fe. Směsné vzorky, průměrné koncentrace za období VI.-IX.

Ve vodném roce 2013 jsou dobře vidět zvýšené koncentrace sloučenin fosforu v dolní části nádrže, kde ale byla změřena zároveň snížená průhlednost vody a v profilu Hráz i zvýšený obsah chlorofylu a. Naopak v horní části nádrže byly zvýšené koncentrace sloučenin fosforu, a tedy i nejvyšší biomasa fytoplanktonu zjištěna v letech suchých.

Intenzita rozvoje fytoplanktonu v podélném profilu VN Hracholusky (Obr. 2.2-11) jednoznačně ukazuje na příčinu eutrofie, tedy na hlavní přítok, Mži. Z obrázku je zároveň zřejmé, jak se bude pravděpodobně vyvíjet zlepšování poměrů v nádrži: úsek s nízkou biomasou fytoplanktonu se bude rozšiřovat od hráze nahoru po nádrži a ve středních partiích zůstane voda atraktivní pro rekreační využití déle, v důsledku celou koupací sezónu. Situace v horní části nádrže se pravděpodobně bude vyvíjet méně příznivě.

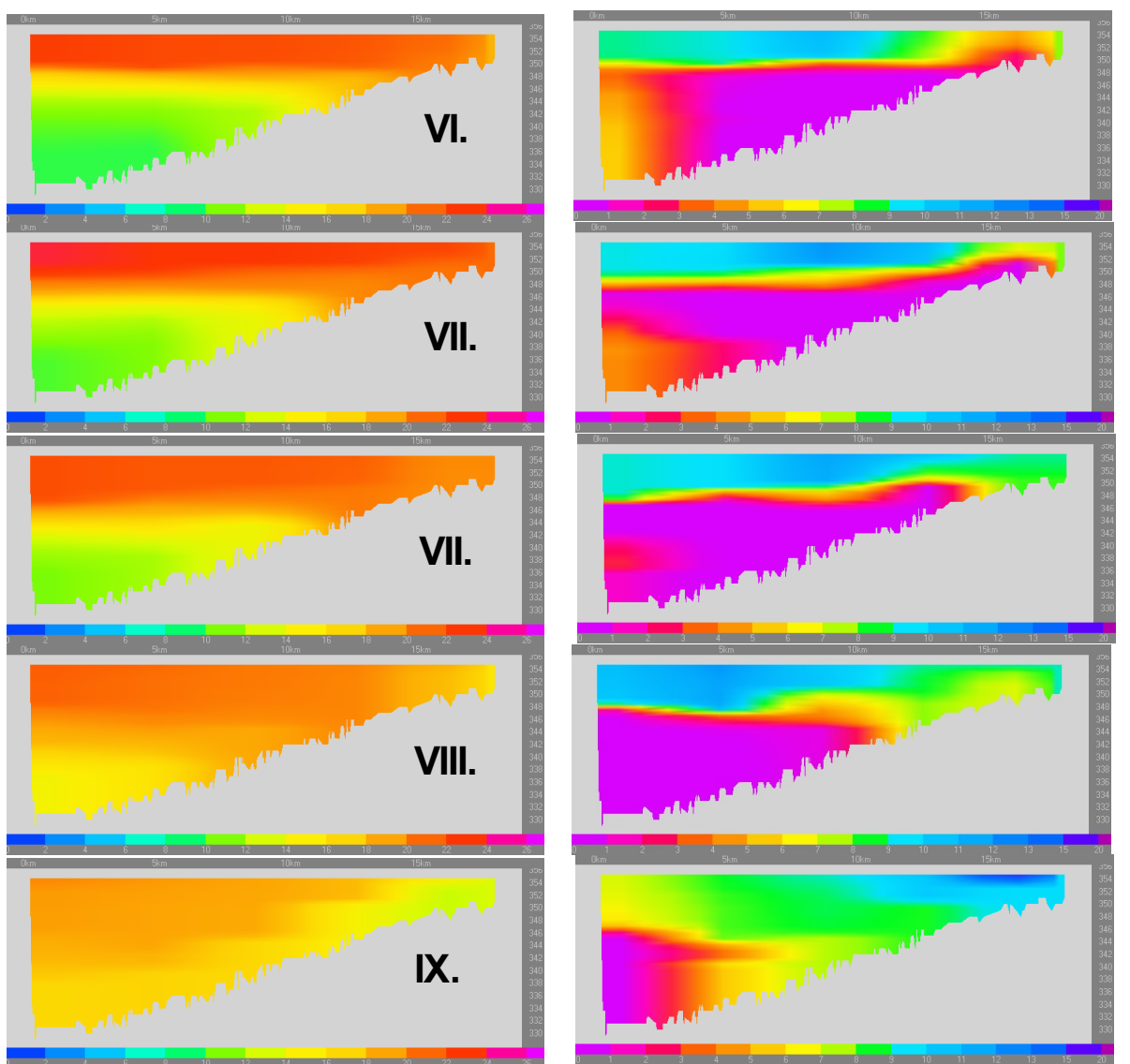
CHLOROFYL a ($\mu\text{g l}^{-1}$)



Obr. 2.2-11 VN Hracholusky – podélný profil biomasy fytoplanktonu v suchém roce 2017

TEPLOTA VODY (°C)

ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK (mg l⁻¹)

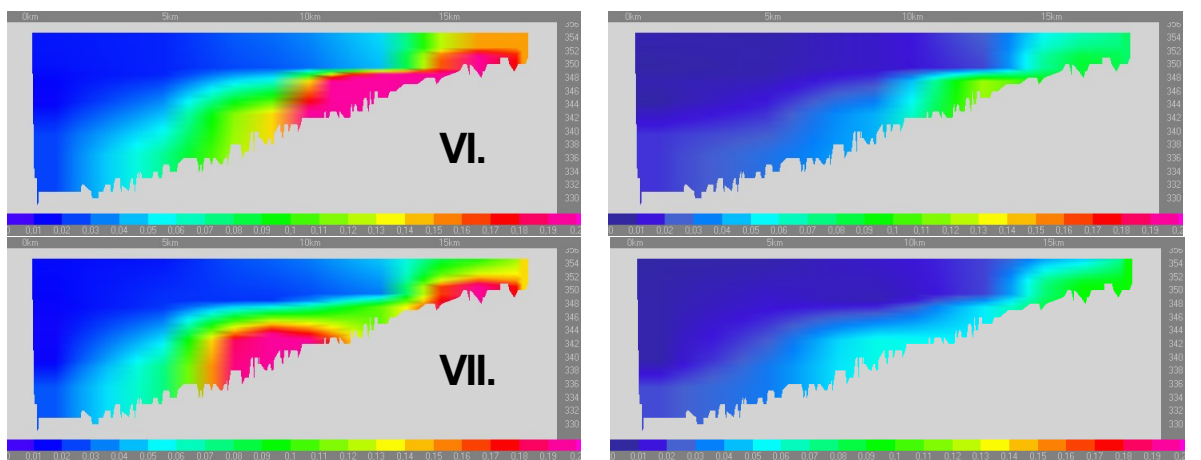


Obr. 2.2-12 VN Hracholusky – vývoj teplotní stratifikace kyslíkového režimu v hlubkovém profilu v suchém roce 2017

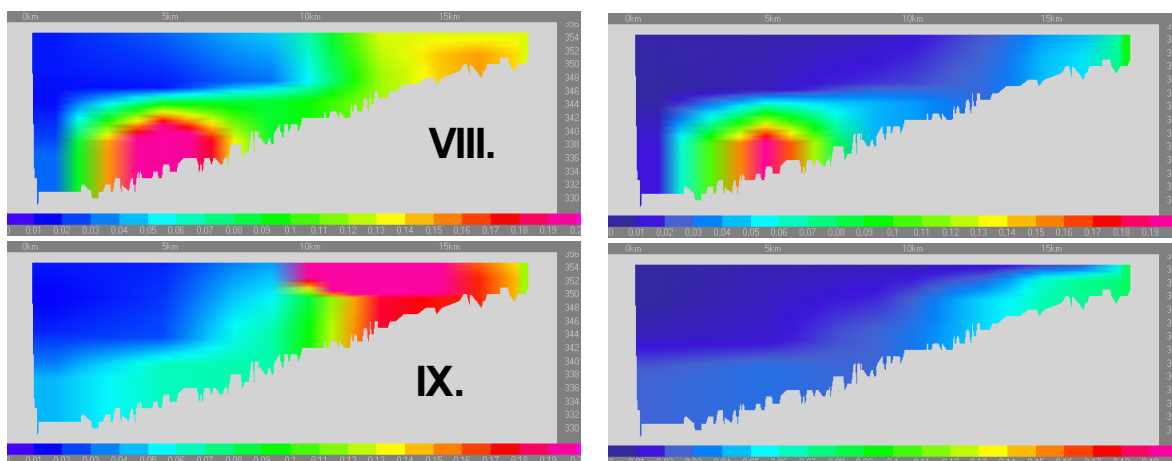
VN Hracholusky je v první polovině léta stabilně teplotně stratifikovaná (Obr. 2.2-12), ale s vypouštěním chladné hypolimnetické vody se postupně teplotní gradient zmírňuje. Kyslíkový režim je založen na rychlém šíření anoxických podmínek z horní třetiny nádrže směrem ke hrázi. K obnovení oxických poměrů obvykle dochází tak, že vypuštěná voda bez kyslíku je koncem léta nahrazována relativně chladnou a kyslíkem bohatou vodou přítoku, která se zasouvá ke dnu.

FOSFOR CELKOVÝ ($mg\ l^{-1}$)

FOSFOR ROZPUŠTĚNÝ (mg)



VII.

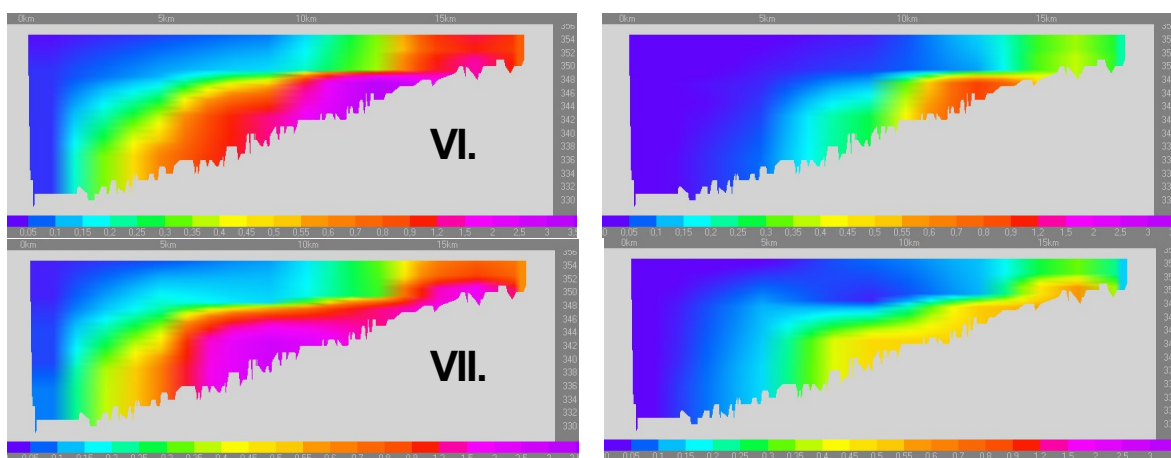


Obr. 2.2-13 VN Hracholusky – vývoj koncentrací celkového a celkového rozpuštěného fosforu v hloubkovém profilu v suchém roce 2017

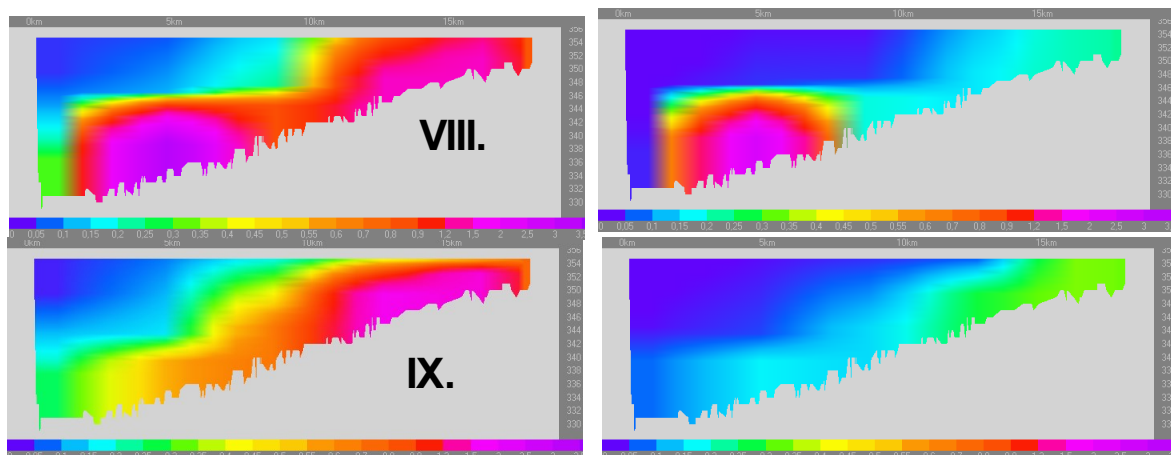
Poměrně vysoké koncentrace fosforu jsou soustředěny do horní části nádrže (Obr. 2.2-13), kam je fosfor přinášěn přitékající vodou. Situace je komplikována fosforem v jemných sedimentujících částicích, které jsou zachyceny ve vzorcích z dolní části vodního sloupce. Vývoj koncentrací P rozpuštěného ukazuje, že tato riziková forma fosforu přichází do nádrže primárně přítokem, s jehož vodou se může dostávat dále do nádrže. Zároveň je vidět, že u dna se objevují zvýšené koncentrace P rozpuštěného, který se zřejmě částečně uvolňuje ze sedimentujících částic, ale částečně se zřejmě jedná o redox-labilní P uvolněný přímo ze sedimentů za nedostatku dusičnanových iontů (Obr. 2.2-15), které slouží jako oxidoredukční pufr.

ŽELEZO CELKOVÉ (mg l⁻¹)

ŽELEZO ROZPUŠTĚNÉ (mg l⁻¹)

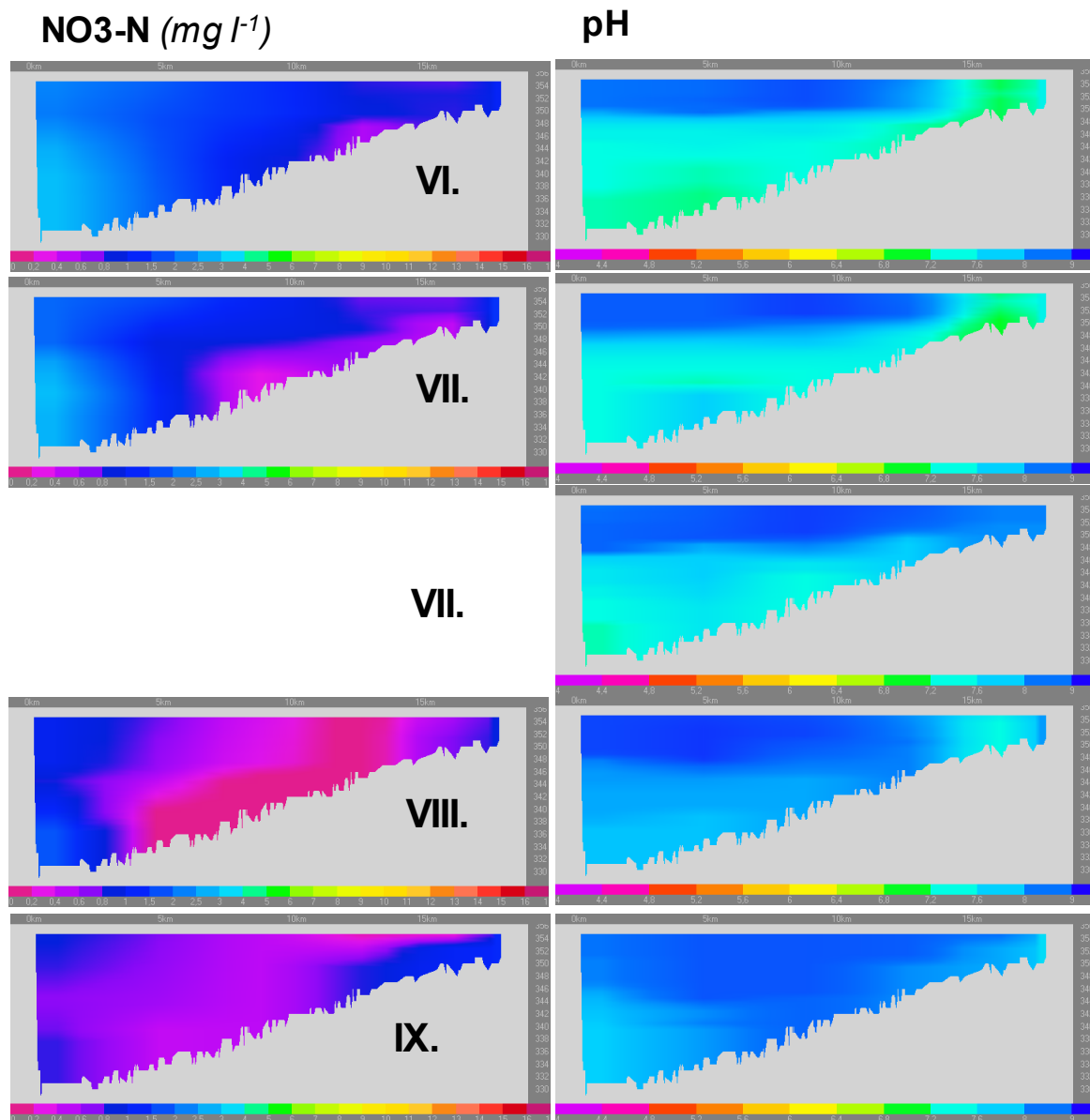


VII.



Obr. 2.2-14 VN Hracholusky – vývoj koncentrací celkového a rozpuštěného železa v hloubkovém profilu v suchém roce 2017

Koncentrace Fe (Obr. 2.2-14) jsou řízeny v zásadě stejnými faktory jako sloučeniny P. Do nádrže se dostávají z přítoku, a to především vázané na partikule. V nádrži pak za nedostatku kyslíku a dusičnanových iontů podléhají dalším procesům vedoucím k uvolňování redukováných forem Fe do vodního sloupce.



Obr. 2.2-15 VN Hracholusky – vývoj koncentrací dusičnanového dusíku a hodnot pH v hloubkovém profilu v suchém roce 2017

V suchém roce, kdy jsou koncentrace NO₃-N v přítékající vodě velmi nízké, dochází pravidelně k vyčerpání NO₃-N jak spotřebou fytoplanktonu (přechod do podoby N organicky vázaného, zde zahrnuto v N_{celk}), tak denitrifikací v anoxických podmínkách. V září je vidět, jak přítékající voda má silnou tendenci zasouvat se ke dnu, kam přináší novou zásobu dusičnanů.

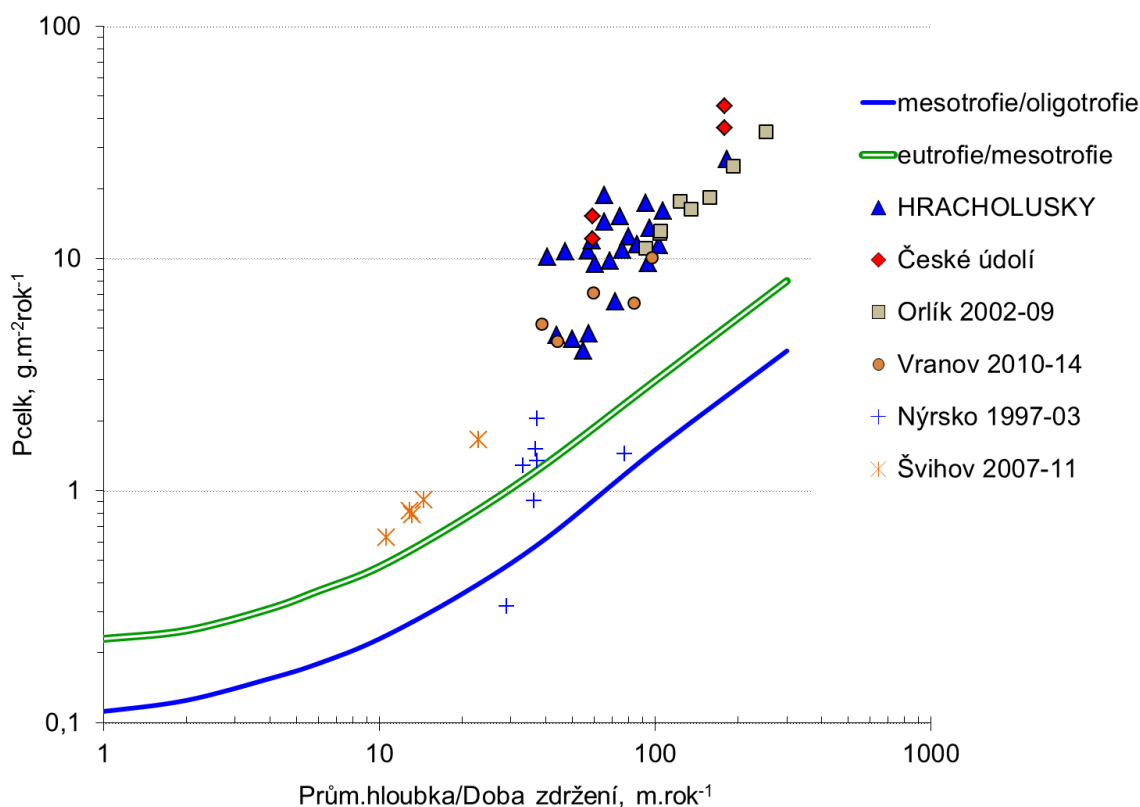
Hodnota pH se vyvíjí v závislosti na procesech fotosyntézy (pH se zvyšuje) a bakteriálního rozkladu (pH se snižuje).

2.2.5 Určení cílových hodnot úrovně trofie v nádrži

Určit exaktně cílové hodnoty úrovně trofie v nádrži s výrazným podélným gradientem jakosti vody, která navíc reaguje na změny přísunu fosforu se zvýšenými průtoky, je velmi obtížné. Situace je zde navíc komplikována ještě rizikem epizodického vstupu eutrofizačních, velmi rizikových forem fosforu s nezvládnutými srážkoodtokovými událostmi ve městech a obcích v povodí. Za riziko můžeme považovat také sloučeniny fosforu uložené v sedimentech horní části nádrže, které mohou být aktivovány především třemi mechanismy: (i) snížením oxidoredukčního potenciálu s paralelním vyčerpáním dusičnanových iontů, (ii) mechanismy desorpce při snížení koncentrace rozpuštěných sloučenin fosforu ve vodním sloupci nad sedimentem (zejména při snížené hladině a zvýšené teplotě vody) a (iii) v obdobích zaklesnuté hladiny a vysokých hodnot pH (kolem 10), kdy hydroxylové ionty mohou nahrazovat fosforečnanové ionty v některých komplexech. Všem těmto rizikům je třeba věnovat pozornost.

Základním přístupem, který lze pro odhad vývoje trofie ve vodní nádrži použít, je tzv. Vollenweiderův diagram, který využívá závislosti mezi specifickým přísunem P celkového do nádrže (v $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) a hydromorfologickými charakteristikami této nádrže (podíl průměrné hloubky a teoretické doby zdržení vody, tedy průtočnosti).

VN HRACHOLUSKY: VOLLENWEIDERŮV DIAGRAM

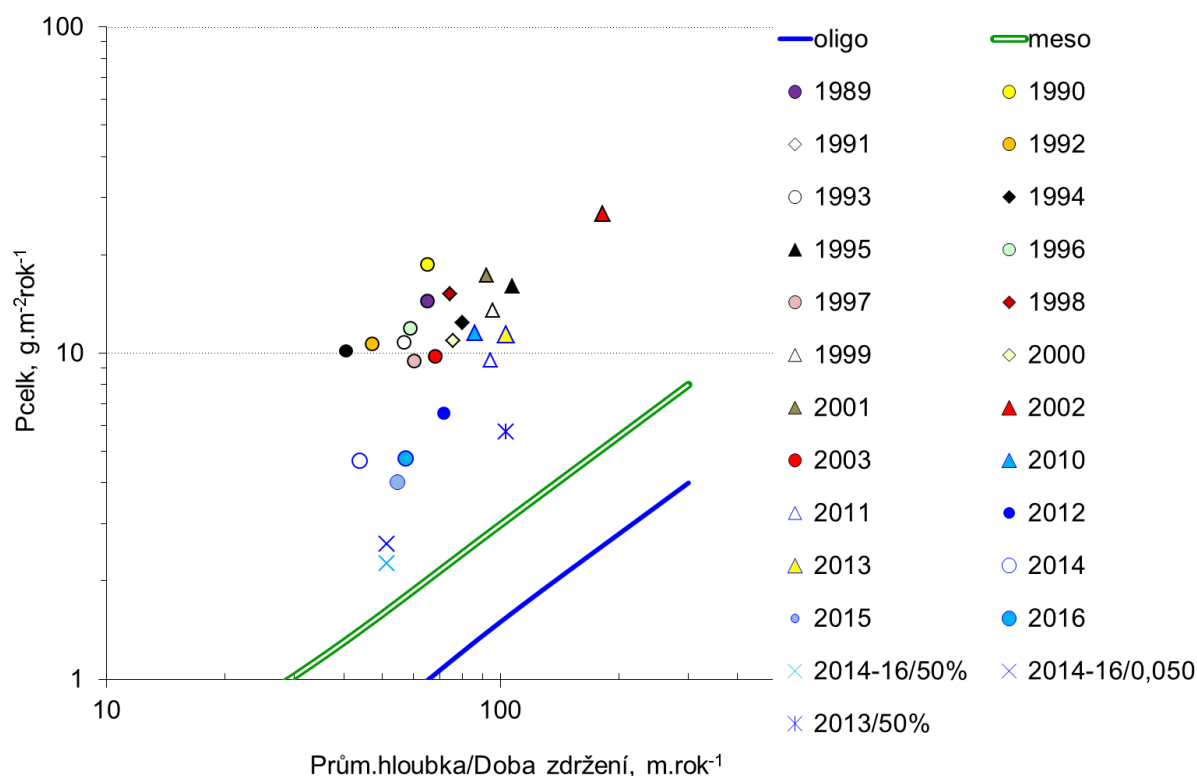


Obr. 2.2-16 Vollenweiderův diagram – porovnání poměrů ve VN Hracholusky s poměry na některých dalších vodních nádržích

V grafu na Obr. 2.2-16 je porovnávána situace VN Hracholusky s dalšími nádržemi. Orlík a České údolí jsou v méně příznivé situaci, VN Vranov je na tom velmi obdobně. Zajímavé je znázornění stavu VN Nýrsko, kterou můžeme považovat za až oligotrofní (průhlednost vody 6 - 10 m), s dobrým kyslíkovým režimem, navíc bez rizikových usazenin a s minimální možností epizodických vstupů rizikových sloučenin P. Rovněž příznivá je situace VN Švihov na Želivce, která se ovšem vyznačuje velmi dlouhou dobou zdržení vody (cca 1,5 roku), a tedy zvýšenou odolností proti eutrofizaci a jejím projevům.

Z grafu je zřejmé, že VN Hracholusky aktuálně patří do skupiny eutrofních nádrží se sinicovými vodními květy a že jediná cesta ke zlepšení poměrů je docílit, aby se body posunuly co nejdříve ke hranici mezi eutrofií a mesotrofií (zelená čára), kde se nacházejí body znázorňující VN Nýrsko. Z grafu je také zřejmé, že tohoto cíle lze dosáhnout jedině výrazným snížením zatížení fosforem, tedy snížením koncentrací této živiny v přítocích do nádrže.

VN HRACHOLUSKY: VOLLENWEIDERŮV DIAGRAM



Obr. 2.2-17 Vollenweiderův diagram – detailní znázornění poměrů ve VN Hracholusky a možnosti řešení. Modré značky – období 2010-2016; trojúhelníky – vodné roky; kroužky – suché roky. 2014-16/50% - průměrné podmínky za 4 poslední suché roky, ale se sníženým vstupem P o 50%. 2014-16/0,050 – průměrné podmínky za poslední čtyři suché roky a průměrná koncentrace P_{celk} 0,050 mg l⁻¹. 2013/50% - vodnost roku 2013, ale při sníženém vstupu o 50%

V diagramu na Obr. 2.2-17 je vidět vývoj situace ve VN Hracholusky. Rok 2017 nebyl do grafu zahrnut, protože výpočet celoročního přísunu P byl zatížen výrazně nadhodnoceným vstupem P v únoru 2017. Je velmi zřetelné, jak se snížilo zatížení nádrže fosforem po postupném poklesu koncentrací sloučenin fosforu ve Mži, hlavním přítoku. Z pohledu prizmatem Vollenweiderova diagramu je zřejmé,

že poslední tři (a s vysokou pravděpodobností čtyři) suché roky (2014 - 2016) vypadá situace nejpříznivěji. To odpovídá také výsledkům zjištěným monitoringem nádrže: vysoká průhlednost vody, nízké koncentrace sloučenin fosforu a umírněný rozvoj fytoplanktonu.

Propočtem byla zjišťována modelová situace, (i) kdyby došlo ke snížení koncentrací P na polovinu a (ii) kdyby byla průměrná koncentrace P na přítoku v úrovni 0,050 po celý rok. Byla zpracována varianta pro suché roky a pro rok s vodností r. 2013.

Obecně lze v této fázi studie uzavřít, že dosáhnout výrazného zlepšení, tedy snížení trofické hladiny VN Hracholusky je možné, protože prostor pro snižování koncentrací sloučenin P v přítékající vodě stále je. Další diskusi je třeba provést po vyhodnocení dat ze srážkoodtokových událostí v povodí nádrže.

Při hodnocení vývoje sinicových vodních květů je zajímavá situace v největších zátokách, které ve VN Hracholusky přiléhají k ústím největších z vedlejších přítoků. Především se jedná o zátoku Úterského potoka, kde je při leteckém snímkování jasně patrný podélný gradient rozvoje vodního květu (Obr. 2.2-18). K bližší diskusi nejsou k dispozici data, protože tato zátoka nebyla nikdy monitorována. Lze tak pouze konstatovat, že toto ohnisko sinicového květu není z pohledu celé VN Hracholusky významné. Důležité je ale lokálně pro rekreační využití právě této zátoky.

Pro hodnocení příčin není k dispozici dostatek dat. Lze říci, že (i) nelze vyloučit negativní vliv vstupu fosforu z obce Čerňovice, ačkoli koncentrace fosforu zjištěné screeningem v r. 2017 v bezejmenném vodním toku od této obce nebyly vysoké ($P_{\text{celk}} = 0,10$ a $0,071 \text{ mg.l}^{-1}$) a průtok vody byl minimální ($1,0$ a $0,2 \text{ l.s}^{-1}$). Možný je ale epizodický vstup fosforu za deště. (ii) Nejpravděpodobnější příčinou se zdá být vstup P Úterským potokem, čemuž nasvědčuje i lokalizace sinicových povlaků. Koncentrace P ve vodě Úterského potoka byly sice zjištěny nízké, ale s maximy v letních měsících ($0,065$ - $0,095 \text{ mg.l}^{-1}$), kdy dosahuje podíl $\text{PO}_4 \text{ P}$ téměř 50 % všeho P. Z pohledu zátoky tedy jistý eutrofizační potenciál můžeme nalézt. Vyloučit nelze ani vliv epizodických vstupů znečištění ze sídel v povodí.

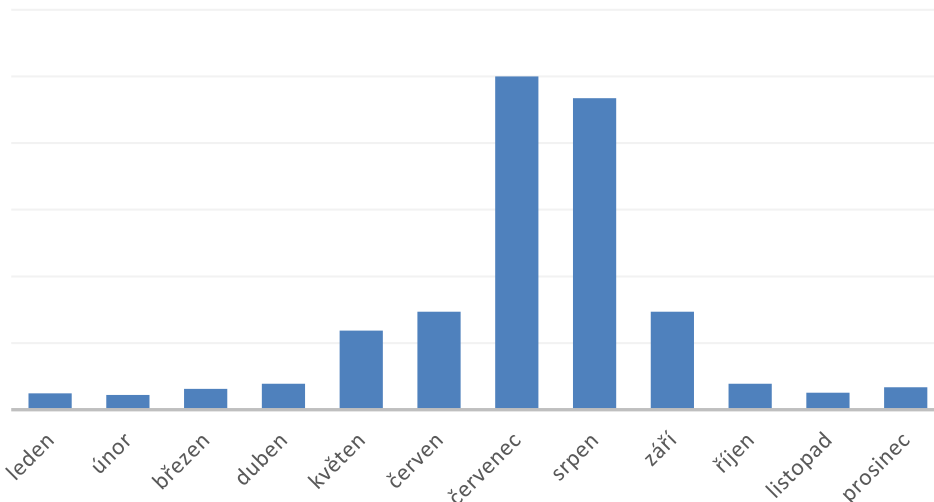


Obr. 2.2-18 VN Hracholusky, zátoka Úterského p., září 2015. Zřetelný povlak sinicového vodního květu

2.2.6 Vyhodnocení hromadné a individuální rekreace na VD Hracholusky

Jak již bylo vyčísleno, rekreační oblast v okolí nádrže Hracholusky má přibližnou kapacitu 8900 osob. Nejedná se o typickou zástavbu, proto i vyhodnocení zdrojů znečištění hromadné a individuální rekreace je složitější. Objekty nejsou vytíženy stejně v průběhu celého roku. V zimních měsících je obsazenost na minimu, v oblasti se nachází jen pár objektů obývaných celoročně. Naopak v letních měsících je kapacita v podstatě naplněna. Výrazný rozdíl je v naplnění také v průběhu týdne. Velká část objektů slouží k víkendové rekreaci, proto zpracování dat bylo složité a ke každému měsíci se přistupovalo individuálně. Rozložení využití objektů k rekreaci v průběhu roku je uvedeno na následujícím obrázku.

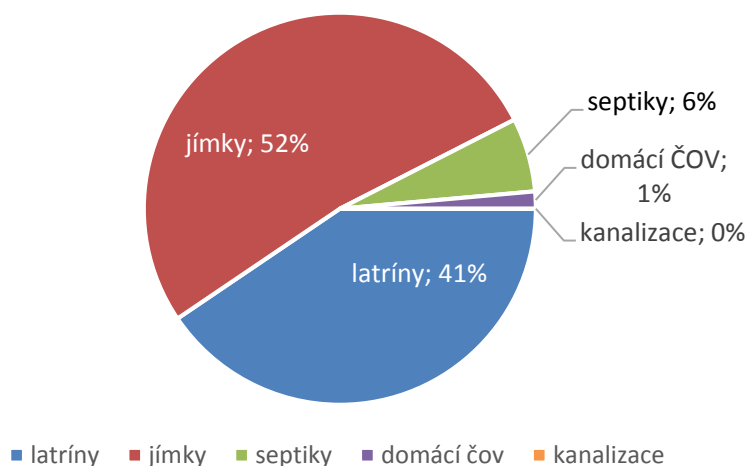
Rozložení využití rekreačních objektů v průběhu roku



Obr. 2.2-19 Rozložení využití rekreačních objektů v průběhu roku

Co se týká odpadních vod, jakožto původce znečištění, tak jejich zpracování a likvidace je také individuální. Prakticky v žádné z částí řešené oblasti, kde se nachází objekty k rekreaci, není zavedena kanalizace. Výjimku tvoří část Radost, která částečně odkanalizovaná je, ale má nefunkční ČOV. Proto čištění odpadních vod v celé oblasti musí být řešeno individuálně. Nadpoloviční část objektů disponuje bezodtokými jímkami, které by měly být pravidelně vyváženy a odpadní vody likvidována na ČOV. Těžce přístupné rekreační objekty jsou vybaveny latrínami nebo septiky. V několika případech, u novějších staveb, jsou vystavěny domácí čistírny odpadních vod. Podíl jednotlivých způsobů likvidace odpadních vod je zobrazen na následujícím obrázku.

Podíl jednotlivých způsobů likvidace odpadních vod



Obr. 2.2-20 Podíl jednotlivých způsobů likvidace odpadních vod

Jelikož objekty individuální rekreace se nachází v bezprostřední blízkosti vodní nádrže a jejich množství je vysoké, podíl na eutrofizace vod tímto zdrojem není zanedbatelný. V plné sezóně o víkendu může narůst počet dočasných obyvatel v blízkosti nádrže o více než 8000, což odpovídá městu většímu než je Stříbro, ale s tím rozdílem, že čištění odpadních vod je nedostačující. I když nejsou známy případy přímého vypouštění odpadních vod do nádrže, k průsakům a následné eutrofizaci nádrže dochází.

Bezodtoké jímky by měly být zcela vyváženy fekálními vozy na blízké ČOV. Nejvíce OV je vyváženo na ČOV Stříbro a ČOV Tlučná (mimo řešenou oblast). U těchto jímek by neměly být žádné úniky a průsaky (ČSN 75 6081), ale často se stává, že jímky mají nelegální přepady, což bylo ve vyčíslování také zohledněno.

Odpadní vody z latrín nejsou uživateli rekreačních objektů nijak likvidovány, obsah latriny je maximálně občas povápněn z důvodu rychlejšího biologického rozkladu, a vsakují se volně do okolní půdy. Průchodnost znečištění horninovým prostředím záleží na jeho zrnitosti, nasycení půdním roztokem, humóznosti půdy a mnoha dalších faktorech. Obecně lze říci, že bakteriologické znečištění je po průchodu 100 m horninového prostředí zcela eliminováno.

Septiky jsou převážně u objektů, které jsou využívány spíše méně, takže nedochází pravidelně k naplnění septiků a následnému vsaku přepadem či trativodem do okolí. Urychlení rozkladu pevných částí v septiku by mělo být podpořeno přidáváním bakterií a enzymů.

Domácí čistírny odpadních vod mají vyšší účinnost než septiky, ale hodí se především pro celoročně osídlené objekty, správně fungující čistírna produkuje čistou vodu bez zápachu.

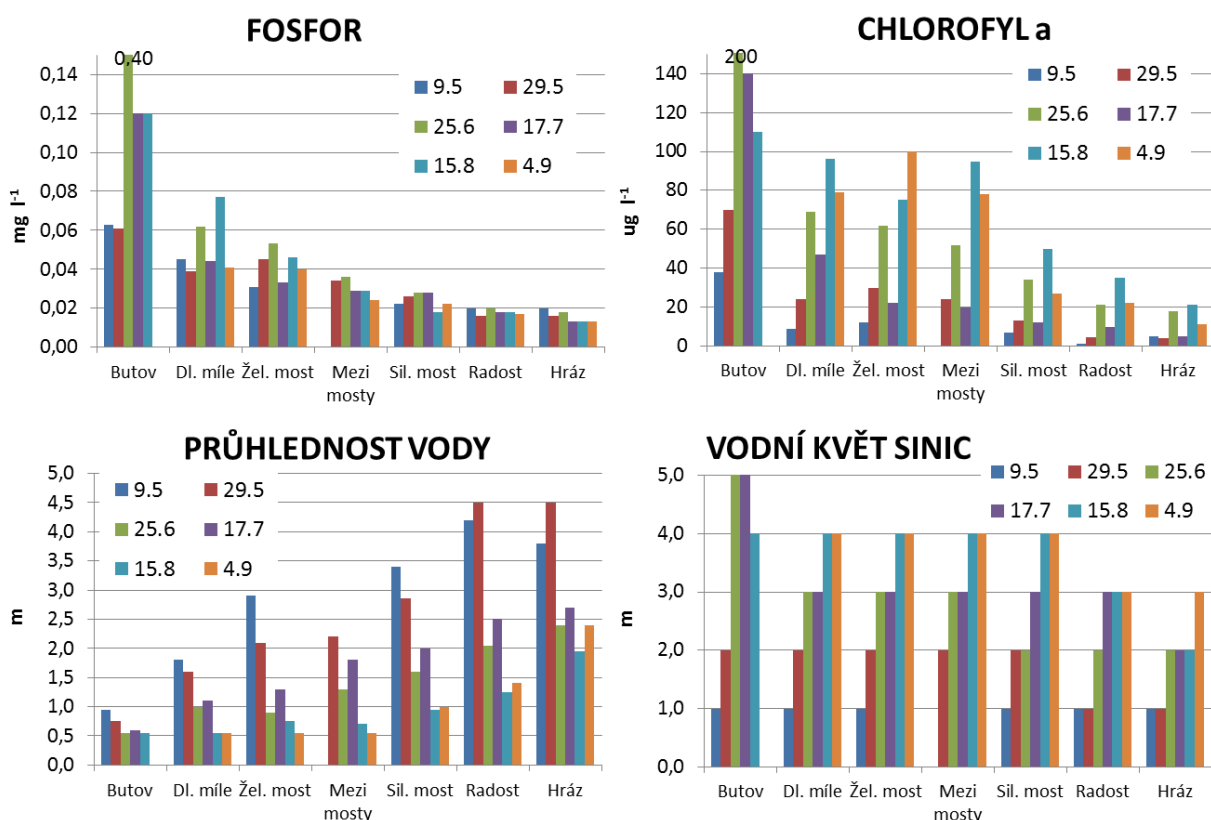
Po zohlednění všech způsobů likvidace odpadních vod, obsazenosti a vytíženosti rekreačních objektů a sezónnosti bylo vyčísleno, že celková produkce P_{celk} z individuální a hromadné rekreace je více než 460 kg/rok, což je cca o 20 kg/rok větší produkce P_{celk} , než u celoročně osídleného města Stříbra (podobný počet trvale žijících obyvatel, jako je kapacita rekreačních zařízení). Jelikož některé objekty jsou velmi blízko vodní hladině, cesta odpadních vod k nádrži i v případě vsakování není příliš dlouhá a tudíž rekreace má zanedbatelný vliv na eutrofizaci nádrže.

2.2.7 Výsledky monitoringu v roce 2018

V roce 2018 byl prováděn státním podnikem Povodí Vltavy na vodní nádrži Hracholusky podrobnější monitoring jakosti vody než v předchozích letech. Na základě vyhodnocení dat získaných do roku 2018 bylo zřejmé, že chybí informace o chování nádrže v horních partiích, tedy nad silničním mostem. Proto byly do provozního monitoringu zařazeny další dvě svislice, a to: (1) „Mezi mosty“, ř. km 33,4, kde poloha odpovídá názvu a nachází se zhruba v polovině vzdálenosti mezi silničním a železničním mostem, a (2) „Dlouhá míle“, ř. km 37,0, zhruba v polovině vzdálenosti mezi odběrovými profily Železniční most a Butov. Cílem bylo sledovat, v jaké míře dochází k uvolňování sloučenin fosforu z úživných sedimentů na dně zatopené údolní nivy.

Rok 2018 byl dalším suchým rokem v řadě od 2014. Zhruba od poloviny léta proto docházelo k postupnému zaklesávání hladiny. Tato situace byla příznivá právě pro sledování vlivu sedimentů, protože vliv přítoku byl omezený.

Výsledky jsou shrnuty grafickou formou na obr. 2.2-21.



Obr. 2.2-21 VN Hracholusky – hodnoty nejdůležitějších ukazatelů z pohledu eutrofizace a jejich projevů v podélném profilu nádrže. Směsné epilimnetické vzorky, průhlednost vody měřena Secchiho deskou, intenzita přítomnosti vodního květu hodnocena vizuálně dle odhadové stupnice. Data Povodí Vltavy, státní podnik.

Grafy na obr. 2.2-21 dokládají zřetelný gradient jakosti vody v podélném profilu VN Hracholusky, kde se výrazně nejneutrofněji chová přítoková část (Butov), která je zásobena živinami vodou přitékající Mží. Tento gradient je zcela dominantní a jednoznačně ukazuje, že rozhodující vliv na vývoj situace v nádrži má vstup látek přítokem, tedy Mží, kam je tedy také nutné směřovat hlavní nápravná opatření.

Dále lze rozlišit kaňonovitou oblast chráněnou před větrem (Dlouhá míle, Železniční most a Mezi mosty), kde sice dochází ke snižování obsahu fosforu v povrchových vrstvách vody, ale rozvoj rekreačně rizikového fytoplanktonu, zejména sinic je stále velmi vysoký, a to zejména ve druhé polovině léta. Dolní, tzv. jezerní část nádrže se co do koncentrací sloučenin fosforu pohybuje blízko hranice 0,02 mg l⁻¹, která je považována za mezní pro masový rozvoj sinicových vodních květů. Vizuální hodnocení přítomnosti vodního květu bylo sice v profilech Silniční most a Radost od července nepříznivé, ale celková biomasa fytoplanktonu vyjádřená jako koncentrace chlorofylu a byla zřetelně nižší než ve výše položených odběrových profilech. V oblasti profilu Hráz se hodnocení vodního květu zhoršilo až v září.

Z uvedených výsledků je jasně patrné, že odezvu nádrže na snížený přísunu fosforu jakožto klíčové živiny můžeme nejdříve očekávat v dolní polovině nádrže, kde dojde ke snížení intenzity rozvoje sinic ve druhé polovině léta.

Izočárové grafy podélného profilu nádrže ukazují zejména:

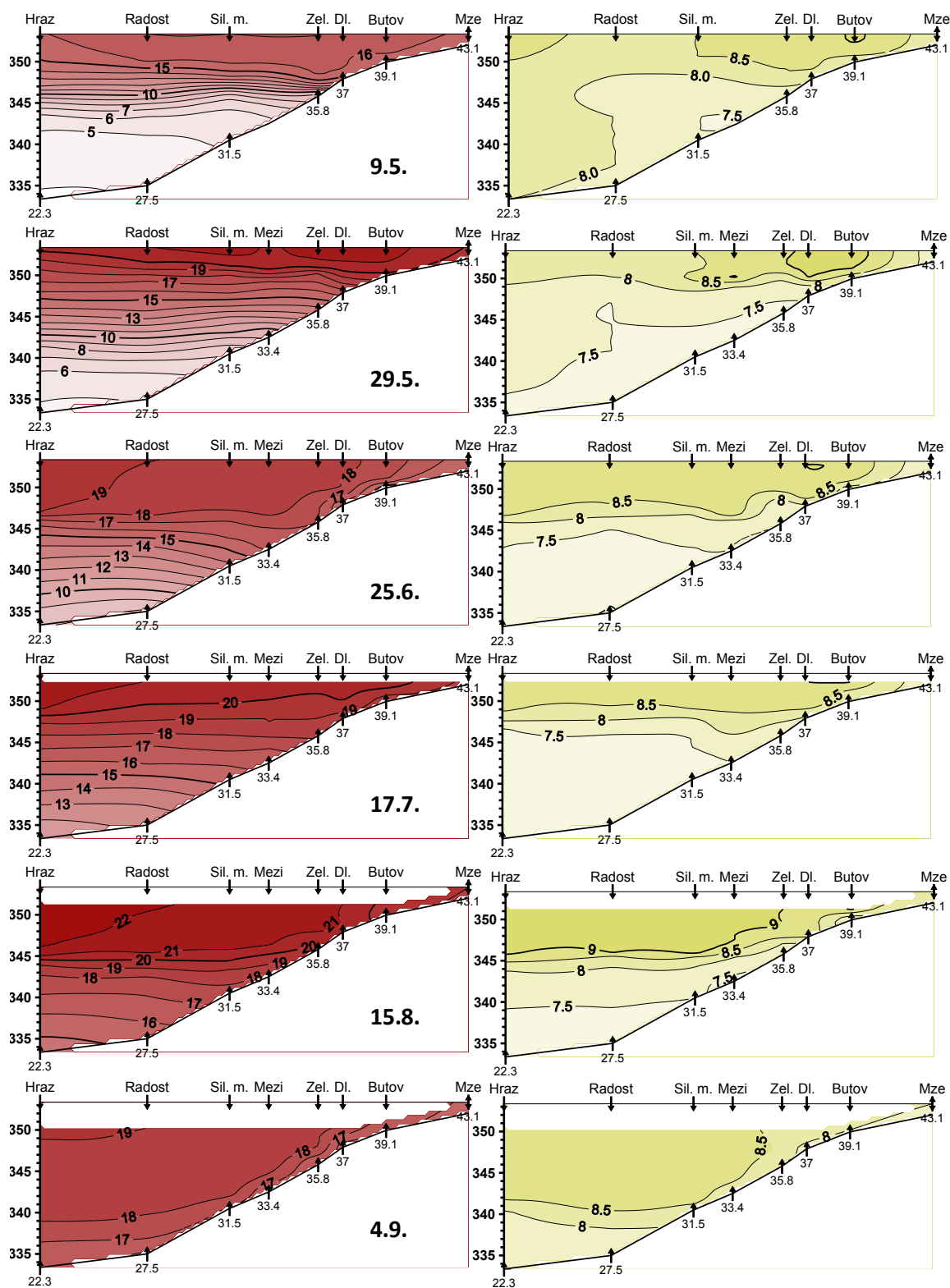
- Vypouštění vody z nádrže ze spodní části vodního sloupce je pro situaci v nádrži optimální, protože (i) odpouští kyslíkem chudou vodu, čímž snižuje celkový objem bezkyslíkatého

hypolimnia, a (ii) napomáhá tomu, aby voda přitékající do nádrže přítokem měla tendenci zasouvat se do hlubších částí a směřovat postupně k odtoku. Tím dochází k určitému vnosu rozpuštěného kyslíku a dusičnanových iontů ke dnu a omezuje se vstup fosforu do povrchových vrstev vody.

- Dno horní části nádrže je vystaveno poměrně vysokým teplotám vody a v některých obdobích také poměrně vysokým hodnotám pH, což jsou faktory s potenciálem uvolňovat sloučeniny fosforu ze sedimentů (obr. 2.2-22). Zároveň ale tyto partie dna ani v suchém roce 2018 nezažily striktně anoxická období a ani období s extrémně nízkými koncentracemi $\text{NO}_3\text{-N}$ (obr. 2.2-23). Anoxie a vyčerpání $\text{NO}_3\text{-N}$ se objevují až níže, a to od profilu Železniční most až k profilu Radost. Zde je už ale hloubka vody poměrně velká a teplotní stratifikace poměrně stabilní, takže k přestupu sloučenin fosforu do produkční vrstvy vody dochází jen málo: naměřenými koncentračními daty tento proces nedokážeme doložit, ovšem vývoj absorpance (jakýsi marker indikující pohyby vody uvnitř nádrže) ukazuje, že s jistou mírou přimíchávání „rizikové“ vody musíme v úseku Železniční až Silniční most počítat.
- Grafy na obr. 2.2-24 a 2.2-25 se podrobně věnují dynamice vývoje koncentrací Fe a P. (i) Pro situaci v oblasti Butova je potvrzen zásadní vliv přitékající vody. Fosfor se může hromadit v biomase zejména sinic, které se dlouho drží v povrchových vrstvách vody a mohou tak exportovat fosfor za pomoci větru níže po nádrži. (ii) V úseku Dlouhé míle nebylo zjištěno významnější uvolňování fosforu ze sedimentů. (iii) Teprve v částech zasažených anoxiemi a absencí $\text{NO}_3\text{-N}$ (od Železničního k Silničnímu mostu) dochází k intenzivnímu uvolňování fosforu (spolu se železem) ze sedimentů – tento proces jasně dokládají grafy pro srpen a září. Zde pak nelze vyloučit, že k rozvoji sinicových vodních květů přispívá i toto tzv. vnitřní zatížení fosforem, jak ukazují i maxima koncentrací chlorofylu a v srpnu a září (obr. 2.2.-21).

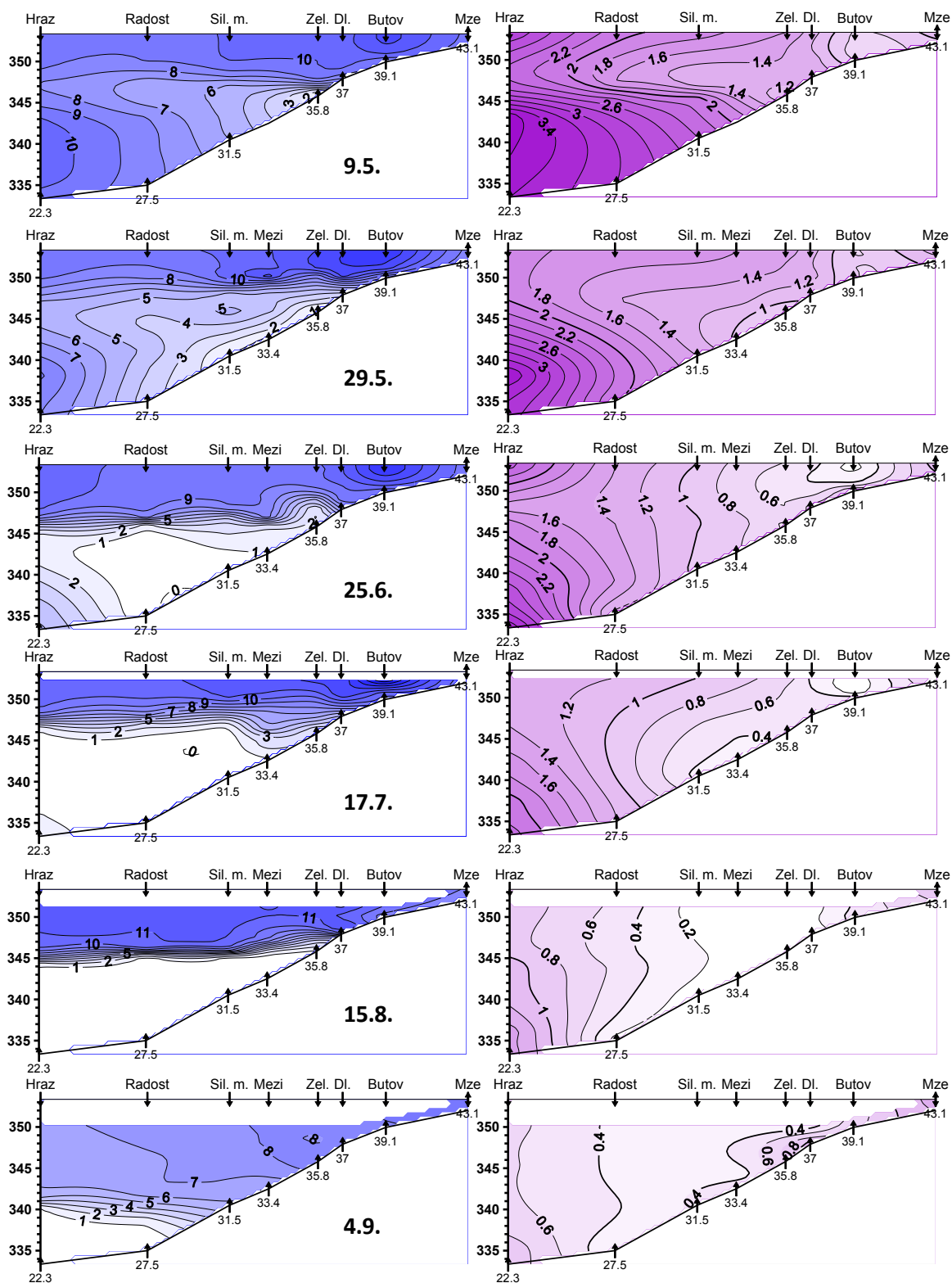
Hlavním výsledkem podrobného monitoringu tedy je, že (i) nápravná opatření je nezbytné směřovat do povodí nádrže s cílem minimalizace emisí fosforu, dále že (ii) sedimenty v horní části nádrže nevyžadují naši pozornost a že (iii) je třeba zvážit roli sedimentů ve střední části nádrže, odkud se zřejmě část fosforu dostává ve druhé polovině léta do produkční vrstvy, kde podporuje růst sinicových vodních květů.

PODÉLNÝ PROFIL 2018: TEPLOTA VODY A pH



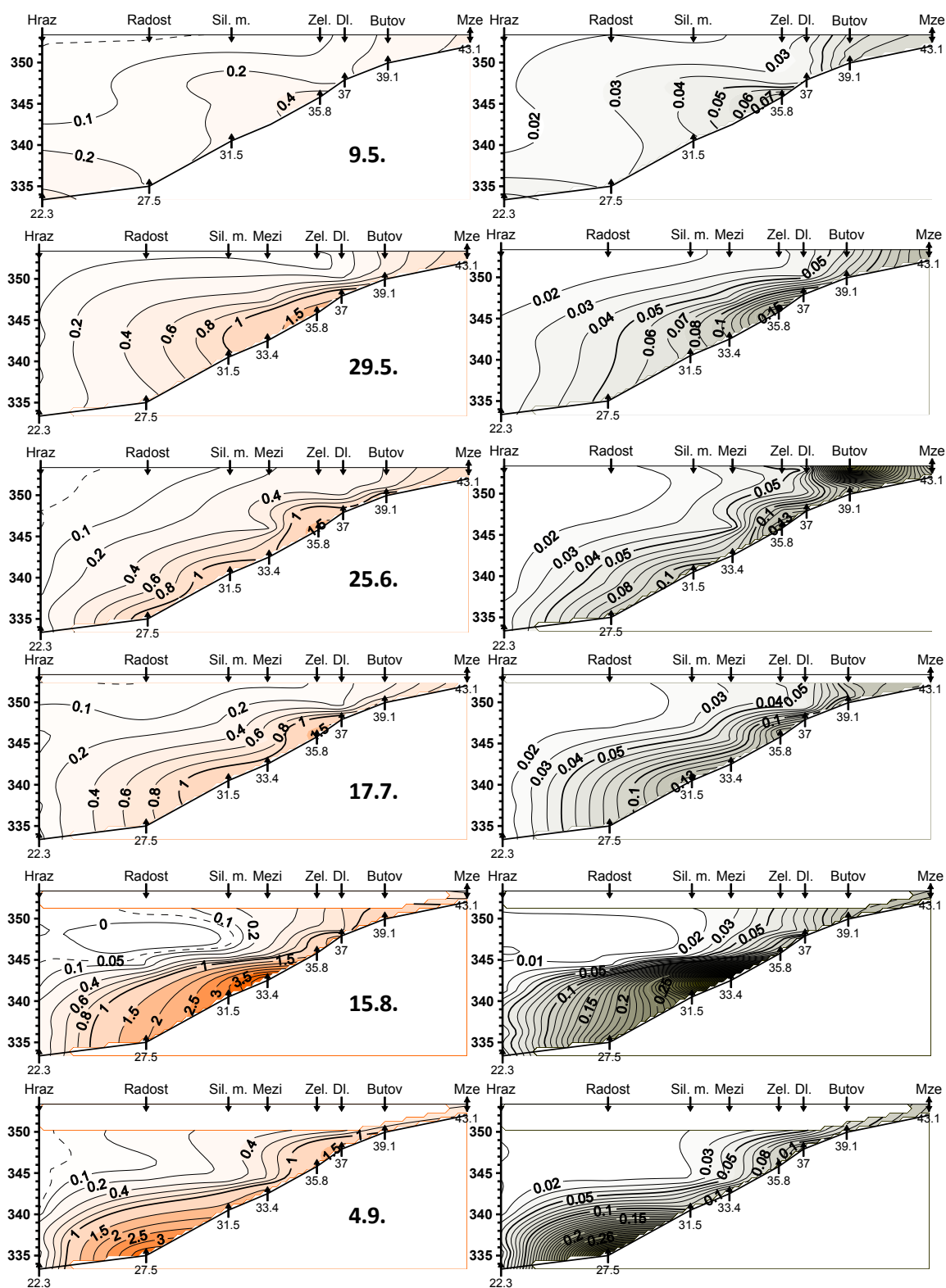
Obr. 2.2-22 VN Hracholusky – vývoj jakosti vody v podélném profilu: základní ukazatele. Izočárové grafy, teplota vody ve °C. Data Povodí Vltavy, státní podnik.

PODÉLNÝ PROFIL 2018: ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK A NO₃-N



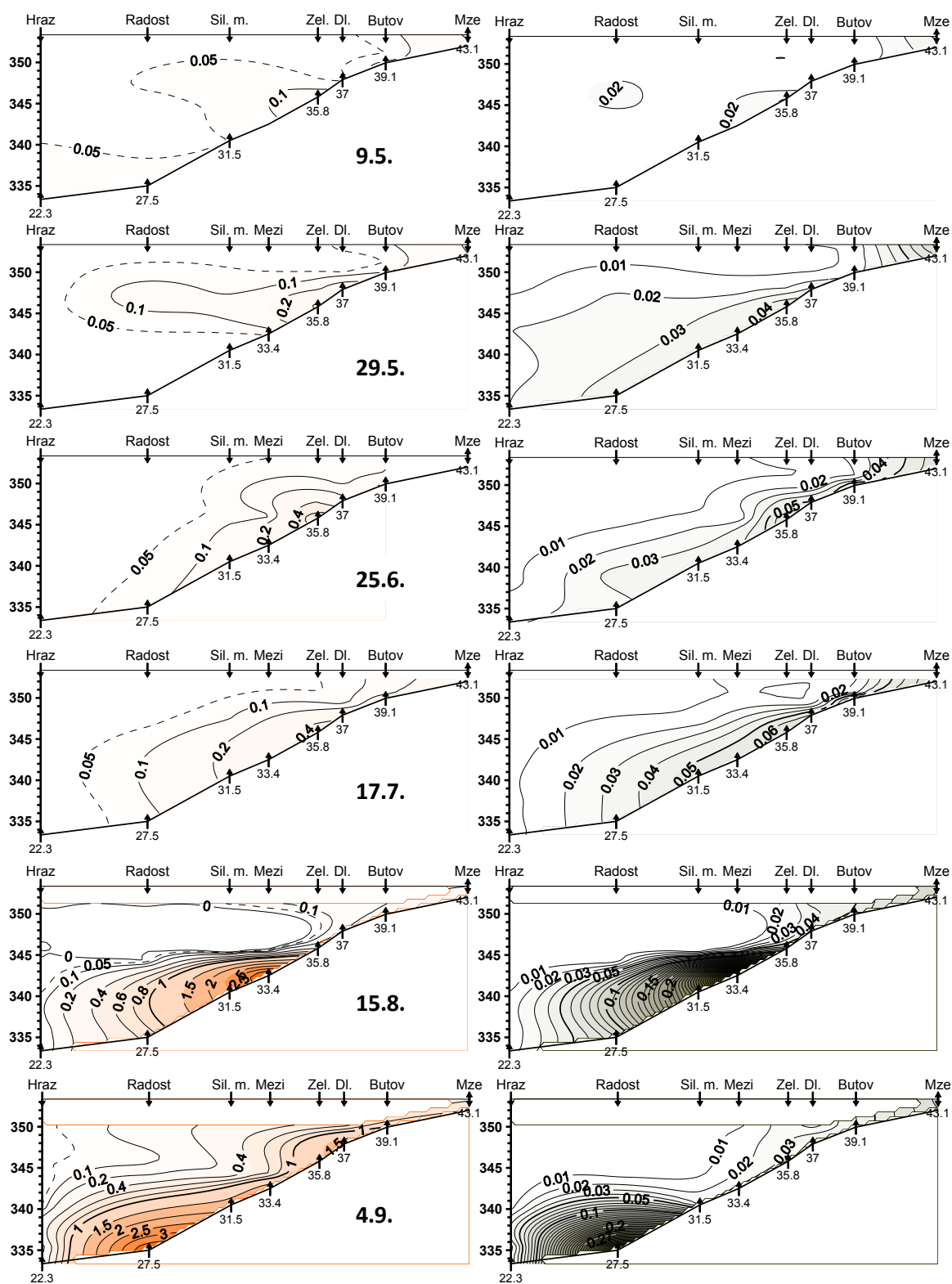
Obr. 2.2-23 VN Hracholusky – vývoj jakosti vody v podélném profilu: ukazatele oxidoredukčních poměrů. Izočárové grafy, údaje v mg l⁻¹. Data Povodí Vltavy, státní podnik.

PODÉLNÝ PROFIL 2018: Fe celk a P celk



Obr. 2.2-24 VN Hracholusky – vývoj jakosti vody v podélném profilu: vztah koncentrací Fe a P, celkový obsah. Izočárové grafy, údaje v mg l⁻¹. Data Povodí Vltavy, státní podnik.

PODÉLNÝ PROFIL 2018: Fe rozp a P rozp



Obr. 2.2-25 VN Hracholusky – vývoj jakosti vody v podélném profilu: vztah koncentrací Fe a P, rozpůštěné formy. Izočárové grafy, údaje v mg l⁻¹. Data Povodí Vltavy, státní podnik.

2.3 Vyhodnocení současného stavu vodních toků

VD Hracholusky má dva hlavní přítoky, které jsou pro jakost vody v nádrži určující. Jedná se o hlavní přítok – řeku Mži, jejíž povodí nad VD Hracholusky má rozlohu 1167 km², což činí 72 % celkové plochy povodí VD Hracholusky. Další významný přítok, jehož povodí představuje 20 % zájmového území, je Úterský potok. Zbývajících 8 % celého povodí představují drobné přítoky do nádrže, které z bilančního pohledu celé nádrže mají pouze okrajový význam. Při vyhodnocování současného stavu jakosti vodních toků se zaměříme na hlavní přítoky, tj. Mži reprezentovanou profilem Stříbro pod a Úterský potok reprezentovaný profilem Trpísty.

2.3.1 Trendy jakosti vody v hlavních přítocích do nádrže

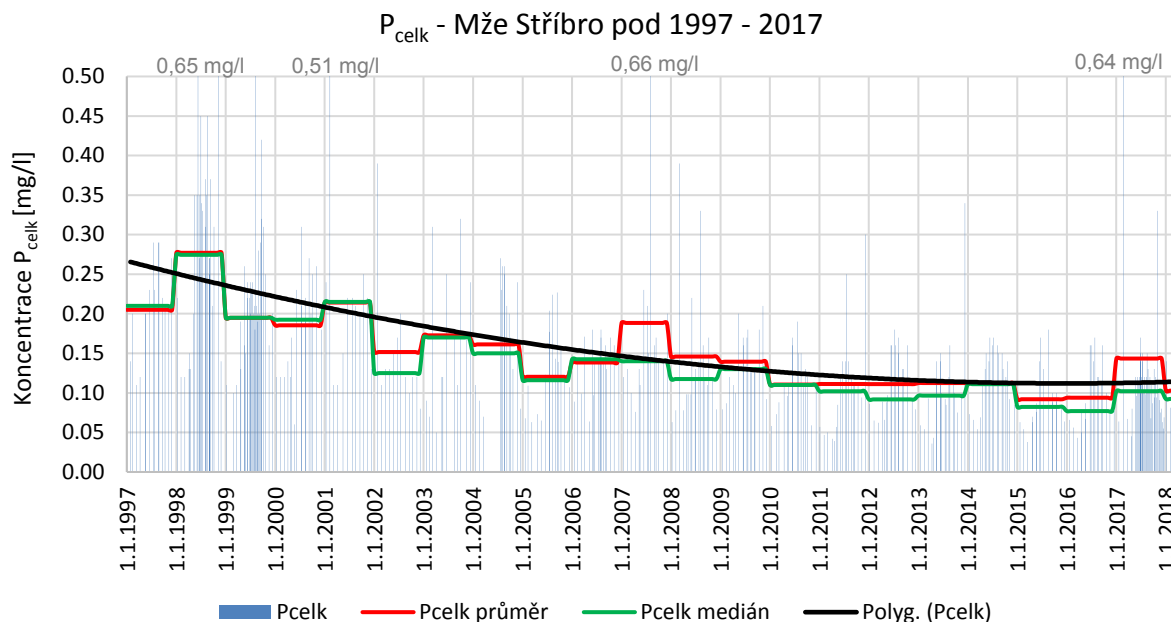
Povodí Vltavy s.p., výše zmíněné profily pozoruje již dlouhodobě a proto je možné vyhodnocovat dlouhodobé trendy jakostních ukazatelů. Pravidelný monitoring v sobě běžně zahrnuje 12 hodnot v roce. Pro rok 2017 je k dispozici výrazně podrobnější množina měření, které obsahuje v sezóně až týdenní odběry. Protože odběry vzorků nejsou v některých letech rozloženy v roce rovnoměrně, byly roční průměrné hodnoty vypočítány z měsíčních průměrů. V následujícím textu se zabýváme hlavními ukazateli jakosti vod – P_{celk} (určující ukazatel pro eutrofizaci vodních nádrží), $P\text{-PO}_4$, N_{celk} , $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$, BSK_5 , CHSK_{Cr} .

2.3.1.1 Mže – profil Stříbro pod

Tento profil je sledován se zvýšenou četností, mnohdy se zvýšeným počtem měření během letní sezóny. Na tento profil navazuje též profil monitorovaný v rámci rozšířené monitorovací kampaně. Tento profil je umístěn cca 1 km pod pravidelnými profilem Povodí Vltavy s.p. Původní umístění je ovlivněno nedokonalou příčnou disperzí odpadní vody z ČOV Stříbro a to obzvláště za dešťů.

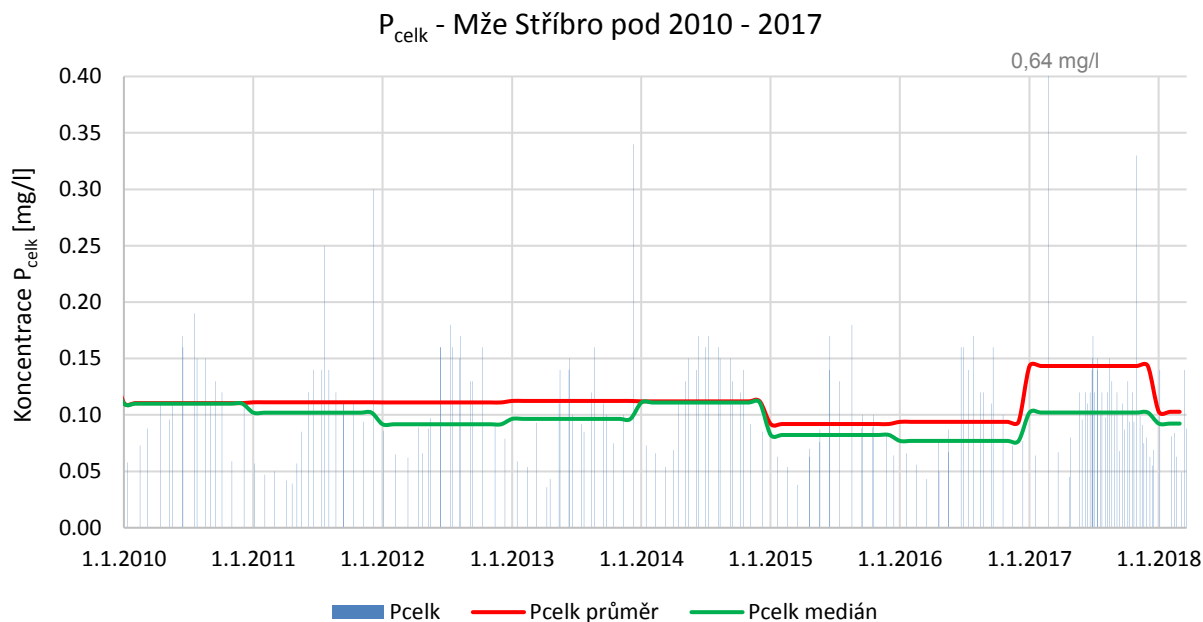
TRENDY VÝVOJE P_{CELK}

Celkový fosfor můžeme považovat za hlavní příčinu eutrofizace nádrží v České republice. Do vodního prostředí se dostává převážně z komunálních zdrojů. Dlouhodobý trend tohoto ukazatele (Obr. 2.3-1) odráží změny v úrovni čištění komunálních odpadních vod.



Obr. 2.3-1 Dlouhodobý vývoj koncentrací P_{celk} v profilu Mže – Stříbro pod za roky 1997 - 2017

Před dvaceti lety probíhala výstavba, případně rekonstrukce velkých ČOV, na což povodí reagovalo snížením koncentrace P_{celk} . Dále povodí zareagovalo také na zavedené povinnosti využívat bezfosfátové prací prostředky. Na tuto změnu koncentrace P_{celk} nezareagovala okamžitě, ale s mírným zpožděním. Podobný scénář lze s určitým odstupem očekávat také po zavedení povinnosti uvádět na trh bezfosfátové prostředky do myček nádobí (kapitola 1.4.4.4). Od roku 2010 již pozorujeme jen nepatrné změny koncentrace P_{celk} , které způsobují spíše klimatické výkyvy než zásadní změny v čištění odpadních vod (Obr. 2.3-2). Koncentrace P_{celk} se v současnosti pohybuje v profilu Mže – Stříbro pod okolo 0,11 mg/l. Jedná se o prakticky poloviční hodnotu v porovnání s obdobím před 20 lety, ale stále je to příliš vysoká koncentrace pro zamezení rozvoje sinic. Limit dle NV č. 401/2015 Sb., pro tekoucí vody (0,15 mg/l) je v tomto profilu splněn, ale limitní koncentrace pro zamezení rozvoje sinic je obecně přijímána jako 0,05 mg/l P_{celk} . Takové koncentrace jsou zde dosahovány pouze v některých letech v březnu a dubnu, ale jistě ne v době vegetační sezóny.

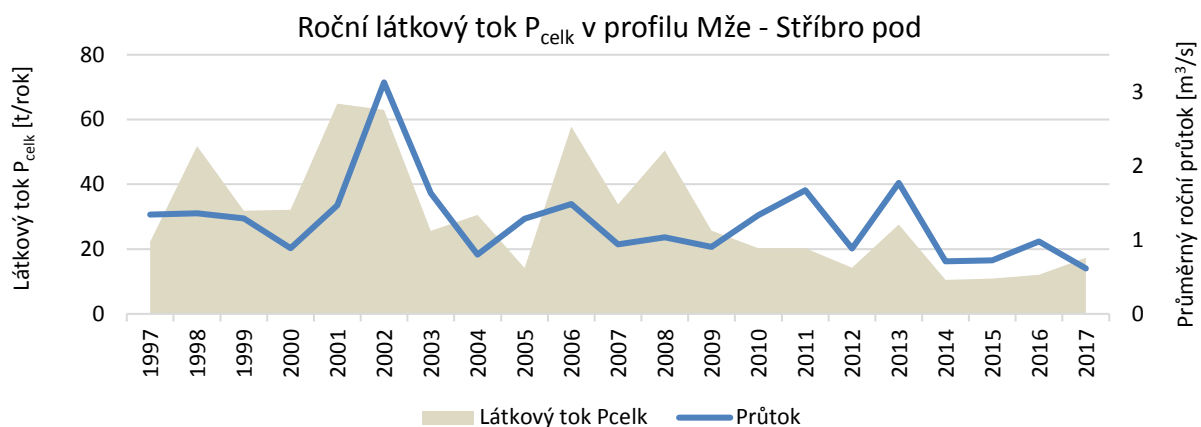


Obr. 2.3-2 Vývoj koncentrací P_{celk} v profilu Mže – Stříbro pod za roky 2010 - 2017

Z výše uvedených grafů si lze povšimnout, že koncentrace P_{celk} se nemění v suchých obdobích posledních let. Tento úkaz lze pozorovat napříč celou ČR. Lze si to vysvětlit zvýšenou retardační schopností drobných vodních toků [14], při které se fosfor ukládá v říční síti a měřené koncentrace zůstávají na obdobných hodnotách. Je zde ale riziko, že při zvýšených průtocích může dojít k propláchnutí říčního systému a odnosu velkého množství živin dále do povodí a případně až do nádrže. Takové situace jsou také poznamenávané odlehčením na jednotných systémech kanalizace a proto jsou dvojnásob rizikové.

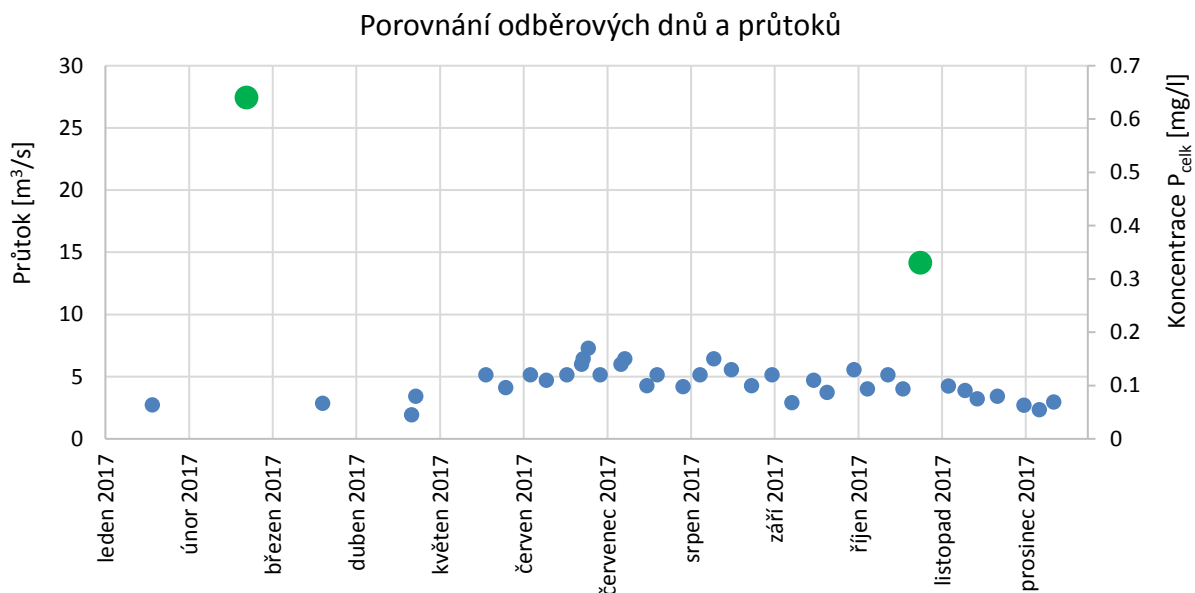
Následující graf (Obr. 2.3-3) zobrazuje dlouhodobý vývoj ročního úhrnu látkového toku za období 1997 – 2017. Je zde poměrně jasně vidět, jak látkový tok silně reaguje na výkyvy průtoků, ale celkový trend poklesu odpovídá také snížení koncentrací P_{celk} .

Jak bylo uvedeno v kapitole 1, referenční období (2012 - 2017) můžeme považovat za velmi suché. Tomu odpovídá také pokles látkového toku v těchto letech. Průměrný průtok tímto profilem za referenční období činil 15,4 tuny P_{celk} ročně. Jedná se ale o údaj zkrácený o retardaci fosforu v říční síti. Reálnější odhad současného zatížení VD Hracholusky z přítoku Mže se pohybuje okolo 20 tun ročně. Jedná se o množství, které protéklo profilem v letech 2010, 2011 a odpovídá objemu fosforu v roce 2013 bez zahrnutí povodňového píku.



Obr. 2.3-3 Dlouhodobý vývoj látkového toku P_{celk} v profilu Mže – Stříbro pod 1997 – 2017

Při běžných průtocích obvykle platí, že se zvyšujícím se průtokem klesá koncentrace P_{celk} (vlivem vyššího ředění bodových zdrojů), ale toto platí jen do určité míry. Jakmile se do toku začnou dostávat odlehčené vody z jednotných systémů kanalizace, koncentrace fosforu v tocích se prudce zvyšuje. V průtokově významných událostech je také přepravován erodovaný materiál, který také zvyšuje absolutní koncentraci P_{celk} , ale tento fosfor je pevně vázán na půdní částice a jeho eutrofní potenciál je velmi nízký. Ve zvýšeném průtoku mohou být obsaženy také sedimenty z říčních koryt, které mohou také obsahovat fosfor v různých formách uvolnitelnosti.



Obr. 2.3-4 Porovnání průtoků v době odběrů vzorku v profilu Mže – Stříbro pod v roce 2017

V roce 2017 probíhal zhuštěný monitoring v tomto profilu. Dvě výrazně nejvyšší koncentrace P_{celk} změřené v tomto roce připadají na průtokově významné události (viz Obr. 2.3-4 – zelené body). Protože se v těchto případech setkávají nejvyšší průtoky s nejvyššími koncentracemi, jedná se bilančně o velmi významný vliv na níže položenou nádrž. Konkrétně v roce 2017 byl odhadován roční průtok

fosforu profilem na 17,4 tuny, z čehož 8,3 tuny (48 %) proteklo během dvou výše zmíněných událostí. Tento výsledek může být do určité míry nepřesný, protože bylo nutné látkové toky interpolovat na základě dostupných dat (v měsíci únoru měsíční krok monitoringu, v říjnu týdenní). Během průtokově významných událostí se koncentrační hodnoty dynamicky mění a přesné výsledky by bylo možné získat pouze za použití kontinuálního měření.

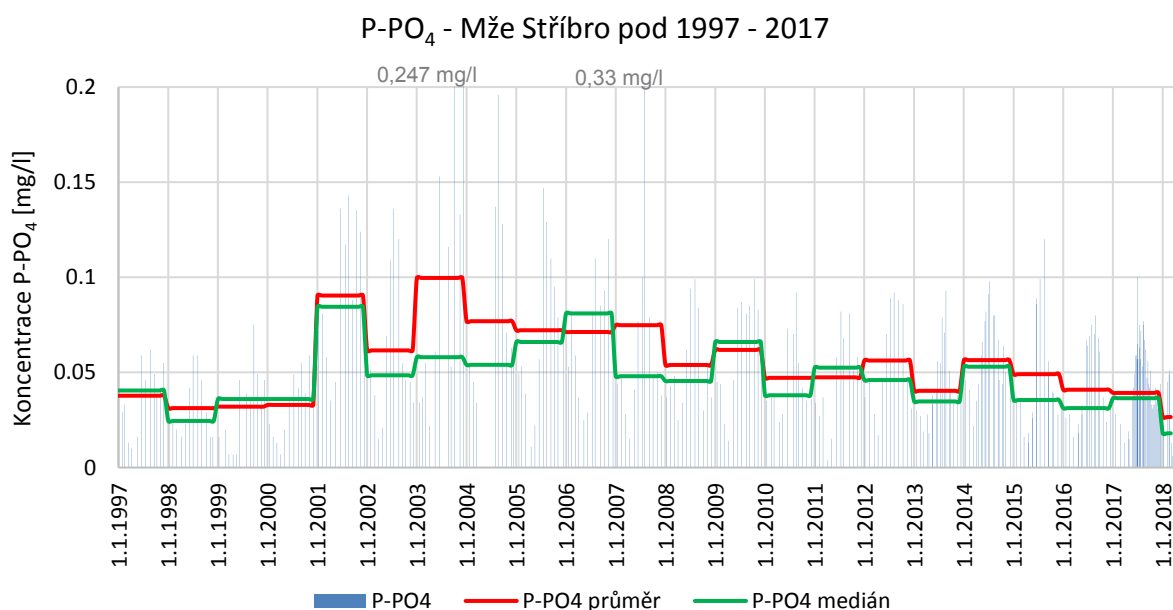
TRENDY VÝVOJE P-PO₄

Koncentrace fosforečnanového fosforu a jejich podíl vůči celkovému fosforu jsou z pohledu rozvoje sinic velmi důležité. Jedná se o jednoduše přístupnou formu fosforu, která je pro sinice velmi dobře využitelná.

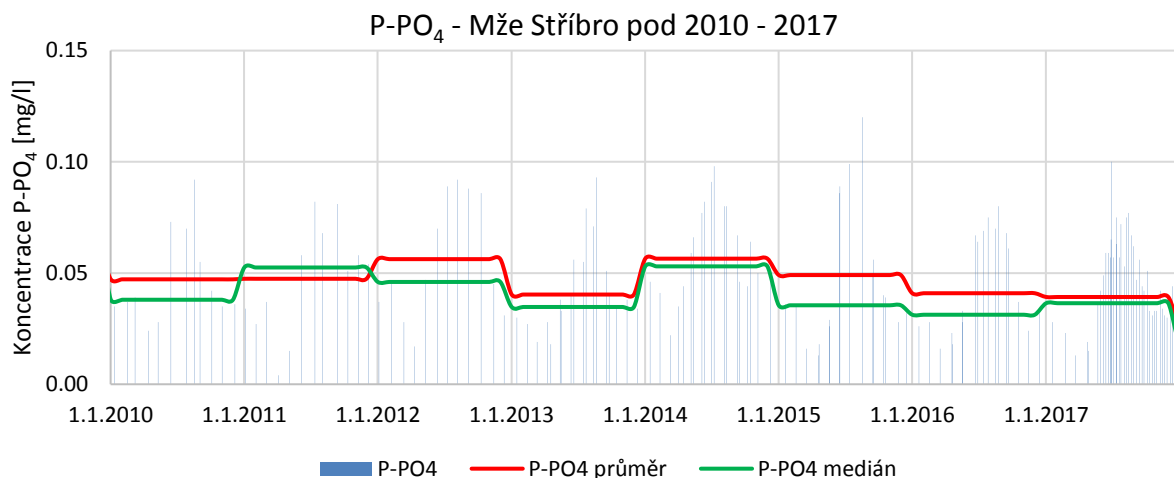
Následující graf (Obr. 2.3-5) zobrazuje dlouhodobý vývoj 1997 – 2017 koncentrací P-PO₄ v profilu Mže – Stříbro pod. V letech 1997 – 2001 byly koncentrace na relativně nízké úrovni. V roce 2002 došlo k výraznému navýšení koncentrací P-PO₄, které dále pozvolna klesají. Stejně jako v případě P_{celk}, také koncentrace P-PO₄ se po roce 2010 již výrazně nemění (Obr. 2.3-6).

Látkový tok P-PO₄ je v jednotlivých letech také poměrně vyrovnaný. Rozdíly v průtocích jednotlivých let jsou u tohoto ukazatele kompenzovány změnou koncentrace a rozdíly látkového toku jsou pouze malé (Obr. 2.3-7). Průměrné roční množství protečeného P-PO₄ za rok (v referenčním období) v profilu Stříbro pod je 5,5 tuny.

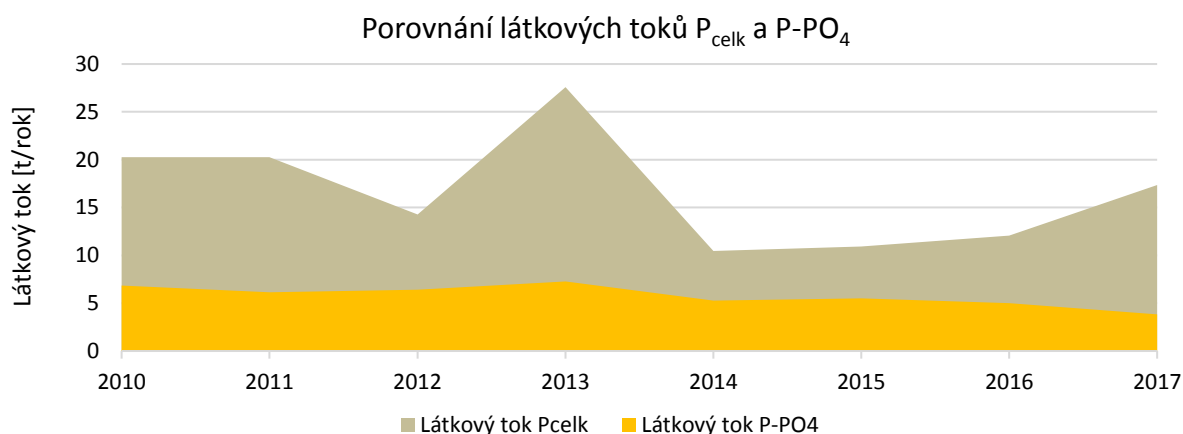
Mimořádné průtokové události nemají na koncentraci P-PO₄ tak výrazný dopad, jako v případě P_{celk}. Odlehčení jednotné kanalizace může také koncentraci významně zvednout, ale již se nezvedá vlivem přesunu erozního materiálu. Zde je obsah P-PO₄ pouze minimální. Tuto situaci lze ukázat na příkladu monitoringu v roce 2017 (Obr. 2.3-4). Odběry, které zachytily vysoké koncentrace P_{celk} mají zároveň hodnoty koncentrací P-PO₄ na běžných úrovních. Vzhledem ke zvýšenému průtoku daných událostí se stále jedná o bilančně významné události. Odtok P-PO₄ během dvou událostí je odhadován na 12 % celkového množství ročního odtoku, přičemž se jednalo o pouhých 4 % času.



Obr. 2.3-5 Dlouhodobý vývoj koncentrací P-PO₄ v profilu Mže – Stříbro pod za roky 1997 - 2017



Obr. 2.3-6 Vývoj koncentrací P-PO₄ v profilu Mže – Stříbro pod za roky 2010 - 2017



Obr. 2.3-7 Porovnání ročních látkových toků P_{celk} a P-PO₄ v letech 2010 - 2017

TRENDY VÝVOJE N_{celk} a N-NO₃

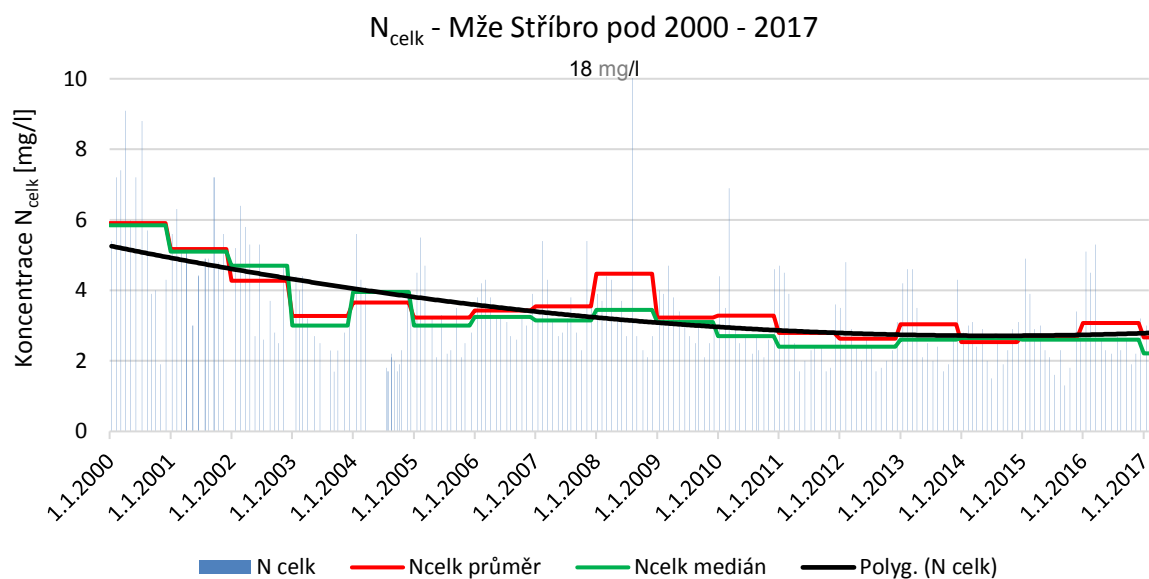
Profil Mže – Stříbro pod má velkou plochu povodí a proto je zde již poměr dusičnanů a celkového dusíku relativně stabilizován. Mezi oběma ukazateli je poměrně úzká korelace (0,87).

Dusičnany v řešeném profilu představují hlavní díl (cca 3/4) z celkového dusíku. Přibližně 4 % připadá na N-NH₄ a zbytek pak na organický dusík. Základním zdrojem N-NO₃ je hnojení minerálními hnojivy. I při hnojení amonnou formou dusíkatých hnojiv dochází v půdě k transformaci amoniaku na dusičnan, jehož část, kterou nestihnou rostliny využít, je z polí vyplavována. Komunální zdroje obvykle nepředstavují významný zdroj dusíku. Obyvatelstvo produkuje dusík v organické podobě, která je poměrně záhy redukována na amoniak. Na dobře fungujících ČOV je pak N-NH₄ transformován na N-NO₃. Po vstupu do recipientu se relativně rychle přetváří organický a amonný dusík do podoby N-NO₃.

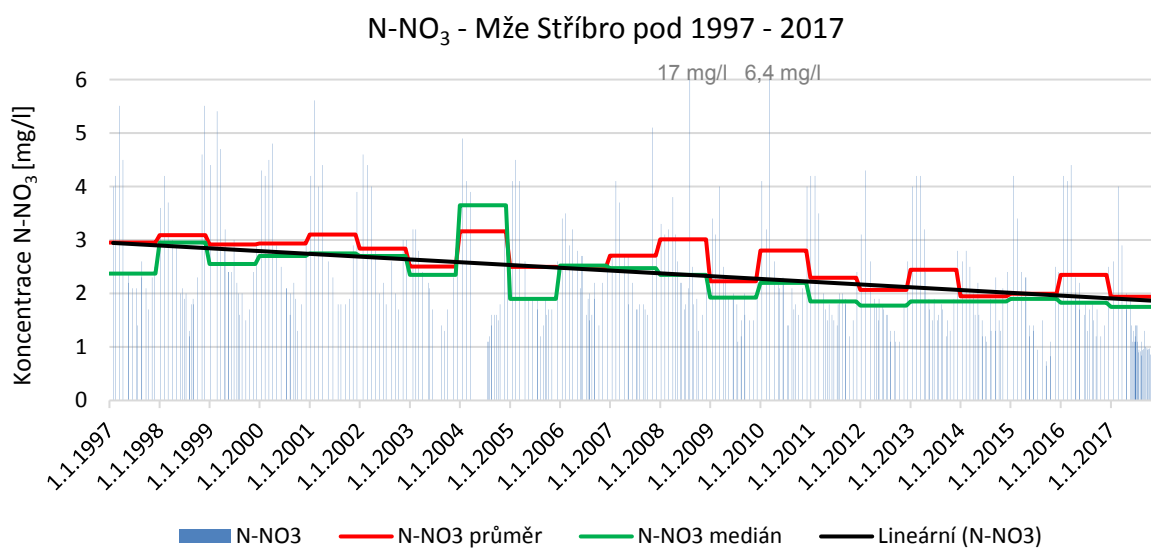
V tocích a zejména pak ve vodních nádržích dochází k denitrifikaci, kdy je dusík uvolňován z vodního prostředí do atmosféry.

Celkový dusík je v profilu Mže – Stříbro pod měřen až od roku 2000. Následující graf (Obr. 2.3-8) zobrazuje vývoj tohoto ukazatele. V letech 2000 – 2004 došlo k poklesu koncentrací. Dále koncentrace i nadále velmi mírně klesají a od roku 2011 můžeme prohlásit, že koncentrace již stagnuje.

Jistý pokles lze zaznamenat i v koncentracích N-NO₃, ale oproti vývoji celkového dusíku zde není příliš patrný pokles koncentrací po roce 2000. Vyšší koncentrace N_{celk} je zde pravděpodobně způsobena nečištěnými odpadními vodami, které zvyšují organické složky dusíku. Po roce 2010 se dá hovořit o zcela vyrovnaných hodnotách lišících se pouze výkyvy v rámci jednotlivých roků.



Obr. 2.3-8 Dlouhodobý vývoj koncentrace N_{celk} v profilu Mže – Stříbro pod v letech 2000 - 2017



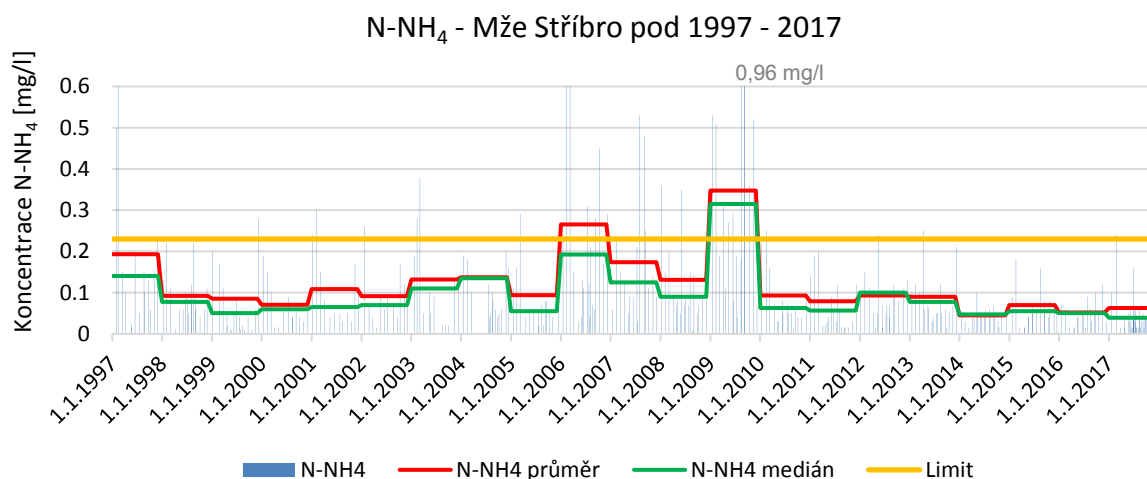
Obr. 2.3-9 Dlouhodobý vývoj koncentrace N-NO₃ v profilu Mže – Stříbro pod v letech 1997 - 2017

Pro oba ukazatele platí, že hodnoty koncentrací v profilu Mže – Stříbro pod se nachází hluboko pod limitem stanoveným pro jakost vody NV č. 401/2015 Sb., (N_{celk} – roční průměr 6 mg/l; $N\text{-NO}_3$ – roční průměr 5,4 mg/l). Nízké koncentrace $N\text{-NO}_3$ mohou paradoxně znamenat pro VD Hracholusky určitý problém (viz kapitola 0.).

TRENDY VÝVOJE $N\text{-NH}_4$

Jak bylo uvedeno výše, zdrojem $N\text{-NH}_4$ v povrchových vodách bývají nejčastěji nedostatečně čištěné komunální zdroje. Zároveň také platí, že se amoniak relativně rychle v recipientu transformuje do formy dusičnanů. Výkyvy v dlouhodobém vývoji koncentrací $N\text{-NH}_4$ jsou tedy primárně způsobeny městem Stříbro.

Následující graf (Obr. 2.3-10) zobrazuje dlouhodobý vývoj koncentrace $N\text{-NH}_4$ v profilu Mže – Stříbro pod. Zobrazuje nárůst koncentrací v období 2006 – 2010. V tomto období byly překročeny i hodnoty zákonného limitu (limit dle NV č. 401/2015 Sb., $N\text{-NH}_4$ – roční průměr 0,23 mg/l). Po rekonstrukci ČOV Stříbro koncentrace opět klesly a dále se mírně snižují, v současnosti se průměrné hodnoty koncentrací pohybují těsně nad 0,05 mg/l.



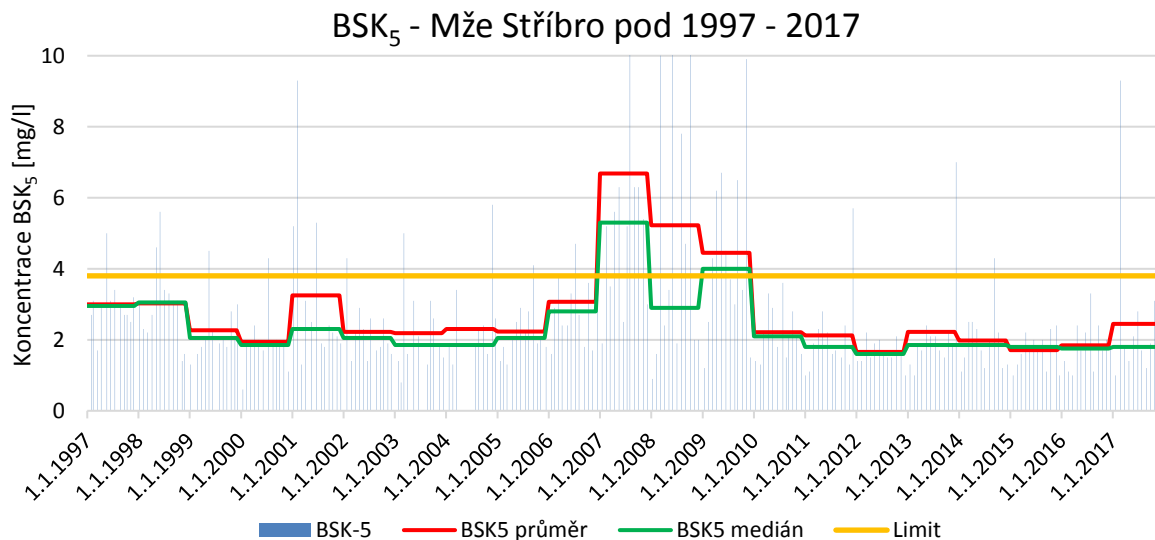
Obr. 2.3-10 Dlouhodobý vývoj koncentrace $N\text{-NH}_4$ v profilu Mže – Stříbro pod v letech 1997 - 2017

TRENDY VÝVOJE ORGANICKÉHO ZNEČIŠTĚNÍ BSK_5 ; $CHSK_{Cr}$

Organické znečištění je reprezentováno ukazateli:

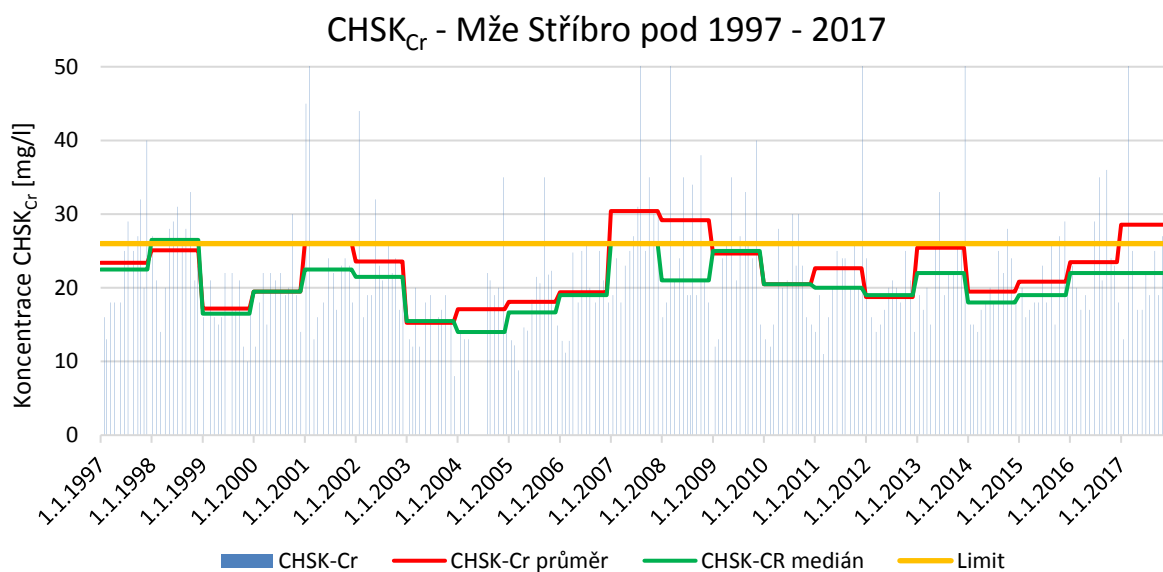
- BSK_5 – biochemická spotřeba kyslíku pětidenní – ukazuje množství snadno odbouratelné organické hmoty ve vodním prostředí. Zdrojem BSK_5 jsou komunální odpadní vody a také primární a sekundární produkce živých organismů ve vodním prostředí, odumřelá vegetace apod.
- $CHSK_{Cr}$ – chemická spotřeba kyslíku dichromanem – jedná se o celkové množství rozložitelné (i těžko rozložitelné) organické hmoty. Kategorie obsahuje organickou hmotu snadno rozložitelnou ale i další části. Odpadní vody jsou zde důležitým zdrojem, ale zdaleka ne jediným. Významným zdrojem $CHSK$ jsou lesní plochy, ze kterých

odtéká jisté množství těžko odbouratelné huminové a fulvinové kyseliny (které podléhají degradaci pouze fotolýzou a jinak procházejí říční sítí beze změny).



Obr. 2.3-11 Dlouhodobý vývoj koncentrace BSK₅ v profilu Mže – Stříbro pod v letech 1997 - 2017

Na výše uvedeném obrázku (Obr. 2.3-11) je znázorněn vývoj koncentrací BSK₅ v profilu Stříbro. Průběh koncentrací je poměrně hodně podobný dlouhodobému vývoji koncentrací N-NH₄. Je to způsobeno ovlivněním profilu v letech 2007 – 2010 problémy s ČOV Stříbro. Po rekonstrukci ČOV se pak hodnoty koncentrací BSK₅ ustálily na průměrné hodnotě 2 mg/l. Jedná se o poměrně dobrou hodnotu výrazně pod zákonným limitem (limit dle NV č. 401/2015 Sb., BSK₅ – roční průměr 3,8 mg/l), která odráží kvalitní čištění OV ve větších obcích (ČOV Stříbro vypouští OV s průměrnou koncentrací BSK₅ 3,6 mg/l – což je hodnota, která sama splňuje limit pro povrchové vody) a také řídké osídlení území.



Obr. 2.3-12 Dlouhodobý vývoj koncentrace CHSK_{Cr} v profilu Mže – Stříbro pod v letech 1997 - 2017

Dlouhodobý vývoj CHSK_{Cr} má odlišný průběh než BSK_5 . Jak bylo uvedeno výše, jen menší část zdrojů CHSK má původ v komunálních odpadních vodách, velký význam zde hrají plošné zdroje. Koncentrace CHSK_{Cr} v profilu Mže Stříbro pod se dlouhodobě pohybuje okolo zákonného limitu (limit dle NV č. 401/2015 Sb., CHSK_{Cr} – roční průměr 26 mg/l). V této skutečnosti se odráží vysoké zastoupení lesních ploch v povodí, které produkují zvýšené množství CHSK (ze zemědělské půdy se uvolňuje menší množství organické hmoty). Teplé suché roky posledního období také způsobují vyšší množství rostlin ve vodním sloupci, které dále koncentraci CHSK zvyšuje.

2.3.1.2 Úterský potok – Trpísty

Jak bylo uvedeno výše, jedná se o významný přítok do VD Hracholusky, který představuje 20 % celkového povodí této vodní nádrže. Profil odběru jakostních vzorků je shodný s umístěním limnigrafické stanice, proto jsou, stejně jako v profilu Mže – Stříbro pod, k dispozici také průtoková data.

Jakost vody se zde sleduje také již před rokem 1997, ale až od roku 2004 se zahájilo plné sledování profilu, tj. 12 měření ročně. Pro rok 2017 je pak k dispozici 21 měření.

V tomto povodí zcela chybí větší města. Nejlidnatější obcí jsou zde Konstantinovy Lázně (necelé 2 tisíce obyvatel). Dalšími většími obcemi jsou Bezručovice (zhruba 1000 obyvatel) a Úterý (560 obyvatel). Zbytek tvoří vesměs malé osady.

TRENDY VÝVOJE P_{CELK}

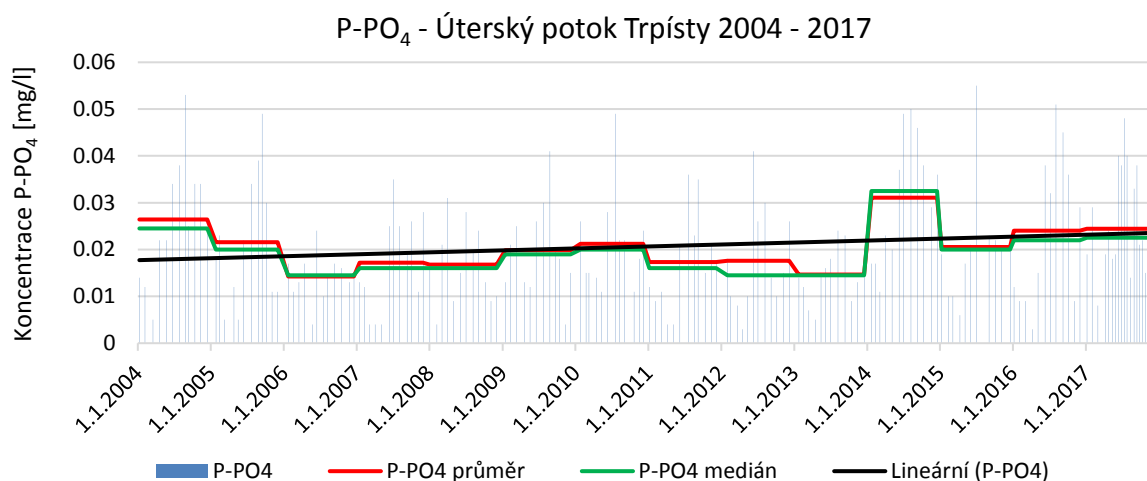
Vzhledem k nižší hustotě obyvatelstva jsou koncentrace P_{celk} v profilu Trpísty výrazně nižší než v profilu Mže Stříbro pod. Maximální běžné koncentrace jednotlivých let dosahují průměrných hodnot měřených v profilu Stříbro pod. Průměrné roční koncentrace P_{celk} se v profilu Trpísty (Obr. 2.3-13) dlouhodobě drží pod limitem uznávaným pro zamezení eutrofizace 0,05 mg/l (s výjimkou mimořádně suchých let 2014 a 2017). Zvýšené průměrné hodnoty koncentrací do roku 2003 mohou být způsobené menším množstvím měřených dat v zimních obdobích, kdy jsou koncentrace P_{celk} nejnižší. V oblasti takto nízkých koncentrací jsou meziroční výkyvy poměrně významné, ale celkově se dá konstatovat, že stav je v tomto profilu neměnný. Nejvyšší naměřená hodnota koncentrace (6.4.2017 – 0,41 mg/l) je spojená se zvýšeným průtokem a zvýšeným množstvím nerozpuštěných látek, které ukazuje na erodovaný materiál – eutrofní potenciál této události je poměrně nízký.

TRENDY VÝVOJE P-PO₄

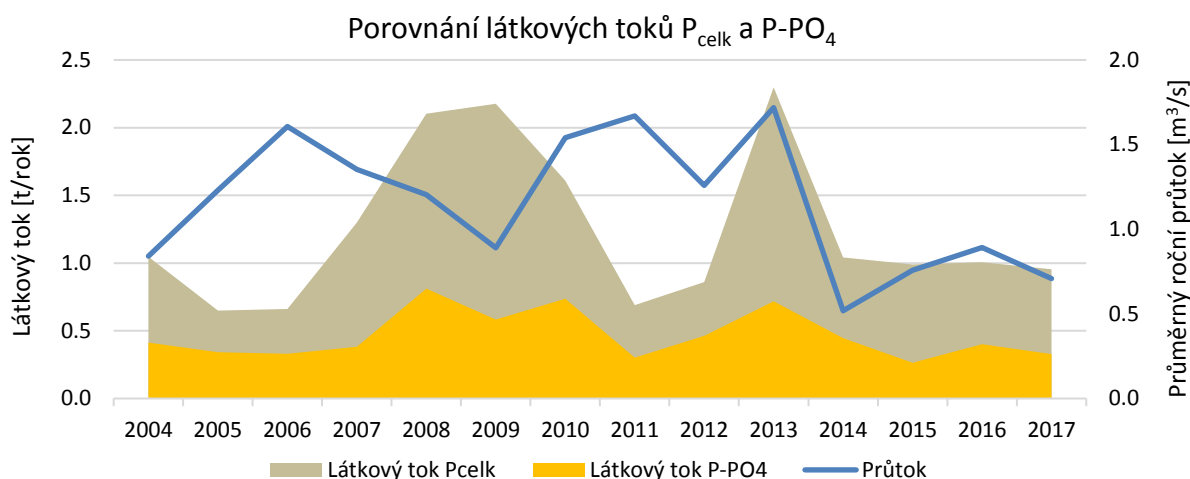
Koncentrace P-PO₄ se v profilu Úterský potok - Trpísty měří od roku 2000. Nicméně systematictější výsledky jsou až od roku 2004, kdy byly fosforečnany zařazeny v tomto profilu ke sledovaným prvkům s měsíční četností rozborů.

Níže uvedený graf (Obr. 2.3-15) zobrazuje vývoj koncentrací v profilu Trpísty v letech 2004 – 2017. V období 2004 – 2013 byly hodnoty koncentrací poměrně vyrovnané s vyššími koncentracemi v letech 2004 a 2005. Od roku 2014 je v profilu Trpísty pozorovatelné navýšení koncentrací P-PO₄ vlivem suchého období (rok 2014 hodnocen jako mimořádně suchý). Zejména vlivem suchého období posledních let má graf stoupavý trend, nicméně množství P-PO₄, které se dostává Úterským potokem do VD Hracholusky, zůstává stejné (Obr. 2.3-16).

Roční látkový tok P-PO₄ se v profilu Trpísty pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,8 tuny, s průměrným množstvím necelých 500 kg ročně. Úterský potok je výrazně menším tokem než Mže a proto zde tento ukazatel není tak vyrovnaný. Poměr celkového fosforu a fosforečnanového fosforu je v profilu Trpísty přibližně shodný s profilem Mže – Stříbro pod.



Obr. 2.3-15 Dlouhodobý vývoj koncentrací P-PO₄ v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 2004 - 2017

Obr. 2.3-16 Porovnání ročních látkových toků P_{celk} a $P\text{-PO}_4$ v letech 2010 - 2017

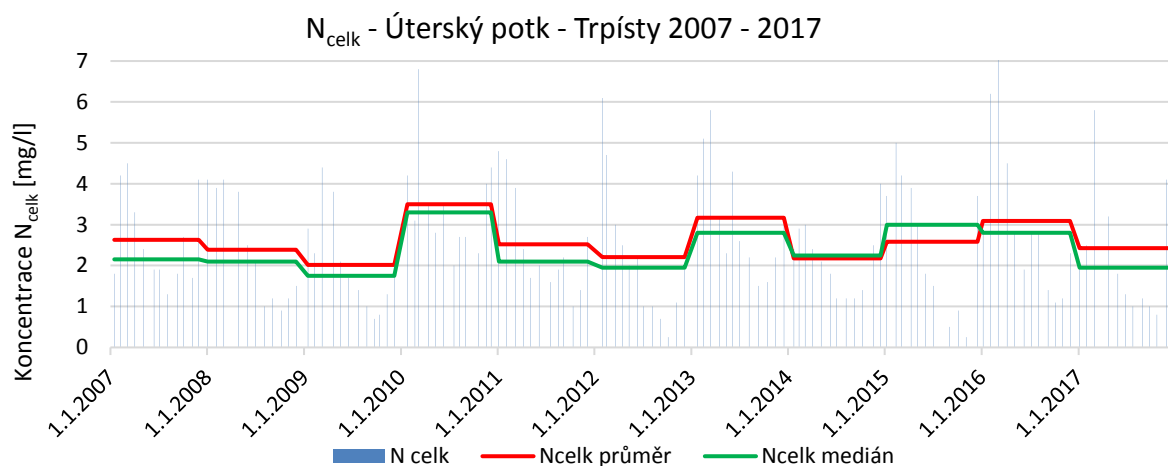
TRENDY VÝVOJE DUSÍKU (N_{celk} , $N\text{-NO}_3$ a $N\text{-NH}_4$)

Jak bylo uvedeno výše, mezi celkovým dusíkem a dusičnanovým dusíkem panuje silná závislost. Korelace mezi N_{celk} a $N\text{-NO}_3$ v profilu Úterský potok - Trpísty je ještě užší než na řece Mži. Konkrétně je koeficient korelace 0,98. Tyto ukazatele jsou ovlivňovány z největší části plošnými zdroji. Výše koncentrací amoniakálního dusíku pak závisí na způsobu čištění odpadních vod a vzdálenosti měrného profilu od těchto zdrojů.

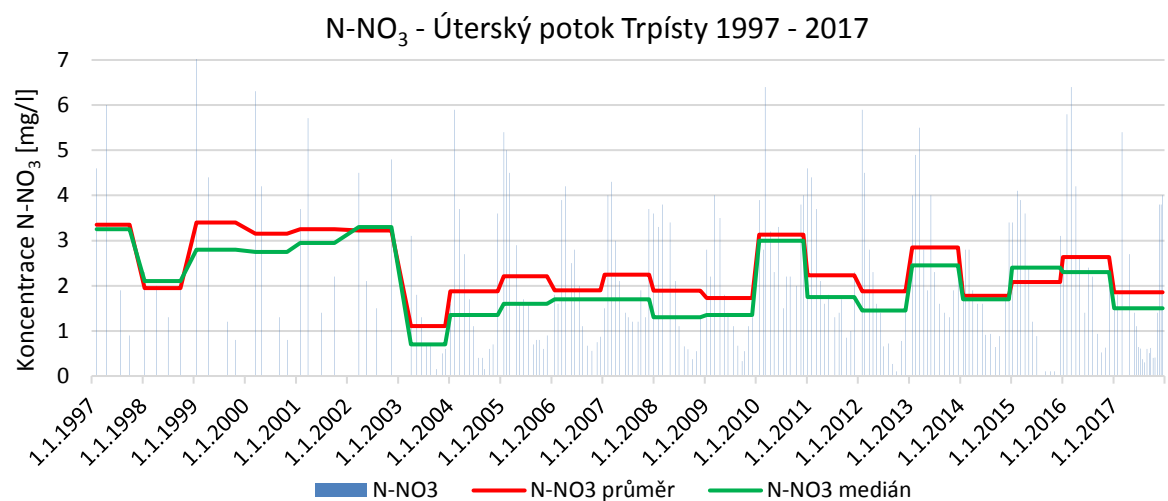
Následující grafy (Obr. 2.3-17, Obr. 2.3-18 a Obr. 2.3-19) zobrazují dlouhodobý vývoj koncentrací N_{celk} , $N\text{-NO}_3$ a $N\text{-NH}_4$ v profilu Úterský potok - Trpísty. Celkový dusík byl v tomto profilu monitorován až od roku 2007. Pro $N\text{-NO}_3$ a $N\text{-NH}_4$ je k dispozici delší časová řada (už od roku 1997), ale až od roku 2004 jsou k dispozici měsíční měření. Vlivem nedostatečného množství měření jsou průměrné hodnoty koncentrací v letech 1997 – 2003 jen obtížně porovnatelné s ostatními roky.

Meziroční variabilita je zde dána primárně klimatickými podmínkami jednotlivých let. Dlouhodobý vývoj koncentrací N_{celk} a $N\text{-NO}_3$ má vyrovnaný průběh a nelze pozorovat stoupající ani klesající trend. V porovnání s profilem Mže – Stříbro jsou koncentrace dusíku v Trpístech mírně nižší. Zákonné limity tedy splňují s poměrně velkou rezervou.

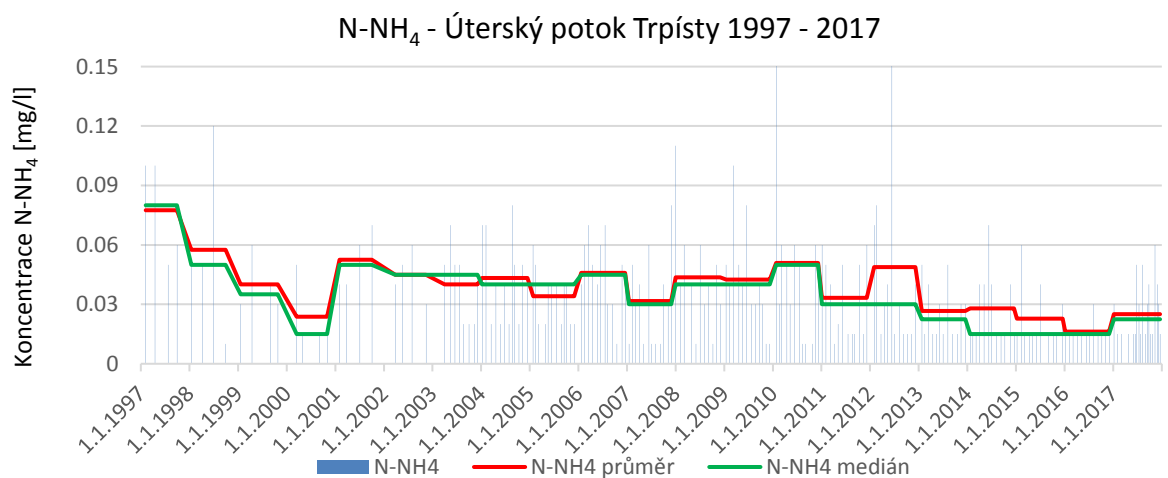
Nízké hodnoty amoniakálního dusíku poukazují na poměrně malé množství komunálních zdrojů v tomto povodí a korespondují s hodnotami P_{celk} . V dlouhodobém vývoji koncentrací můžeme spatřovat klesající trend, který je ale dán hlavně suchým obdobím posledních let. Se sníženými vodními stavy se prodlužuje doba dotoku a intenzivněji probíhají nitrifikační procesy, které koncentrace $N\text{-NH}_4$ snižují. Za běžné koncentrace v tomto profilu lze považovat koncentrace $N\text{-NH}_4$ za období 2004 – 2013 tj. 0,04 mg/l, což je ale stále velmi nízká hodnota hluboko pod zákonným limitem (limit dle NV č. 401/2015 Sb., $N\text{-NH}_4$ – roční průměr 0,23 mg/l).



Obr. 2.3-17 Dlouhodobý vývoj koncentrací N_{celk} v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 2007 - 2017



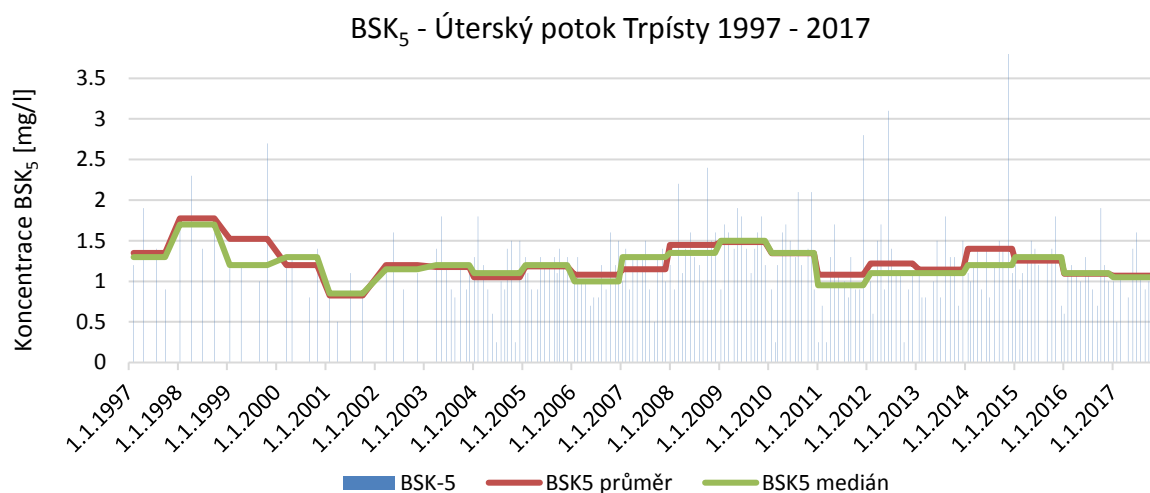
Obr. 2.3-18 Dlouhodobý vývoj koncentrací N-NO₃ v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 1997 - 2017



Obr. 2.3-19 Dlouhodobý vývoj koncentrací N-NH₄ v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 1997 - 2017

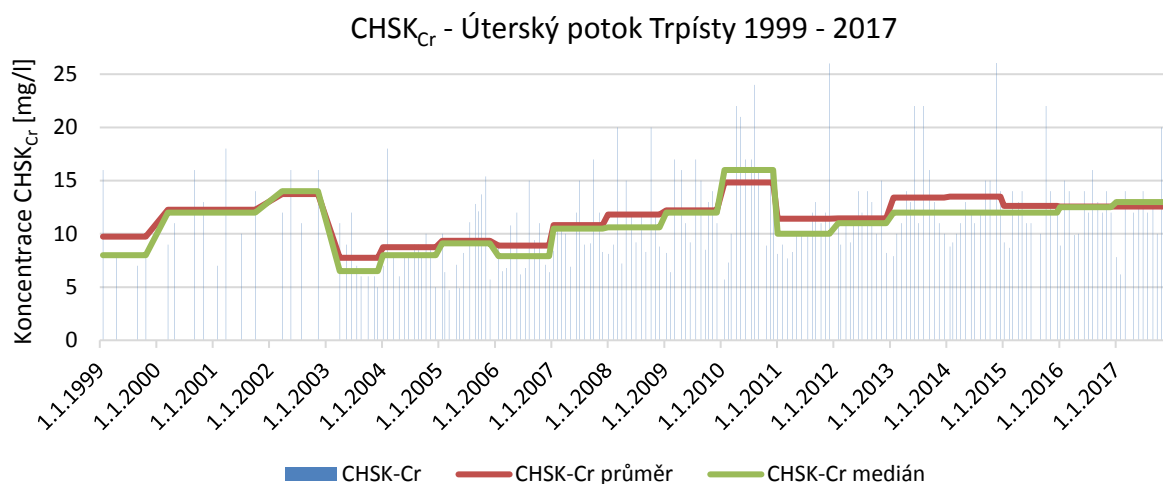
TRENDY VÝVOJE ORGANICKÉHO ZNEČIŠTĚNÍ BSK₅, CHSK_{Cr}

V profilu Úterský potok - Trpísty je patrné, že komunální znečištění není veliké. Také další z ukazatelů mapujících tento zdroj BSK₅ má v tomto profilu velmi nízké hodnoty (Obr. 2.3-20) hluboko pod zákonným limitem (limit dle NV č. 401/2015 Sb., BSK₅ – roční průměr 3,8 mg/l). Koncentrace v tomto profilu jsou ještě výrazně nižší než v profilu Mže – Stříbro pod. V Trpístech se pohybuje průměrná roční koncentrace BSK₅ v rozmezí 1 – 1,5 mg/l. Z dlouhodobého hlediska můžeme i zde označit vývoj koncentrací za neměnný, bez významnějších trendů.



Obr. 2.3-20 Dlouhodobý vývoj koncentrací BSK₅ v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 1997 - 2017

Také ukazatel CHSK_{Cr} v profilu Trpísty dosahuje poměrně nízkých hodnot a průměr koncentrací posledních let se pohybuje kolem hodnoty 12,5 mg/l (Obr. 2.3-21). Údaje měření jsou pro CHSK_{Cr} k dispozici až od roku 1999, před tímto rokem se organická hmota monitorovala prostřednictvím ukazatele CHSK_{Mn}. Monitoring tohoto ukazatele se časem opustil (s výjimkou některých odvětví) a dnes je již běžný ukazatel CHSK_{Cr}. Také zde se projevuje nedostatek dat z počátku měření, tj. do roku 2003. Od roku 2004 do 2010 je možné pozorovat nárůst koncentrací, ale od roku 2011 jsou již průměrné roční koncentrace poměrně vyrovnané.



Obr. 2.3-21 Dlouhodobý vývoj koncentrací CHSK_{Cr} v profilu Úterský potok - Trpísty za roky 1997 - 2017

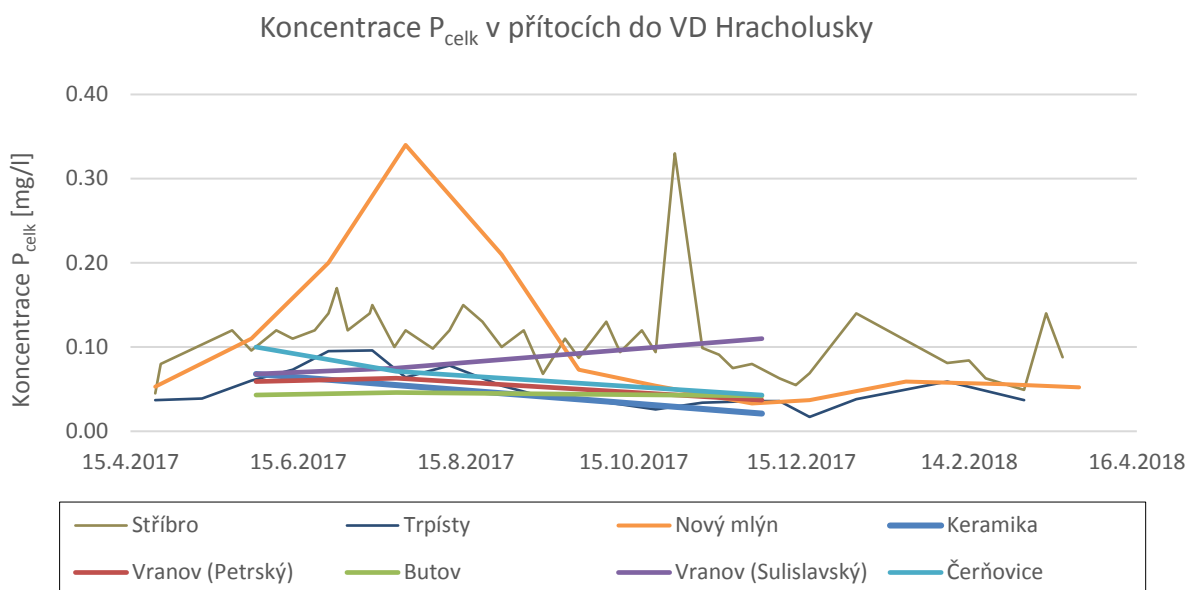
2.3.1.3 Drobné přítoky do VD Hracholusky

V rámci mimořádné monitorovací kampaně prováděné v období 04/2017 až 03/2018, byly v sezóně monitorovány také drobné přítoky do VD Hracholusky. Tento monitoring vyjadřuje rizikovost těchto přítoků pro VD Hracholusky. Drobnými přítoky rozumíme:

- *Luční potok – Keramika*
- *Petrský (Údolní) potok – Vranov*
- *Malovický potok – Butov*
- *Sulislavský potok – Vranov*
- *bezejmenný přítok Úterského potoka – Čerňovice*
- *Žabácký potok – Nový Mlýn – profil je dlouhodobě sledovaný Povodím Vltavy s.p.*

Jednotlivé toky jsou monitorovány co nejbližší nádrži. S výjimkou Žabáckého potoka (který je monitorován v měsíčním kroku), byly ostatní profily monitorovány pouze v létě a na podzim a to celkem 3x (30.5., 20.7. a 30.11). Následující graf (Obr. 2.3-22) udává vývoj koncentrací v monitorovaných přítocích VD Hracholusky. Pro srovnání zde jako podklad jsou uvedeny také koncentrace v profilech Stříbro pod a Trpísty. V profilu Nový Mlýn je patrný výrazný nárůst koncentrací v letním období. Tento profil byl ale sledován i v jiných letech a jeho koncentrace Pcelk nikdy nepřesáhla hodnotu 0,1 mg/l. Loňský nárůst koncentrací tedy není běžný jev.

Ostatní profily mají vzájemně poměrně podobný průběh. Odlehlejšími hodnotami jsou pouze měření v květnu profil Čerňovice (bezejmenný přítok Úterského p.) a v listopadu profil Vranov (Sulislavský p.). Celkově se u všech profilů jedná o hodnoty koncentrací spíše nižší, nacházející se pod úrovní koncentrace hlavního přítoku Mže. Také z bilančního hlediska představují drobné přítoky do nádrže zatížení v řádu desítek kilogramů Pcelk, kdežto v hlavním přítoku (řeka Mže) odhadujeme roční přísun fosforu na zhruba 20 tun.



Obr. 2.3-22 Koncentrace P_{celk} v přítocích do VD Hracholusky v období 04/2017 – 03/2018

2.3.2 Sezonalita hlavních přítoků VD Hracholusky

Většina ukazatelů jakosti vod není v čase konstantní, ale podléhá sezónním změnám. Koncentrace se mění v závislosti na dominantním zdroji dané látky, její dynamice a chování ve vodním prostředí a v neposlední řadě na základě jejich vztahu k průtokovým a klimatickým podmínkám. I když se jednotlivé roky měří základní měsíční chod koncentrací, mívá často charakteristické rozložení, které je platné nejen pro konkrétní profil, ale většinou shodné pro určitý ukazatel na většině profilů. Obecně se také dá říci, že čím větší plocha povodí nad monitorovacím profilem, tím jsou více potlačeny extrémní výkyvy a rozložení během roku se více blíží normálu.

Sezónní vývoj bude dále prezentován na profilu Mže – Stříbro pod, ale stejná pravidla jsou uplatněna také v dalším významném přítoku do VD Hracholusky, a to v profilu Úterský potok – Trpísty.

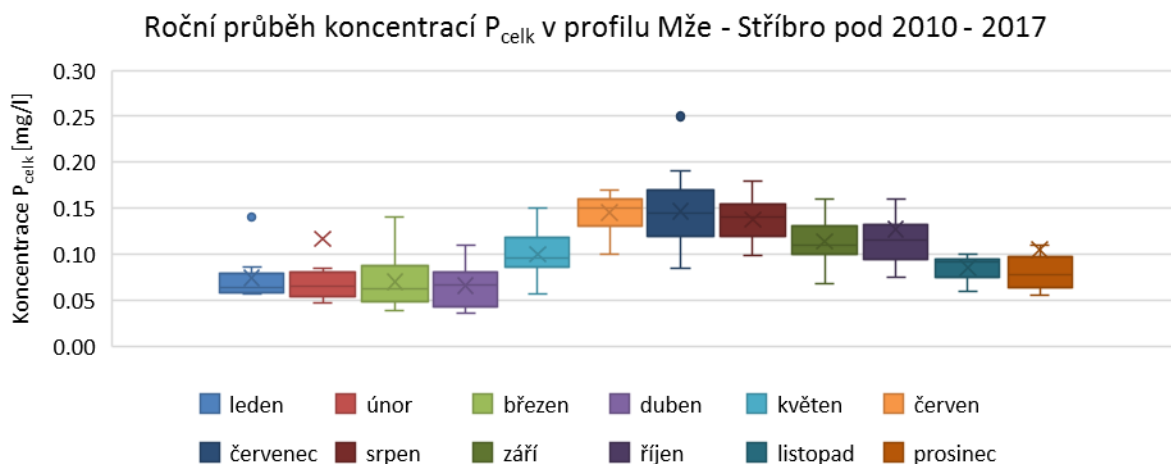
SEZÓNÍ VÝVOJ P_{CELK} a $P\text{-PO}_4$

Sezónní vývoj koncentrací na hlavních přítocích do VD Hracholusky má na průběh rozvoje sinic významný vliv. V letní sezóně se koncentrace fosforu na přítoku zvyšuje. Zatímco celoroční průměr koncentrace P_{celk} má v profilu Mže – Stříbro pod hodnotu zhruba 0,11 mg/l, v letních měsících (červenec až srpen) se koncentrace P_{celk} pohybují v blízkosti hodnoty 0,15 mg/l. Tato skutečnost je zapříčiněna nižší mírou ředění odpadních vod v letním (suším období). Střední hodnoty (mediány) látkových toků v jednotlivých měsících jsou pak relativně vyrovnané – v rozmezí 900 – 1650 kg měsíčně. Maxima látkových toků jsou v jarních měsících, kdy zvýšený průtok přináší P_{celk} , který se v letních měsících usazoval v korytech toků.

Následující graf (Obr. 2.3-23) zobrazuje rozmezí koncentrací P_{celk} pro jednotlivé měsíce, ve kterých se pohybují měřené hodnoty. Jako období pro takovéto zobrazení jsme využili roky 2010 až 2017. Jedná se o období bez velkých meziročních výkyvů a proto je zde možné dobře pozorovat roční cyklus chování koncentrací P_{celk} . Odlehlé body koncentrací jsou často spojeny s významnými srážkoodtokovými událostmi, při kterých se do vodních toků dostává odlehčená voda z jednotlivých

kanalizačních systémů a také erodovaný materiál bohatý na fosfor. Takové události jsou z pohledu bilance fosforu velmi významné. Na příkladu v roce 2017 bylo popsáno, že se jedná o téměř polovinu ročního přísunu P_{celk} do nádrže, ale zároveň je třeba uvést, že fosfor je zde ve velké míře vázán na půdní částice a nemá eutrofní potenciál.

Sezónní vývoj $P\text{-PO}_4$ je shodný s vývojem P_{celk} , ale s tím rozdílem, že není do takové míry ovlivněn mimořádnými průtokovými událostmi - při mimořádných průtocích většinou nedochází ke zvýšení koncentrací $P\text{-PO}_4$. Tato situace neplatí, pokud je zachycena první vlna z odlehčených vod.



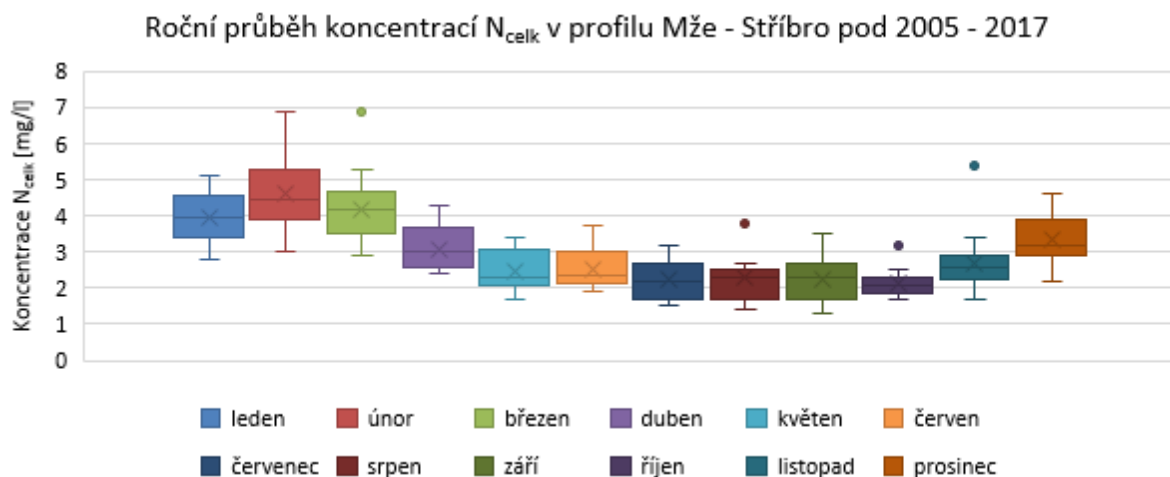
Obr. 2.3-23 Roční průběh koncentrací P_{celk} v profilu Mže - Stříbro pod 2010 - 2017

SEZÓNŇÍ VÝVOJ N_{CELK} A $N\text{-NO}_3$

Vývoj měsíčních koncentrací N_{celk} v roce je zcela odlišný od cyklu fosforu. Je to způsobeno primárně odlišným dominantním zdrojem. U P_{celk} bylo hlavním zdrojem komunální znečištění, kdežto u dusíku převažují plošné zdroje a zejména zemědělská výroba.

Následující graf (Obr. 2.3-24) zobrazuje vývoj měřených koncentrací v profilu Mže – Stříbro pod v letech 2005 – 2017. Stejně jako u fosforu bylo zvoleno období s již vyrovnaným meziročním chodem.

Celkový dusík a dusičnanový dusík spolu úzce korelují a proto i jejich roční cyklus je shodný. Koncentrace těchto forem dusíku sledují roční cyklus průtoků, se zvyšujícím se průtokem stoupá také koncentrace N_{celk} a $N\text{-NO}_3$. Protože se tedy potkává období nejvyšších průtoků s nejvyššími koncentracemi, jsou z bilančního hlediska nejvýznamnější první 4 měsíce v roce. V období leden až duben odtečou z povodí 2/3 ročního množství dusíku.

Obr. 2.3-24 Roční průběh koncentrací N_{celk} v profilu Mže - Stříbro pod 2005 - 2017

2.3.3 Rozšířený monitoring povrchových a odpadních vod v povodí VD Hracholusky

Od dubna 2017 do března 2018 probíhala mimořádná monitorovací kampaň, zajišťovaná Povodím Vltavy, s.p. pro Plzeňský kraj, která doplnila měření ze sítě pravidelného jakostního monitoringu Povodí Vltavy, s.p.. Aby bylo možné co nejdetailněji zhodnotit nashromážděné údaje, bylo rozhodnuto, že data obou monitoringů budou sloučena a společně vyhodnocena.

Za uvedené období je z obou paralelně probíhajících monitoringů k dispozici celkem 572 vzorků koncentrací celkového fosforu z 69 profilů na vodních tocích a hladinách rybníků v povodí VN Hracholusky. Mimořádný monitoring Plzeňského kraje byl zacílen především na podchycení jakostních ukazatelů v letní sezóně. Letní sezónou v této studii chápeme období od května do září včetně, zimní sezónu vymezujeme od října do dubna. Podle uvedeného zařazení bylo v letní sezóně pořízeno 281 vzorků pro celkový fosfor v 66 profilech, zatímco v déletrávající zimní sezóně se jednalo o 291 vzorků ze 48 lokalit.

V rámci monitorovací kampaně byl u některých profilů měřen také okamžitý průtok. Pro období od dubna 2017 do března 2018 je k dispozici dohromady 89 hydrometrických měření z 10 profilů. V rámci lokalit, kde současně probíhá pravidelné jakostní i kvantitativní sledování povrchových vod (limnigrafické stanice), je možné odběrným termínům přiřadit vyhodnocené hodnoty průtokového množství.

Kompletní seznam jakostních profilů zahrnutých do rozšířené monitorovací kampaně 2017/2018 je zařazen do tabulky, uvedené na konci kapitoly. Tato shrnuje počty měření i průměrné pozorované koncentrace celkového fosforu s rozlišením sezóny, stejně jako zaznamenané tendence vývoje koncentrací v podélných profilech významnějších toků. Z důvodu časové nerovnoměrnosti jakostních odběrů během probíhající kampaně jsou vyjádřené průměrné hodnoty koncentrací porovnatelné jen orientačně. Zvláště v případě malého počtu měření může být výsledek ovlivněn odlehlými hodnotami. Polohu jakostních profilů zahrnutých do kampaně 2017/2018 přináší obrázek Obr. 2.3-35. Tento je zařazen rovněž na konci kapitoly 2.3.3.

Průměrné koncentrace celkového fosforu v letní sezóně jsou prezentovány na obrázku Obr. 2.3-25. Barevná škála symbolu rozlišuje velikost průměrné koncentrace, zatímco velikost symbolu

odkazuje na počet měření, ze kterého byl aritmetický průměr odvozen. Na obrázku Obr. 2.3-26 je obdobné vyjádření pro zimní sezónu.

Vývoj látkového toku P_{celk} v podélných profilech vybraných toků v povodí VN Hracholusky

Podélné profily látkového toku vychází z mimořádné monitorovací kampaně, která probíhala v roce 2017 a 2018. Látkový tok je zpracován pro sezónu letní a zimní. Letní sezóna zahrnuje období květen – září a zimní pak zbývajících 7 měsíců. Velikost látkových toků v letní sezóně je ovlivněna kratším obdobím a také významným vlivem retardace fosforu ve vodních tocích, která se v suchých obdobích (sezóna 2017) projevuje výrazněji. Tato retardace se v některých částech toku projevuje dokonce snižováním látkového toku.

Látkový tok mimo sezónu je ovlivněn delším časovým obdobím a zvýšením průtoků, nicméně monitorovací kampaň probíhala v době snížených průtoků, které se projeví i v zimním období, tj. nedosahuje hodnot normálu. Díky tomu se i zde stále projevuje dočasná retardace fosforu v tocích a nárůst látkových toků mezi některými profilem je jen malý nebo žádný. V případě profilu Petrův Mlýn na Úhlavce dochází i k jeho snižování.

Prezentované výsledky vychází z monitoringu koncentrací. Pro výpočet látkových toků byly použity průtoky z limnigrafických stanic (LG), jejichž údaje byly interpolovány pro místa jakostních profilů. Protože průtoky nebyly měřeny zároveň s jakostí, interpretace výsledků tedy nemusí být zcela přesná. Průběh látkových toků je třeba vnímat jako orientační (krátké období = omezený počet měřených údajů = citlivost na odlehle hodnoty, odtok z dílčích částí povodí byl modelován jednoduchými metodami, u Úterského potoka a Úhlavky pouze na základě jediné vodoměrné stanice).

Podélné grafy vývoje látkových toků byly vytvořeny pro toky Mže, Úterský potok a Úhlavka, ostatní toky neměly k dispozici dostatečné množství průtokových dat. Zřetelně nevěrohodné hodnoty byly v rámci podélných profilů korigovány za účelem získání plynulejšího (pravděpodobněji) vývoje. Drobnější nedostatky byly ponechány tak, jak vyplývají z dostupných dat.

Červené popisky označují profily jakostního monitoringu, LG (zelené písmo) vyjadřují vodoměrné profily.

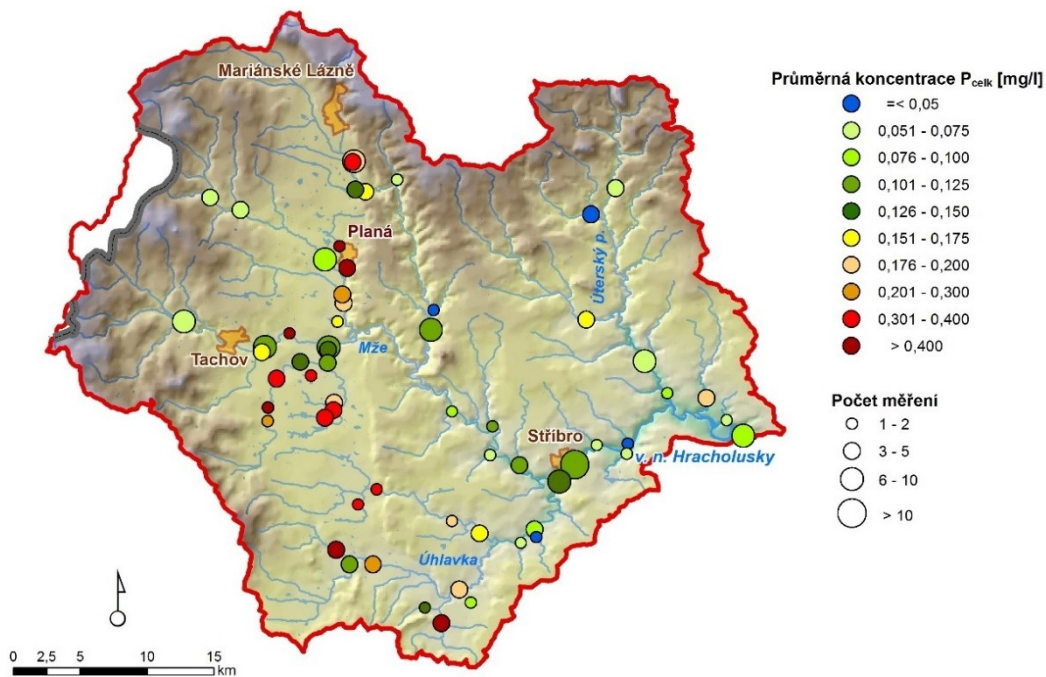
2.3.3.1 Mže – výsledky monitoringu

Podrobněji jsme zkoumali sezónní vývoj koncentrací ukazatele P_{celk} v podélném profilu řeky Mže (s ohledem k vzduší VN Hracholusky pouze mezi profilem *VN Lučina - odtok* a *Stříbro*). Vycházeli jsme ze sezónních aritmetických průměrů naměřených údajů. Kromě využití monitorovaných lokalit na hlavním toku bylo třeba bilančně dopočítat uzlové profily v místech významných přítoků.

Pro stanovení sezónních koncentrací v celé soustavě profilů bylo nezbytné určit příslušné průtoky reprezentující uvažovaný časový úsek. Průměrné sezónní průtoky byly stanoveny z vyhodnocených časových řad denních průtoků existujících vodoměrných stanic. V profilech ležících mimo síť vodoměrných stanic byly průtoky interpolovány pomocí poměrů ke známým či odhadnutým dlouhodobým vodnostem za období 1981-2010. Jelikož u několika vodoměrných stanic nebyly k dispozici průtokové údaje z období leden až březen 2018, bylo rozhodnuto pro orientační zhodnocení daného období prostřednictvím využití dat z předchozího kalendářního roku.

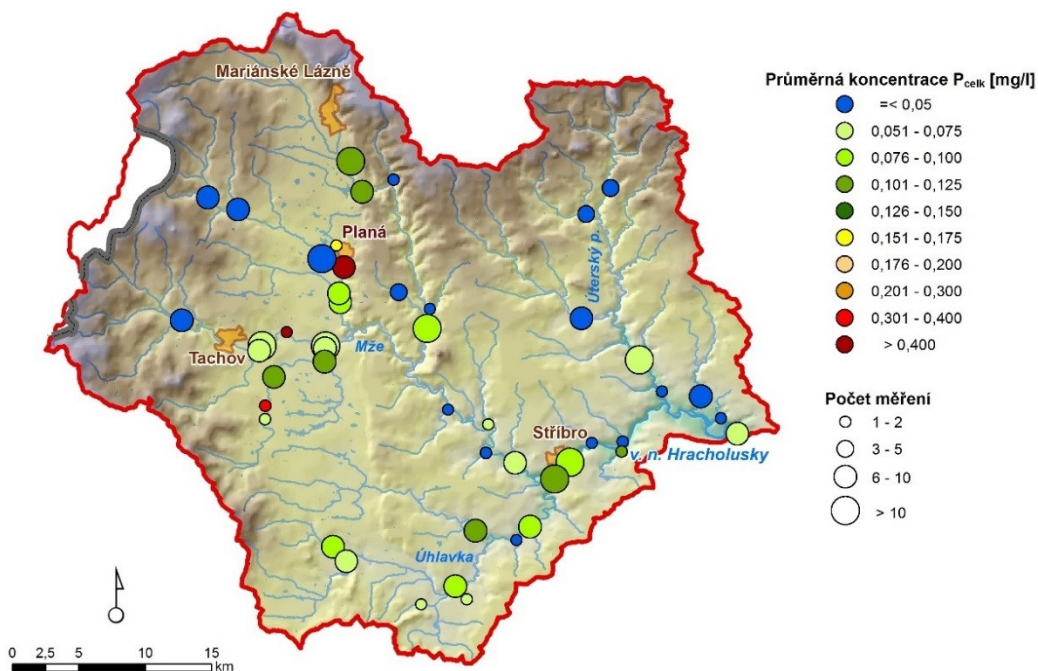
Popsaný postup je značným zjednodušením skutečnosti a nenahrazuje plnohodnotně jakostní model. Cílem však bylo v co největší míře zužitkovat údaje mimořádného monitoringu, který byl časově i prostorově nerovnoměrný a v mnoha případech nebylo k dispozici měření průtoků, i za cenu vyšší nejistoty při interpretaci výsledků. Omezená spolehlivost dosažených poznatků je kromě jiného dána také relativně krátkým obdobím pozorování znamenající náchylnost na odlehle hodnoty.

Průměrná koncentrace celkového fosforu v letní sezóně
 monitorovací kampaň 4/2017 - 3/2018



Obr. 2.3-25 Průměrná koncentrace celkového fosforu v letní sezóně při kampani 2017/2018

Průměrná koncentrace celkového fosforu v zimní sezóně
 monitorovací kampaň 4/2017 - 3/2018



Obr. 2.3-26 Průměrná koncentrace celkového fosforu v zimní sezóně při kampani 2017/2018

Idealizovaný vývoj průměrných sezónních koncentrací celkového fosforu v podélném profilu Mže v úseku mezi monitorovacími profily VN Lučina odtok a Stříbro je zachycen na obrázku Obr. 2.3-27. Idealizace spočívá mj. v tom, že v říčních úsecích ohraničených odběrnými místy nebo profily bilančně dopočítanými lze předpokládat lineární vývoj koncentrací a není uvažováno s nerovnoměrností v důsledku bodového zdroje znečištění, popř. retence fosforu v úsecích s mírným prouděním. U vybraných a významem nejdůležitějších komunálních zdrojů (Tachov a Stříbro) zpracovatel vycházel z evidované průměrné hodnoty vypouštěného množství P_{celk} pro příslušnou ČOV za rok 2017, ke které bylo připočítáno předpokládané množství znečištění v důsledku úniků na kanalizaci. Kromě bilančně odvozených průměrných sezónních koncentrací obrázků Obr. 2.3-27 znázorňuje hodnoty měřených koncentrací. Měřené koncentrace v profilech na hlavním toku byly doplněny o tytéž ukazatele v profilech významných přítoků ležících v blízkosti samotného zaústění do Mže, tyto hodnoty jsou v grafu vyznačeny zelenou barvou.

Na první pohled je zřetelné, že letní sezóna zkoumaného období se vyznačuje vyššími koncentracemi celkového fosforu a větší nerovnoměrností jeho vývoje v podélném profilu. V letní sezóně se vlivem nižšího ředění více propagují bodové zdroje a zvyšují koncentrace P_{celk} v tocích. Zároveň je ale fosfor také při nízkých průtocích zachycován v říční síti a dočasně zadržován. Tento princip můžeme pozorovat hlavně u menších toků, nárůst koncentrací v létě proto není úměrný poklesu průtoků. U fosforu, který se tímto způsobem zachytí v korytě toků je ale riziko jeho opětovného uvolnění při vyšších průtocích.

Prvním monitorovacím bodem na horním toku Mže je profil pod VN Lučina. Jedná se o vodárenskou nádrž a hodnoty koncentrací na jejím odtoku jsou redukovány její retenční schopností. Koncentrace celkového fosforu jsou zde relativně nízké a nízkými zůstávají až k vyústění ČOV v Tachově. V roce 2016 město Tachov razantním způsobem snížilo množství vypouštěného P_{celk} , přesto odpadní vody z Tachova podstatně zvyšují látkovou bilanci celkového fosforu. Řeka Mže je zde ještě poměrně málo vodná a ovlivnění větším městem je tak stále citelné. Následně přítékající Brtný potok se v letní sezóně též podílí na mírném zvýšení koncentrace P_{celk} .

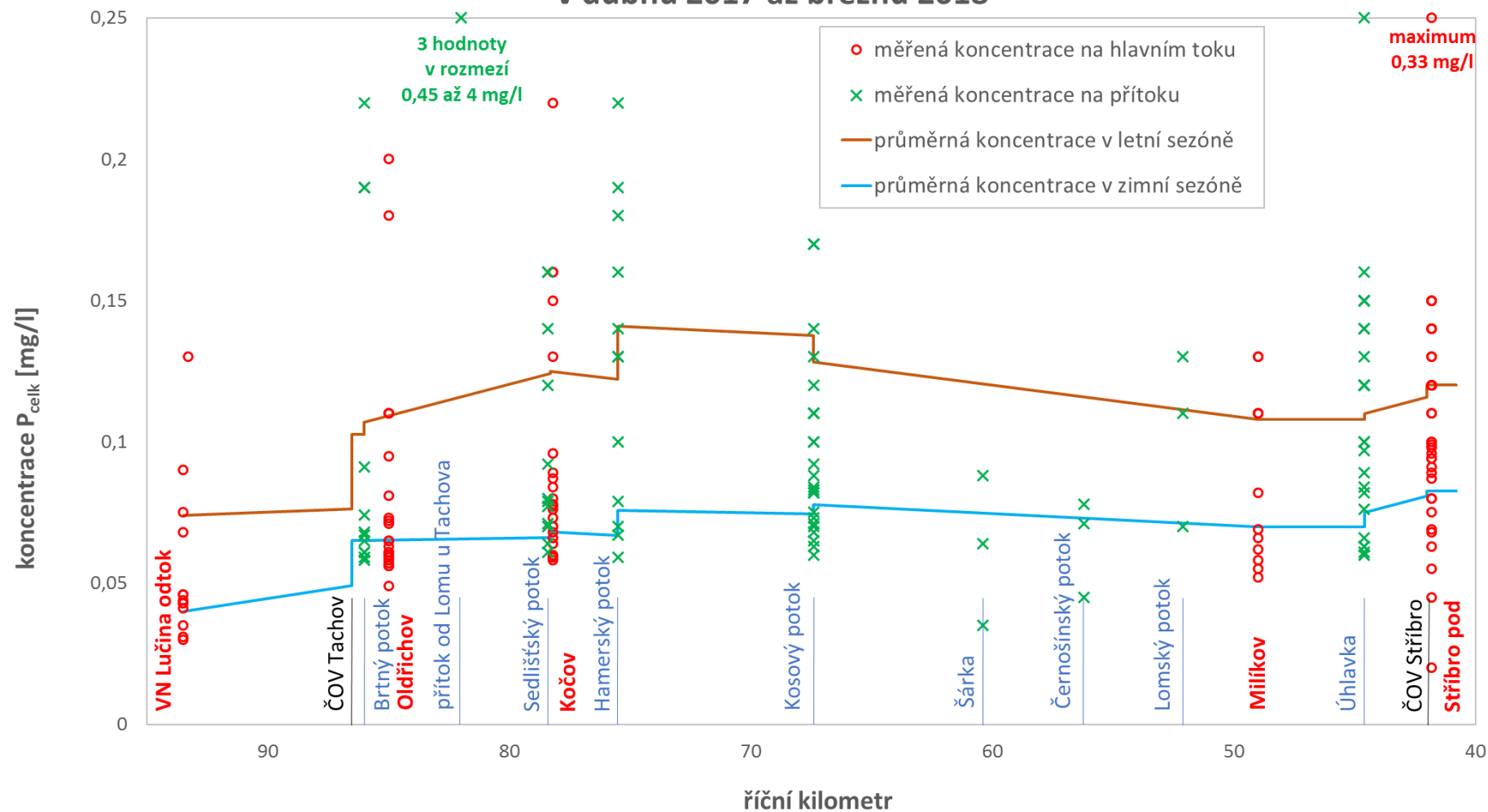
V navazujícím říčním úseku mezi Brtným potokem a Sedlišťským potokem dochází k dalšímu podstatnému zvyšování koncentrací P_{celk} , především v letní sezóně. V předmětném úseku se nachází z větších zdrojů znečištění ČOV Lom u Tachova a ČOV Kočov. Zajímavé je, že zaznamenaný bilanční nárůst látkového toku celkového fosforu činí přibližně 400 kg za rok (pokud datovou množinu omezíme jen na údaje pořízené ve stejných termínech). Látková produkce obou čistíren, a dalších bodových zdrojů v této oblasti, která je v této hodnotě již obsažena, je výrazně nižší. Větší část disproporce, spadající rozhodující částí do letní sezóny, připisujeme únikům v kanalizační síti tamních ČOV. Zbýlá část zaznamenaného rozdílu může být dána nejistotou bilančního výpočtu založeného na omezeném počtu jakostních údajů. Zvýšená pozornost by měla být věnována odpadním vodám z Lomu u Tachova, pro který nejsou k dispozici měřená data na přítoku do ČOV, proto nemohly být vypočítány úniky na kanalizačním systému.

Z hlediska vývoje celkového fosforu v podélném profilu řeky Mže v úseku do VN Hracholusky lze za nejvýznamnější zdroj označit Hamerský potok. Tento recipient přinesl v letní sezóně zkoumaného období přibližně 1/3 množství látkové bilance celkového fosforu ve vodoměrné stanici Mže – Stříbro, zatímco v zimní sezóně to bylo 23 %. Velký látkový tok v Hamerském potoce je způsoben vypouštěním obce Planá (více informací je v části týkající se Hamerského potoka). V úseku mezi zaústěním Hamerského a Kosového potoka hodnoty koncentrací P_{celk} v letní i zimní sezóně víceméně stagnují.

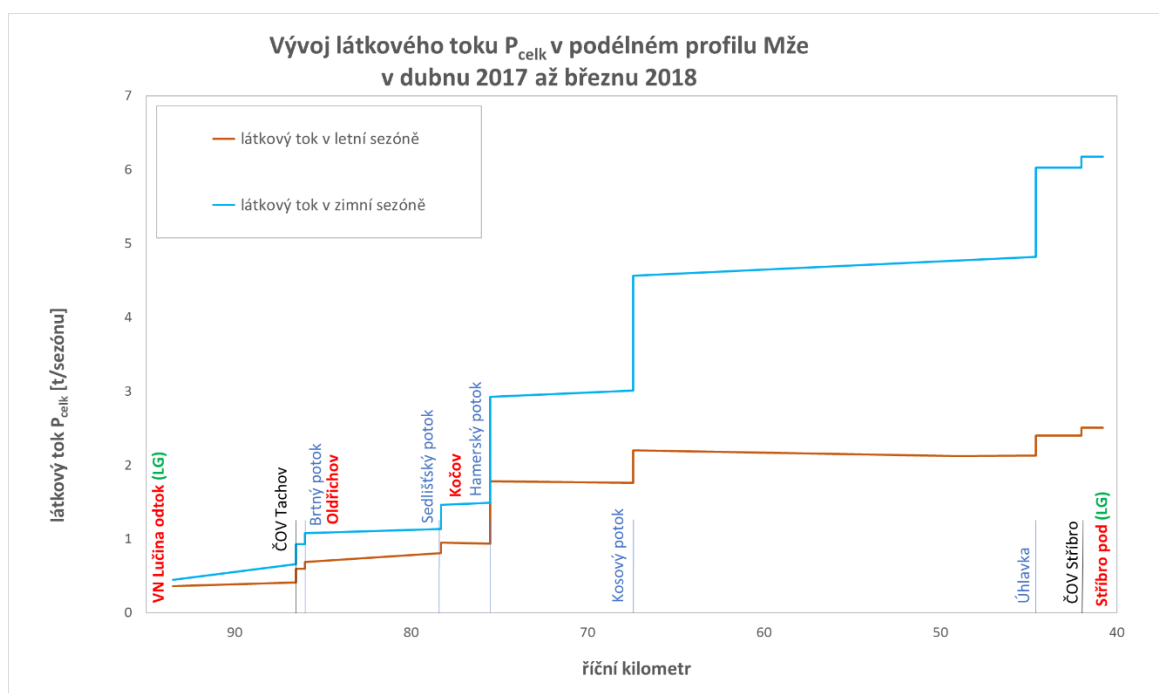
Méně než 1/4 celkového látkového toku v profilu Mže – Stříbro u ukazatele P_{celk} přináší Kosový potok. V letní sezóně byl tento podíl nižší (18 %) než v sezóně zimní (25 %). Vzhledem k přítomnosti Mariánských Lázní ležících na přítoku Kosového potoka, jakožto největšího komunálního zdroje v celém

povodí VN Hracholusky, se tyto hodnoty jeví jako poměrně příznivé. Díky významnému příspěvku k celkovému průtoku se Kosový potok v letní sezóně projevuje snižováním koncentrací u ukazatele $P_{\text{celk.}}$.

Měřené a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Mže v dubnu 2017 až březnu 2018



Obr. 2.3-27 Měřené a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Mže při kampani 2017/2018



Obr. 2.3-28 Vývoj látkového toku P_{celk} v podélném profilu Mže (duben 2017 až březen 2018)

V zimní sezóně je pozorován opačný efekt, kdy Kosový potok průměrnou koncentraci celkového fosforu mírně zvyšuje. K uvedeným informacím je nutné doplnit, že zachycení významné látkové vlny v důsledku odlehčení komunálních odpadních vod běžnou monitorovací kampaní je málo pravděpodobné. Reálný stav zatížení VN Hracholusky Mariánskými Lázněmi může být a pravděpodobně je daleko větší, než lze vyčíst z jednotlivých měřených koncentrací. Totéž platí i pro další významné komunální zdroje odpadních vod.

Pod Kosovým potokem pokračuje mírný pokles koncentrací celkového fosforu ve Mži k profilu Milíkov, pravděpodobně však ještě dále k zaústění Úhlavky. Drobné, nárazově monitorované přítoky nepředstavují významný činitel látkové bilance celkového fosforu.

V důsledku nižší vodnosti území a její rozkolísanosti, látkový tok celkového fosforu Úhlavky v zaústění do Mže v zimní sezóně odpovídá přibližně 20 % bilance Mže ve Stříbře, zatímco v letní sezóně je to jen 11 %. Z toho plyne výraznější navýšení průměrné koncentrace v podélném profilu Mže v zimě.

Město Stříbro podle dat monitoringu jen mírně zvyšuje koncentrace celkového fosforu ve Mži. Díky podstatně nižšímu látkovému toku se v horní části povodí zřetelněji projevuje vliv města Tachov, než právě diskutované Stříbro. Podle dostupných údajů byla látková produkce celkového fosforu města Tachov v roce 2017 přibližně o 100 kg vyšší, než stejný ukazatel pro město Stříbro. Město Stříbro se již nachází v blízkosti vzdutí VD Hracholusky, kromě zatížení které představuje vypouštění zbytkového znečištění z ČOV, je zde také silné riziko v podobě odlehčení na jednotné kanalizaci. Tento vliv se jen velmi těžko zachycuje pravidelným monitoringem. Zachytit látkovou vlnu při dešťové události se v tomto městě podařilo v květnu r. 2018 (kapitola 2.1.1 a 2.1.2).

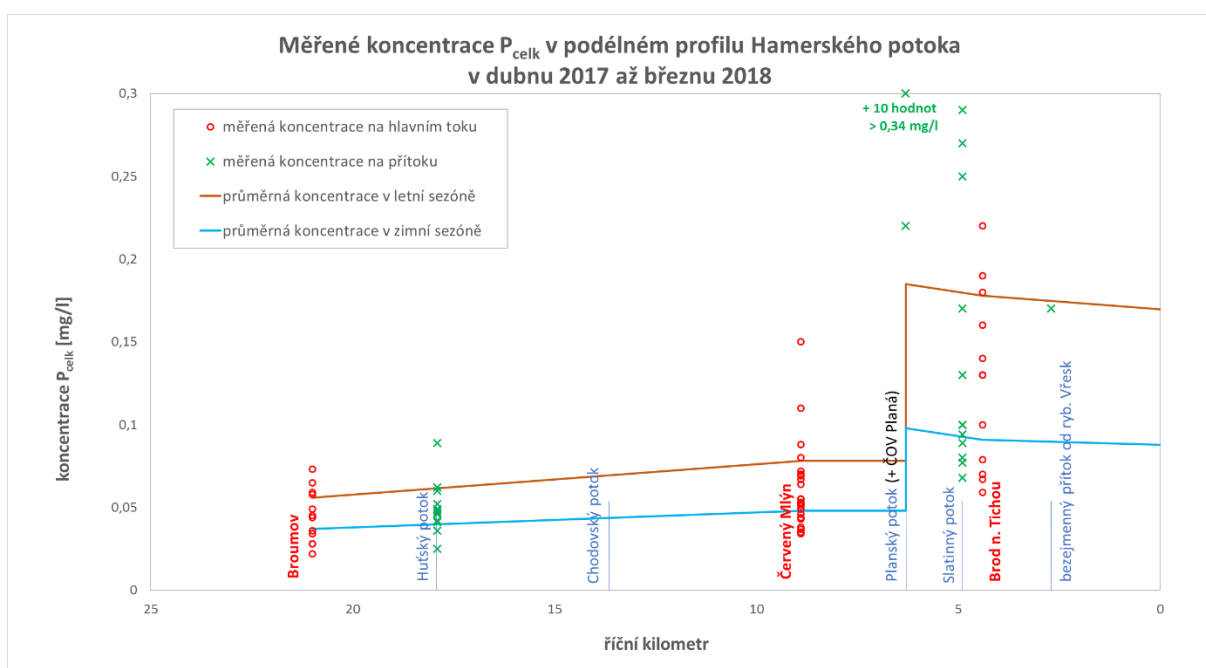
Níže pod Stříbrem řeka Mže přechází do vzdutí VN Hracholusky.

2.3.3.2 Hamerský potok – výsledky monitoringu

Pozorované koncentrace celkového fosforu v podélném profilu Hamerského potoka, s odlišením měření na významných přítocích, přináší obrázek Obr. 2.3-29. K provedení bilančního výpočtu mezilehlých profilů obdobným způsobem jako u Mže není v daném případě dostatek měřených údajů (koncentrací ani průtoků), proto bylo přistoupeno ke konstrukci schematizovaného podélného vývoje koncentrací celkového fosforu. Tam, kde to empirické údaje umožňovaly, byly využity sezónní aritmetické průměry. Schematizovaný vývoj sledovaného ukazatele v podélném profilu Hamerského potoka v obrázku Obr. 2.3-29 je třeba brát jako orientační.

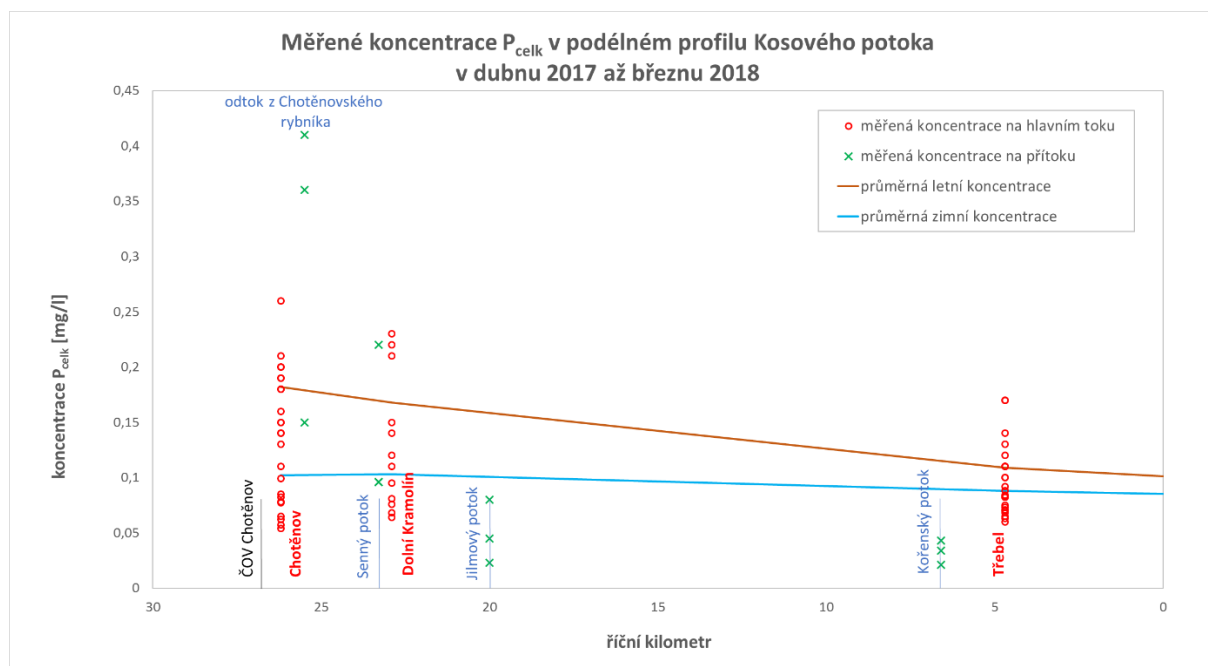
Specifikem povodí Hamerského potoka je okolnost, že látkové zatížení přináší především jeho přítoky. Celá horní polovina povodí Hamerského potoka má minimum komunálních zdrojů a dosahuje koncentrací celkového fosforu na úrovni téměř pozadových hodnot. Platí to i pro jeho přítoky, například monitorovaný Huťský potok. Prvním významným a zároveň největším zdrojem celkového fosforu v povodí je město Planá na Planském potoce. Díky malé ploše povodí a silnému komunálnímu zdroji jsou koncentrace pod městem Planá nejvyšší z celého povodí VN Hracholusky (pokud uvažujeme pouze pravidelně měřené profily). Podle evidovaných údajů emitovala v roce 2017 ČOV Planá přibližně 1,4 t celkového fosforu. Město má také problém s úniky na kanalizačním systému, které dále zvyšují zatížení recipientu. Úniky na kanalizačním systému zde byly vypočteny na necelých 500 kg P_{celk} , ale je možné, že se jedná i o větší hodnotu. Odhad ročního látkového toku v profilu Hamerského potoka nad Mží za období 4/2017 - 3/2018 činí více než 3 000 kg P_{celk} . I proto se lze domnívat, že úniky na kanalizaci jsou vyšší, než je výše stanovené množství. Odhad množství byl dále proveden jakostním modelem.

Poměrně vysoké koncentrace celkového fosforu jsou zaznamenávány ale také na dalším z přítoků Hamerského potoka, na Slatinném potoce. Lze předpokládat, že se jedná o projevy anoxie z rybníků v povodí a také o vliv nečištěných, případně nedostatečně čištěných, komunálních zdrojů.



Obr. 2.3-29 Měřené a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Hamerského potoka při kampani 2017/2018

2.3.3.3 Kosový potok – výsledky monitoringu



Obr. 2.3-30 Měřené a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Kosového potoka při kampani 2017/2018

Poloha Mariánských Lázní předurčuje vývoj celkového fosforu v podélném profilu Kosového potoka. Až do zaústění komunálních odpadních vod z tohoto sídla lze očekávat velmi nízké koncentrace P_{celk} (údaje však nejsou k dispozici, horní úsek Kosového potoka není monitorován). V místě zaústění komunálního znečištění následuje prudký vzestup koncentrací s jejich postupným poklesem v důsledku naředění a látkové retence. Důležitým prvkem je pravobřežní rybník u Chotěnova. Tato vodní plocha významným způsobem akumuluje probíhající odlehčení odpadních vod a svojí retenční schopností snižuje odtokové koncentrace P_{celk} . Vzhledem k velkému množství odpadních vod uvolněných do tohoto rybníka jsou na jeho odtoku stále vysoké hodnoty koncentrací P_{celk} . Samotná ČOV Chotěnov (Mariánské Lázně) vypouští velké množství P_{celk} , ale vzhledem k nízkým nátokovým koncentracím a přiměřené účinnosti odstraňování fosforu, jsou odtokové koncentrace P_{celk} velmi nízké (0,36 mg/l). Kosový potok je zde již poměrně vodním tokem (Q_a je přibližně 0,73 m³/s) a proto zde dochází k dalšímu naředění. Za Chotěnovem pak Kosový potok protéká delším úsekem mokřadů, které obzvláště v letním období mohou zadržovat významné množství fosforu. Následuje asi 20 km Kosového potoka s poměrně přirozeným charakterem. V meandrujících částech toku může dále probíhat retardace P_{celk} . Všechny tyto přirozené podmínky pomáhají snižovat dopad největšího zdroje P_{celk} v povodí na samotnou řeku Mži, potažmo VD Hracholusky, přesto je zde výrazný potenciál ke zlepšení stavu.

Měřené koncentrace celkového fosforu v podélném profilu Kosového potoka, s odlišením pozorování na významných přítocích, ukazuje obrázek Obr. 2.3-30. Získaná data vypovídají o rozdílných možnostech vývoje koncentrací v rámci vymezených sezón. V zimním období v důsledku zvýšené vodnosti dochází k obnovení transportních procesů a zesílenému působení plošných zdrojů. Zimní koncentrace celkového fosforu v Kosovém potoce od Chotěnova až do zaústění do Mže proto na rozdíl od letního poklesu stagují.

Nárazově monitorované přítoky Kosového potoka (Jilmový potok a Kořenský potok) mají velmi nízké koncentrace P_{celk} . Zvýšené koncentrace byly zaznamenány na Senném potoce, zřejmě v důsledku sezónního působení rybníka Regent. Ve srovnání s profily ovlivněných rybníků v méně vodných částech povodí VN Hracholusky se však i zde jedná o relativně nízké hodnoty koncentrací celkového fosforu.

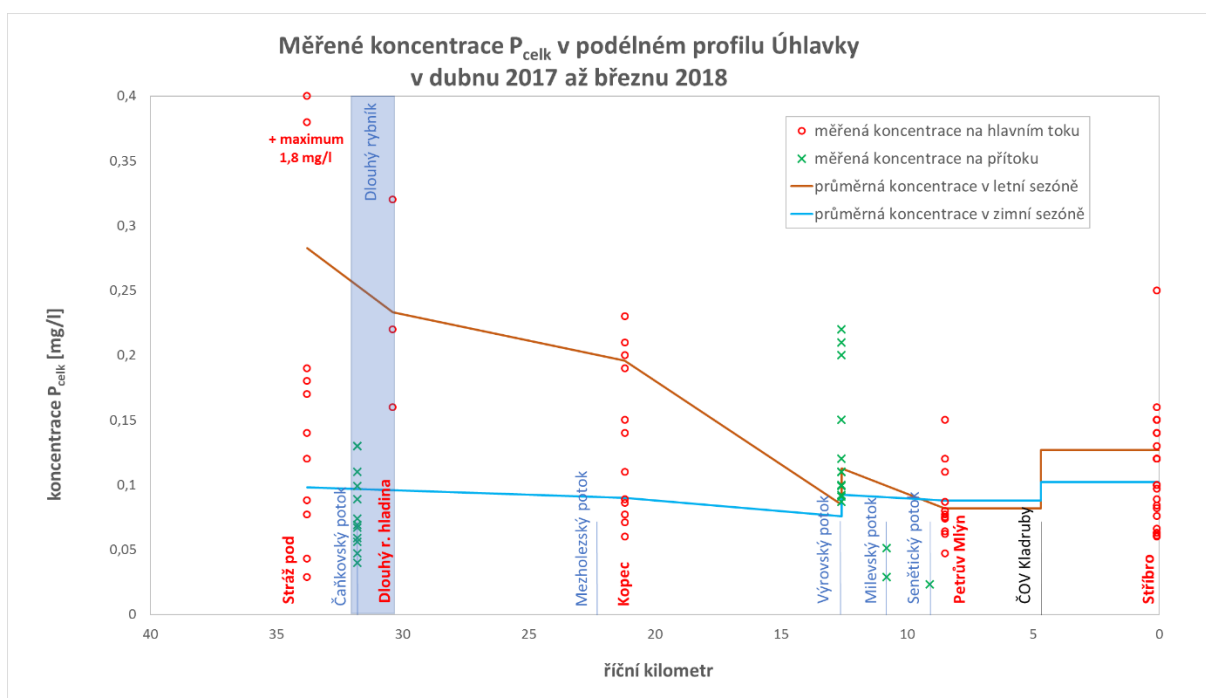
2.3.3.4 Úhlavka – výsledky monitoringu

V povodí Úhlavky se nenachází skutečně velká sídelní jednotka produkující komunální znečištění. Nejlidnatější je zde město Kladruby s přibližně 1600 obyvateli. Zastoupení velkého množství rybníků na jednu stranu vytváří riziko sezónních nárůstů koncentrací P_{celk} vlivem anoxických procesů, na straně druhé představuje soustavu retenčních prvků. V podélném profilu Úhlavky zaznamenáváme, s výjimkou úseku *Petrův Mlýn* – ústí a zde ležícího města Kladruby, výrazný pokles průměrných koncentrací celkového fosforu v letní sezóně. Naměřená data zároveň ukazují na značné sezónní rozdíly vývoje ukazatele P_{celk} podél hlavního toku (v zimě dochází ke stagnaci). Popisovanou situaci zachycuje obrázek Obr. 2.3-31.

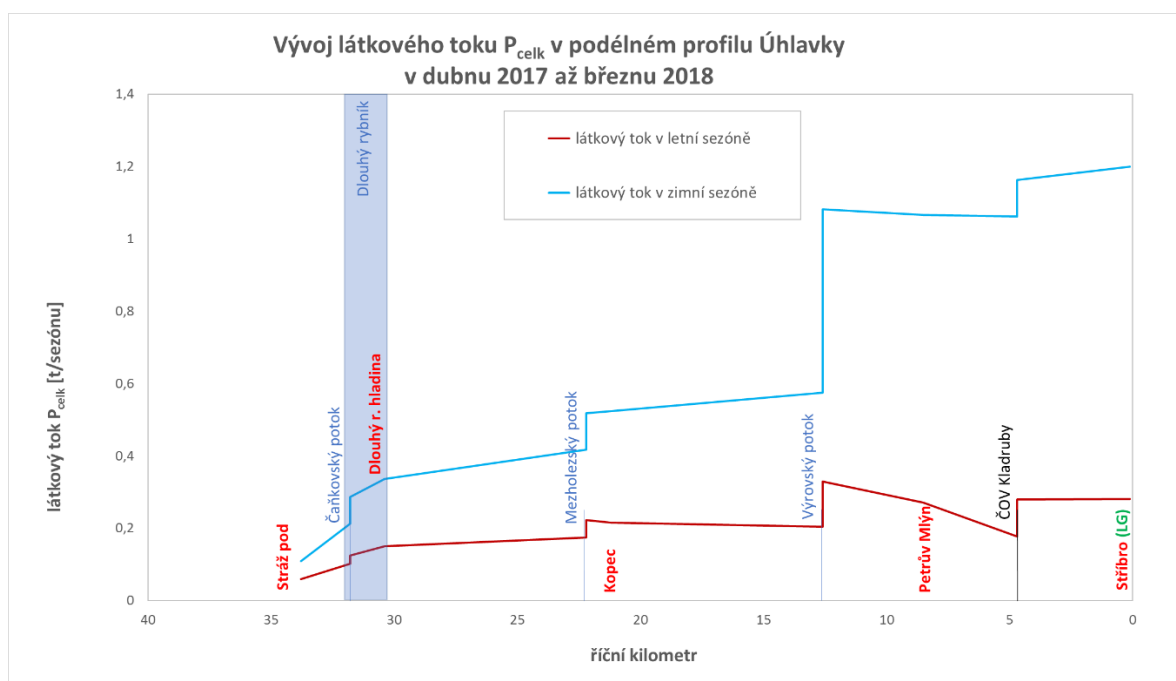
V nejvrchnějším odběrném místě v povodí (*Úhlavka – Stráž pod*) byl zaznamenán opakovaný výskyt vyšších koncentrací celkového fosforu s maximální hodnotou na úrovni 1,8 mg/l. Příčina výskytu zvýšených hodnot včetně odlehlého měření není známa. Lze se domnívat, že by se mohlo jednat o odlehčení komunálních odpadních vod, nebo problém na kanalizačním řadu. Podle dostupných údajů měřený profil leží nad místní čistírnou, a proto není ovlivněn vypouštěním ČOV Stráž.

U pravidelně monitorovaných přítoků Úhlavky pozorujeme vyšší koncentrace P_{celk} u Výrovského potoka. Výrovský potok má převážnou většinu potenciálních zdrojů umístěnou v horní části povodí. Může se proto jednat o projevy sezónní anoxie ve Výrovském rybníce. Čeňkovský potok svými nízkými koncentracemi bilanci celkového fosforu v povodí Úhlavky zatěžuje velmi málo, navíc je jeho vliv limitován retencí v Dlouhém rybníce. Jen výjimečně monitorované drobné přítoky Úhlavky Milevský a Senětický potok vykazují velmi nízké koncentrace celkového fosforu.

Nejasnosti vyvolávají údaje v profilu *Úhlavka - Petrův Mlýn*. Tato lokalita vykazuje nižší stupeň závislosti koncentrací v ukazateli celkový fosfor k navazujícím odběrným profilům. Podezřelá je okolnost, že letní průměrná koncentrace P_{celk} vychází z měřených dat nižší, než tatáž charakteristika pro sezónu zimní. Navazující profily na stejném toku mají podle očekávání tuto relaci opačnou. Z uvedených důvodů se lze domnívat, že část údajů z profilu *Petrův Mlýn* je zatížena chybou. Pokud je tomu opravdu tak, snižuje se tím částečně relevance vyjádření podélného vývoje průměrných sezónních koncentrací P_{celk} , uvedená na obrázku Obr. 2.3-31.



Obr. 2.3-31 Měření a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Úhlavky při kampani 2017/2018



Obr. 2.3-32 Vývoj látkového toku P_{celk} v podélném profilu Úhlavky (duben 2017 až březen 2018)

Pozn.: sledované koncentrace P_{celk} v monitorovacím profilu Petrův Mlýn se výrazně liší od hodnot v okolních profilech na téže toku

2.3.3.5 Úterský potoč – výsledky monitoringu

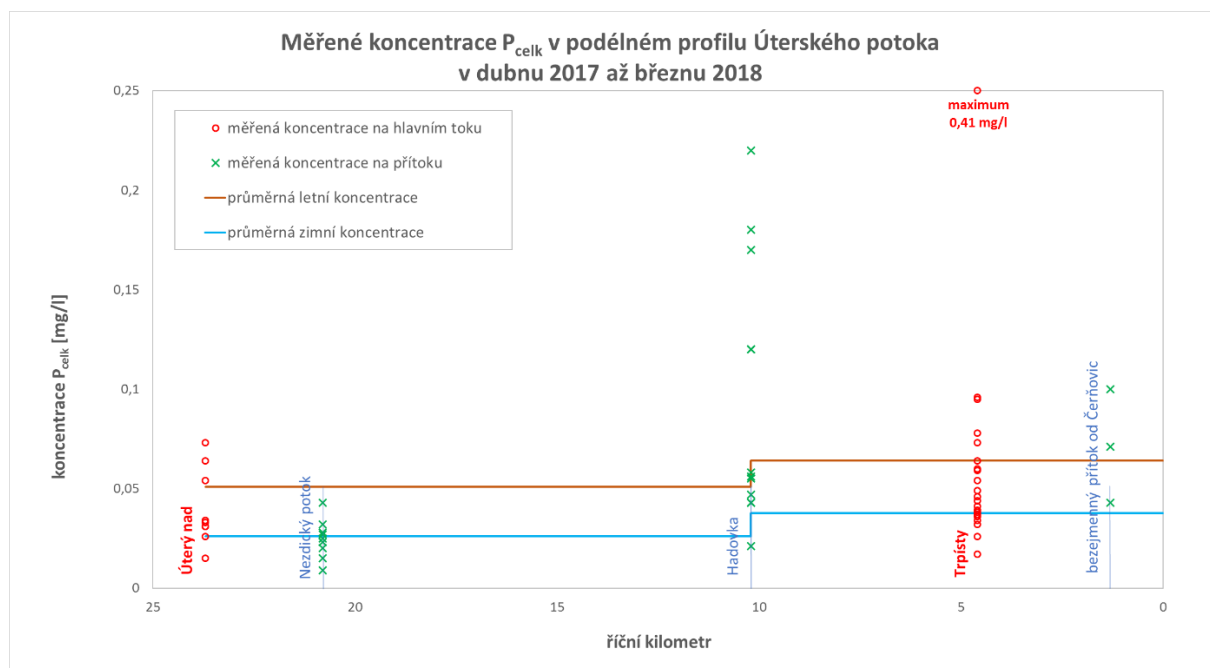
Posledním významným a samostatně ústícím přítokem do VN Hracholusky je Úterský potoč. Povodí Úterského potoč se i přes svou velikost (tvoří téměř pětinu zájmového území) vyznačuje relativně nižší vodností a absencí velkých komunálních zdrojů znečištění. Přestože byly vyhodnocené

průtoky v Trpístech v roce 2017 vyšší než na Úhlovce ve Stříbře, látková bilance celkového fosforu je v Úterském potoce oproti Úhlovce přibližně poloviční.

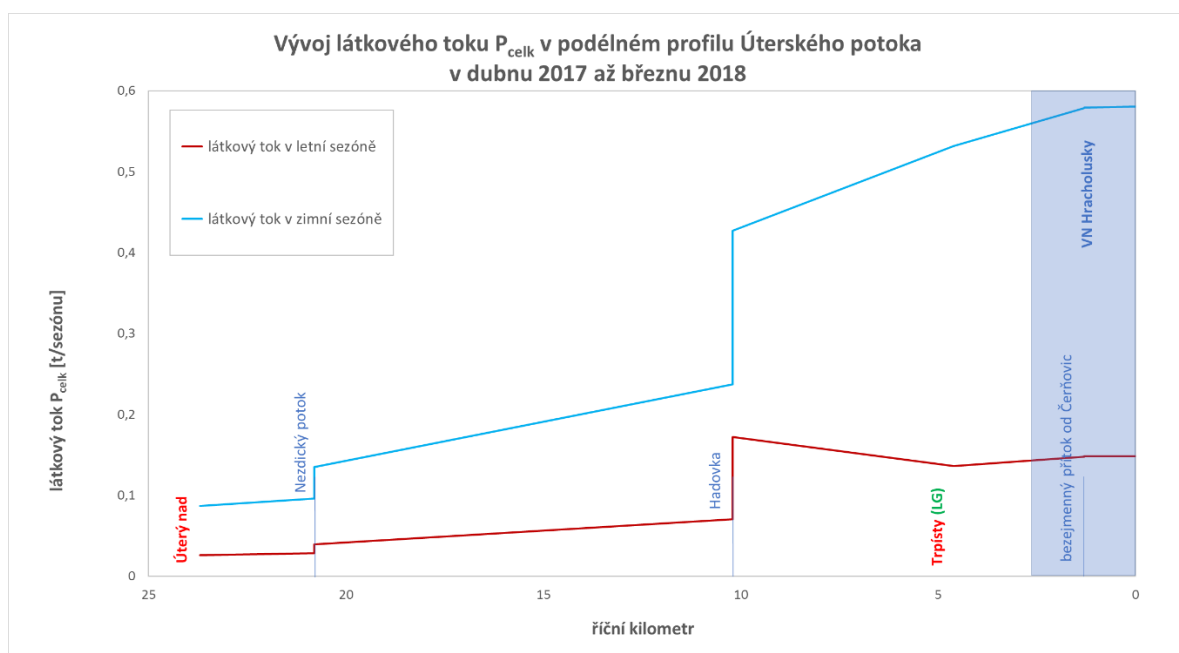
S výjimkou Hadovky v Bezemíně mají monitorované profily velmi nízké koncentrace celkového fosforu. Nejvyšší koncentrace P_{celk} je vázána na komunální zdroj Konstantinovy Lázně na Břetislavském potoce. Tento recipient však není monitorován a v datech hydrologicky níže ležícího profilu *Hadovka – Bezemín* jsou odpadní vody již výrazně naředěny. V přepočtu na látkový tok produkuje Hadovka přibližně polovinu celkového fosforu v závěrovém profilu Úterského potoka. Opačným případem je Nezdický potok, který má nejnižší pozorované koncentrace celkového fosforu v celém povodí VN Hracholusky.

V profilu *Trpísty* se 6. 4. 2017 vyskytla odlehlá hodnota v podobě značně vysoké koncentrace celkového fosforu (0,41 mg/l). Jedná se o nejvyšší zaznamenanou koncentraci P_{celk} v tomto profilu od roku 1997. Současně byl pozorován mimořádně vysoký podíl nerozpuštěných látek (280 mg/l při 105 °C). Navýšení koncentrací v tomto dni se neprojevilo v parametru P-PO₄. Příčinou zvýšené koncentrace proto může být významná srážková událost v povodí doprovázená erozním smyvem.

Pozorované koncentrace celkového fosforu v podélném profilu Úterského potoka, s odlišením měření na významných přítocích, přináší obrázek Obr. 2.3-33.



Obr. 2.3-33 Měřené a průměrné koncentrace P_{celk} v podélném profilu Úterského potoka při kampani 2017/2018



Obr. 2.3-34 Vývoj látkového toku P_{celk} v podélném profilu Úterského potoka (duben 2017 až březen 2018)

2.3.3.6 Drobné vodní toky v povodí VD Hracholusky

Kromě Mže a jejích významných přítoků probíhal mimořádný monitoring některých malých vodotečí. Zatímco v dolní části zájmového povodí se zpravidla jednalo o největší z drobných přítoků Mže (nebo přítoky do vlastní nádrže Hracholusky), ve střední části povodí byla hlavní pozornost cílena na vybrané rybníky, jakožto případné sezónní zdroje látkového zatížení.

Obrázek Obr. 2.3-25 ukazuje, že drobné recipienty zaústěné v dolní trati zájmového úseku Mže vykazují i v létě velmi nízké koncentrace celkového fosforu. Naopak vysoké koncentrace v ukazateli P_{celk} jsou dosahovány v profilech rybníků. Přitom platí, že pozorované koncentrace na odtoku z rybníků jsou zpravidla vyšší, než koncentrace na hladině. Řečené souvisí s probíhající depozicí fosforu ve stojatých vodách a jeho nižší koncentrací u hladiny. Výrazné rozdíly jsou dosahovány u nádrží, kde odtok vody probíhá prostřednictvím požeráku.

Druhá nejvyšší průměrná letní koncentrace P_{celk} v zájmovém území byla sledována v profilu na odtoku z Mezholezského rybníka (1,28 mg/l), který leží na Mezholezském potoce v povodí Úhlavky. Současně provedený monitoring v téže lokalitě dává pro profil hladiny zřetelně nižší hodnotu (ale stále velmi vysokou) průměrné koncentrace 0,723 mg/l. Obdobná situace se opakuje i v jiných lokalitách, ovšem s nižšími absolutními rozdíly obou pozorovaných koncentrací.

Nejvyšší průměrné letní koncentrace P_{celk} (2,8 mg/l) bylo dosaženo na levostranném přítoku Mže od Lomu u Tachova. Tato lokalita již byla zmíněna výše v souvislosti s pravděpodobným nevidovaným zdrojem a znatelným nárůstem látkové bilance v krátkém úseku Mže v letním období. Jedná se o vypouštění obce do poměrně malého toku, kde pak hlavně v letním období tečou téměř výhradně odpadní vody.

Dále je možné podrobněji komentovat vývoj koncentrací v povodí Sedlišťského potoka (pravostranný přítok Mže níže pod Tachovem). Zde v letních měsících dochází k výraznému navýšení koncentrací celkového fosforu v důsledku přítomnosti soustavy rybníků. V roce 2017 se průměrné koncentrace P_{celk} pro odtoky z rybníků pohybovaly okolo 0,35 až 0,4 mg/l, zatímco odpovídající měření z hladiny dávala poloviční hodnoty. V povodí jak vlastního Sedlišťského potoka, tak jeho přítoku Suché sledujeme výrazné snížení koncentrací celkového fosforu v podélném profilu. V Suchém potoce zaznamenáváme nižší koncentrace, než v Sedlišťském potoce.

V povodí Hamerského potoka dosahuje Slatinný potok nad zaústěním více než trojnásobné průměrné koncentrace P_{celk} než Hamerský potok nad Planským potokem. Komunální zdroje fosforu v povodí Slatinného potoka jsou rozmístěny nerovnoměrně, většina obcí leží na jeho přítoku Starém potoce. V této lokalitě se nachází několik obcí, které pro čištění svých OV využívají biologické rybníky. Jedná se o systém čištění, který neposkytuje vyrovnané hodnoty účinností během roku a v celkové bilanci má relativně nízkou účinnost. V lokalitě se také nachází množství dalších rybníků, které vlivem anoxie mohou uvolňovat nashromážděný fosfor. V pramenné oblasti Hamerského potoka nezaznamenáváme problém z hlediska látkového zatížení. Hamerský potok a v horní trati i Huťský potok mají průměrnou letní koncentraci (ze třech vybraných měření) celkového fosforu 0,058 resp. 0,057 mg/l.

Podobné hodnoty průměrných koncentrací celkového fosforu jako v povodí Sedlišťského potoka pozorujeme ve střední části Výrovského potoka (významný levostranný přítok Úhlavky). Opět se jedná o lokality s látkovým režimem sezónně významně ovlivněným přítomností rybníků. Průměrná koncentrace celkového fosforu v letní sezóně ve Výrovském potoce, podobně jako u Úhlavky, v podélném profilu výrazně klesá. Výjimku z uvedené tendence představují monitorované rybníční profily, kdy z důvodů vysvětlených výše přechodně dochází k opačnému vývoji (na hladině pozorujeme nižší koncentrace P_{celk} než na odtoku).

Tab. 2.3-1. Jakostní profily zahrnuté do monitorovací kampaně 2017/2018

profil	tok	Ø koncentrace P_{celk} [mg/l]		počet měření		stav koncentrací celkového fosforu
		letní sezóna	zimní sezóna	letní sezóna	zimní sezóna	
VN Lučina odtok *	Mže	0,074	0,04	6	7	nízké koncentrace v průběhu celého roku, absence zdrojů znečištění a látková retence ve VN Lučina
Oldřichov	Mže	0,107	0,065	9	13	koncentrace skokově narůstá kvůli ČOV Tachov, v menší míře také vlivem Brtného potoka
Kočov	Mže	0,125	0,068	10	13	koncentrace v letní sezóně rychle narůstá; pravděpodobně velký význam úniků odpadních vod z kanalizace v Lomu u Tachova
Milíkov	Mže	0,108	0,07	5	7	koncentrace pod Hamerským a Kosovým potokem v letní sezóně klesá
Stříbro pod *	Mže	0,118	0,092	21	25	koncentrace narůstá vlivem Úhlavky a ČOV Stříbro
VN Hracholusk y odtok *	Mže	0,079	0,054	10	9	koncentrace klesá z důvodu retence fosforu ve VN Hracholusky
r. Vřesk pod (malý r.) odtok	bezejm.př. Hamer.p.	0,17		1		mírně zvýšené koncentrace celkového fosforu, sezónní vliv rybníka Vřesk
Lom u Tachova	bezejm.př. Mže	2,8	0,45	2	1	mimořádně vysoké koncentrace především v létě, v letním období nejsou dostatečně ředěny odpadní vody z ČOV, možný vliv úniků na kanalizaci, drobná vodoteč
Částkov pod	bezejm.př. Sedlišť.p.	0,93	0,4	2	1	mimořádně vysoké koncentrace především v létě, drobná vodoteč, vliv obce Částkov
Vinný r. hladina	bezejm.př. Sedlišť.p.	0,37		2		vyšší koncentrace v rámci profilů monitorujících stav pro hladiny rybníků
Telice	bezejm.př. Úhlavky	0,082	0,053	1	1	nízké koncentrace, odděluje vliv obce Telice
Čerňovice	bezejm.př. Útersk. p.	0,086	0,043	2	1	podchycení menšího z přítoků do VN Hracholusky, nízké koncentrace
r. Sahara hladina	bezejm.př. Výrov.p.	0,39		2		vyšší koncentrace v rámci profilů monitorujících stav pro hladiny rybníků

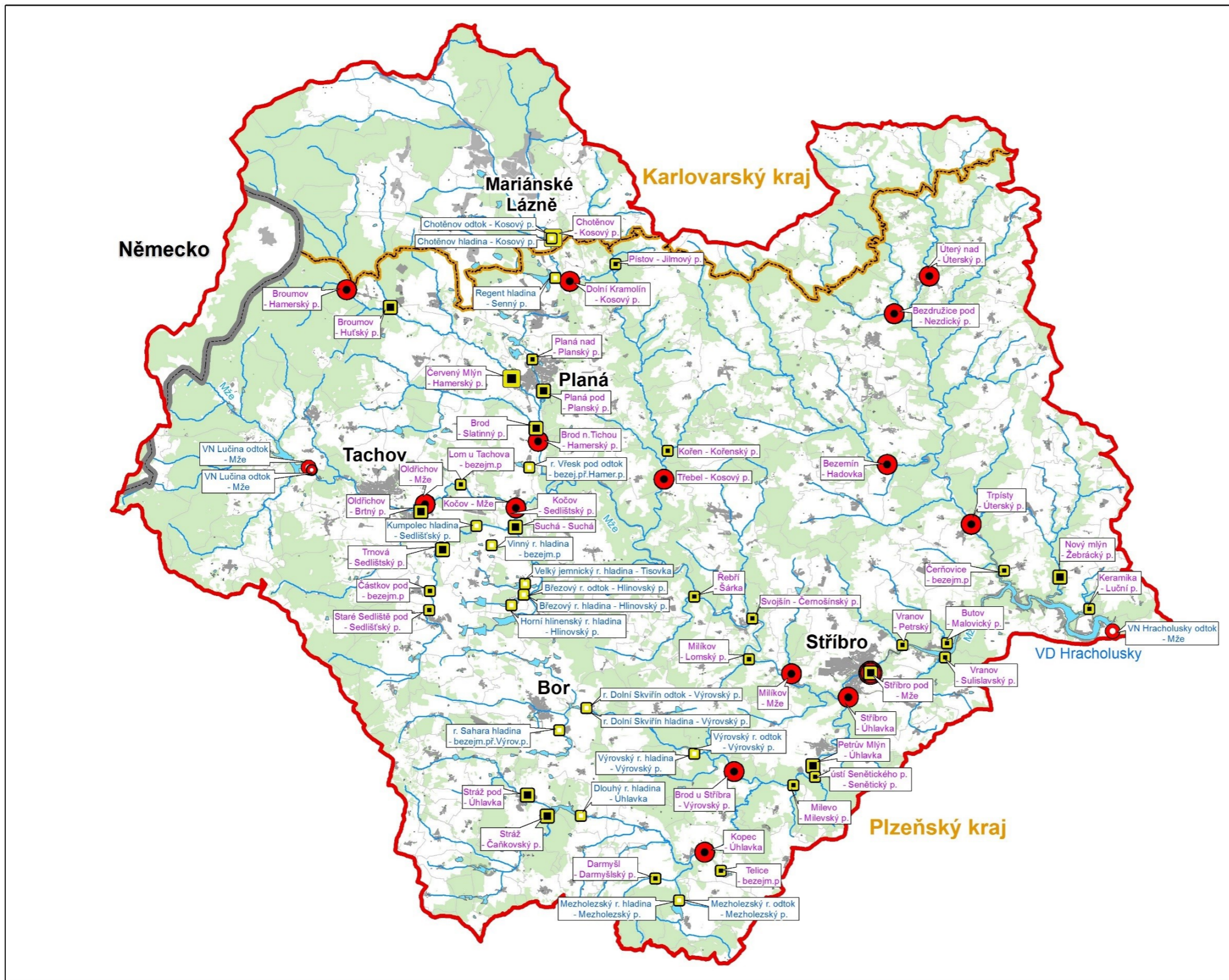
profil	tok	Ø koncentrace P _{celk} [mg/l]		počet měření		stav koncentrací celkového fosforu
		letní sezóna	zimní sezóna	letní sezóna	zimní sezóna	
Oldřichov	Brtný p.	0,152	0,064	5	7	Brtný potok v letním období mírně zvyšuje průměrnou koncentraci Mže, v zimě nikoliv
Stráž	Čaňkovský p.	0,104	0,065	5	7	Čaňkovský potok snižuje průměrnou koncentraci celkového fosforu Úhlovky
Svojšín	Černošínský p.	0,12	0,07	2	1	průměrné koncentrace nižší než Mže
Darmyšl	Darmyšlský p.	0,13	0,062	2	1	těsně nad profilem v obci je rybník, koncentrace jsou zde relativně nízké
Bezemín	Hadovka	0,162	0,046	5	7	nejvyšší koncentrace v povodí Úterského potoka, tvoří přibližně polovinu jeho látkového toku, zahrnují v sobě vliv obce Konstantinovy Lázně
Broumov	Hamerský p.	0,056	0,037	5	7	pozařadové koncentrace celkového fosforu
Červený Mlýn	Hamerský p.	0,078	0,048	10	14	mírný nárůst koncentrací
Brod n. Tichou	Hamerský p.	0,178	0,091	5	7	koncentrace nejprve prudce narůstá vlivem města Planá, následuje pozvolný pokles
Horní hlinenský r. hladina	Hlinovský p.	0,397		3		vyšší koncentrace v rámci profilů monitorujících stav pro hladiny rybníků
Březový r. hladina	Hlinovský p.	0,22		3		koncentrace klesá, v rámci profilů monitorujících stav pro hladiny rybníků se nejedná o vysoké koncentrace
Březový r. odtok	Hlinovský p.	0,367		3		koncentrace oproti hladině narůstá
Broumov	Huťský p.	0,061	0,042	5	7	pozařadové koncentrace celkového fosforu
Pístov	Jilmový p.	0,052	0,045	2	1	pozařadové koncentrace celkového fosforu
Kořen	Kořenský p.	0,032	0,034	2	1	pozařadové koncentrace celkového fosforu
Chotěnov	Kosový p.	0,182	0,102	10	14	prudký vzestup koncentrací vlivem ČOV Chotěnov; profil je umístěn na toku
Chotěnov hladina	Kosový p.	0,317		3		profil neleží na toku, ale u hráze pravobřežního rybníka Chotěnov; vyšší koncentrace z důvodu odlehčení odpadních vod z Mariánských Lázní
Chotěnov odtok	Kosový p.	0,307		3		odtok z rybníka Chotěnov má podobné koncentrace jako měření z hladiny
Dolní Kramolín	Kosový p.	0,168	0,103	5	7	velmi pozvolný pokles koncentrací zpomaluje v letní části roku Senný potok
Třebel	Kosový p.	0,109	0,088	10	14	koncentrace v celém úseku výrazněji klesá
Milíkov	Lomský p.	0,075	0,045	2	1	velmi nízké koncentrace
Keramika	Luční p.	0,062	0,021	2	1	přítok do dolní části nádrže Hracholusky; velmi nízké koncentrace
Butov	Malovický p.	0,045	0,042	2	1	mimořádně nízké koncentrace; recipient přitéká do horní části VN Hracholusky
Mezholezský r. hladina	Mezholez. p.	0,723		3		výrazně nejvyšší sledované koncentrace z profilů hladin rybníků vlivem probíhající anoxie
Mezholezský r. odtok	Mezholez. p.	1,28		3		výrazně nejvyšší sledované koncentrace z profilů na odtocích z rybníků vlivem probíhající anoxie
Milevo	Milevský p.	0,051	0,029	1	1	velmi nízké koncentrace na úrovni pozařadových hodnot
Bezručice pod	Nezdický p.	0,031	0,017	5	4	nejnižší koncentrace z celého povodí VN Hracholusky
Vranov (Petrský)	Petrský (Údolní) p.	0,061	0,037	2	1	nízké koncentrace; recipient přitéká do vrchní části VN Hracholusky
Planá nad	Planský p.	0,505	0,17	2	1	profil je na horním okraji zástavby města Planá; vysoké koncentrace jsou pravděpodobně důsledkem anoxie v Anenském rybníce
Planá pod	Planský p.	0,946	0,459	5	7	koncentrace strmě narůstá pod ČOV Planá; nejvyšší koncentrace v rámci pravidelně monitorovaných profilů
Staré Sedliště pod	Sedlišťský p.	0,29	0,067	2	1	vyšší koncentrace ovlivněné vypouštěním ČOV Staré Sedliště

profil	tok	Ø koncentrace P _{celk} [mg/l]		počet měření		stav koncentrací celkového fosforu
		letní sezóna	zimní sezóna	letní sezóna	zimní sezóna	
Trnová	Sedlišťský p.	0,302	0,102	5	7	koncentrace mírně narůstá, zřejmě důsledek chybějící ČOV v Pernholci
Kumpolec hladina	Sedlišťský p.	0,143		3		koncentrace klesá; jedna z nižších průměrných koncentrací v rámci rybníčních profilů monitorujících stav na hladině
Kočov	Sedlišťský p.	0,13	0,075	5	7	koncentrace klesá; v místě soutoku recipient mírně zvyšuje průměrnou koncentraci Mže
ústí Senětickéh o p.	Senětický p.	0,023		1		mimořádně nízké koncentrace v dolní části povodí Úhlavky
Regent hladina	Senný p.	0,137		3		jedna z nižších průměrných koncentrací v rámci rybníčních profilů monitorujících stav na hladině
Brod	Slatinný p.	0,222	0,087	5	7	na zvýšených letních koncentracích se pravděpodobně podílí rybník Velký Rudolf a komunální zdroje nad tímto rybníkem
Suchá	Suchá	0,113	0,101	5	7	snižuje letní koncentrace Sedlišťského potoka
Vranov (Sulislavský)	Sulislavský p.	0,072	0,11	2	1	zvýšená zimní koncentrace při ojedinelém měření, letní koncentrace nízké
Řebří	Šárka	0,076	0,035	2	1	velmi nízké koncentrace
Velký jemnický r. hladina	Tisovka	0,18		3		jedna z nižších průměrných koncentrací v rámci rybníčních profilů monitorujících stav na hladině
Otín u Plané	Týnecký p.		0,04		3	nízké koncentrace v dolní části povodí Kosového potoka
Stráž pod	Úhlavka	0,586	0,098	5	7	stabilní výskyt vyšších koncentrací doplňuje vysoká odlehá hodnota, patrně se jedná o problém na kanalizaci obce Stráž
Dlouhý r. hladina	Úhlavka	0,233		3		koncentrace klesá vlivem retence rybníka
Kopec	Úhlavka	0,196	0,09	5	7	koncentrace klesá; profil monitoruje stav Úhlavky mezi Mezholezským a Výrovským potokem
Petrův Mlýn	Úhlavka	0,082	0,088	4	7	koncentrace přechodně klesá; údaje mají nižší korelaci se sousedními profily, může být dáno systémovým problémem tohoto odběrného profilu
Stříbro	Úhlavka	0,127	0,102	10	14	do nárůstu koncentrací promlouvá ČOV Kladruby
Úterý nad	Úterský p.	0,051	0,026	5	4	velmi nízké koncentrace na úrovni požadových hodnot
Trpísty	Úterský p.	0,064	0,064	10	14	koncentrace mírně narůstá; měřením není podchycen Křelovický potok, ani ČOV Trpísty
r. Dolní Skviřín hladina	Výrovský p.	0,33		1		vyšší koncentrace v rámci profilů monitorujících stav pro hladiny rybníků
r. Dolní Skviřín odtok	Výrovský p.	0,37		1		vyšší koncentrace oproti stavu na hladině
Výrovský r. hladina	Výrovský p.	0,08		1		koncentrace klesá; nejnižší průměrná koncentrace v rámci rybníčních profilů monitorujících stav na hladině
Výrovský r. odtok	Výrovský p.	0,18		1		výrazně vyšší koncentrace oproti stavu na hladině
Brod u Stříbra	Výrovský p.	0,154	0,117	5	7	koncentrace v podélném profilu výrazně klesá; mírně zvýšená koncentrace může být dána probíhající anoxií v rybníčních výše v povodí
Nový mlýn	Žebrácký p.	0,187	0,049	5	7	v rámci drobných přítoků VN Hracholusky se jedná o nejvyšší pozorované koncentrace

Pozn.: * v označených profilech bylo sloučeno více databázových objektů

MONITOROVACÍ PROFILY V POVODÍ VD HRACHOLUSKY

OBDOBÍ 4/2017 - 3/2018



Legenda

monitoring pravidelný PVL: TOK

počet měření

- 6 - 15
- 16 - 25

monitoring pravidelný PVL: STOJATÁ VODA

počet měření

- 1 - 5
- 6 - 15

monitoring Plzeňský kraj: TOK

počet měření

- 1 - 5
- 6 - 15
- 16 - 25

monitoring Plzeňský kraj: STOJATÁ VODA

počet měření

- 1 - 5
- 6 - 15
- 16 - 25

zastavěné území

hranice povodí

hranice kraje

státní hranice

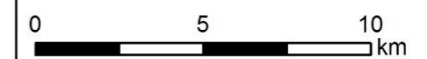
vodní tok

vodní nádrž

Vranov - Petřský PF na stojaté vodě

název PF - název toku

Vranov - Petřský PF na tekoucí vodě



Obr. 2.3-35 Poloha jakostních profilů zahrnutých do monitorovací kampaně 2017/2018

2.4 Způsob hospodaření na rybnících v povodí VD Hracholusky

V České republice je v současnosti 21 178 rybníků a malých vodních nádrží rybníčního typu o celkové ploše 51 800 ha, přičemž chov ryb je realizován na 42 541 ha (Hartman a Regenda 2014). Teoretický objem vody v rybnících činí cca 620 mil. m³, odhad skutečného objemu je však přibližně o třetinu nižší (400 mil. m³) v důsledku silného zabahnění sedimenty původem převážně ze splachů zemědělské půdy. Vliv rybníkářského managementu na kvalitu vody v recipientech je trvale předmětem diskuzí a argumentace jak ze strany vodohospodářských a ochranných institucí, tak rybářských subjektů. Není pochyb o tom, že při intenzifikaci rybníkářského managementu dochází k dotaci recipientů živinami, na druhé straně však rybníky s nízkou úrovní intenzifikace vykazují účinnou schopnost retence živin a eliminace zatížení organickými látkami (Adámek et al. 2010, 2015, 2017, Všeticková et al. 2012, Mikšíková 2011, Duras, Potužák 2013, Všeticková, Adámek 2013 a,b, Hlaváč et al. 2013, 2014 a,b,c).

V povodí řeky Mže nad VN Hracholusky se nachází celkem 193 rybníků a vodních nádrží větších než 1,0 ha s maximem 69,53 ha pro nádrž (Lučina) a 51,41 ha pro rybník (Regent) o celkové ploše 1104 ha, které jsou v hodnocení dále zvažovány. Jejich průměrná celková produkce ryb se pohybuje mezi 410 (kraj Karlovarský) a 515 kg/ha (Plzeňský kraj, Regenda 2014).

Podklady pro zpracování studie poskytla velká většina subjektů hospodařících na rybnících v povodí VN Hracholusky, u některých, zvláště menších rybníků, se nepodařilo zjistit hospodařící subjekt nebo kontakty na něj a tudíž byly zahrnuty do kategorie „Ostatní nádrže“ s využitím výpočtu vycházejícího z doložených průměrných hodnot. Podle získaných dat je využití nádrží $\geq 1,00$ ha situovaných v povodí Mže nad VN Hracholusky s ohledem na charakter rybářského obhospodařování a postup při hodnocení zátěže prostředí odtékajícím fosforem následující:

Produkční rybníky s polointenzivním hospodařením, tj. s příkrmováním obilovinami (převážně pšenice) + hnojením (převážně) chlévskou mrvou - celkem **83 rybníků (676,54 ha, tj. 61,92 % celkové plochy)**, přičemž pouze na **3 rybnících (21,79 ha, tj. 1,99 % plochy nádrží $\geq 1,00$ ha)** z nich jsou praktikována obě nejdůležitější intenzifikační opatření, tj. jak příkrmování tak hnojení. Na ostatních (**80 rybníků, 654,75 ha, 59,93 % rybníční plochy**) se pouze příkrmuje. Znamená to tedy, že na rozdíl od jiných povodí (např. povodí Svratky, Jihlavy a Dyje – Adámek, Jurajda 2014, Adámek 2016, Adámek et al. 2016, Adámek, Všeticková 2018), se zde hnojení uplatňuje ve velmi omezeném (spíše zanedbatelném) rozsahu anebo není vodohospodářským orgánem povoleno.

Produkční rybníky s extenzivním hospodařením, tj. bez příkrmování a hnojení - **34 rybníků (131,42 ha, tj. 12,03 % plochy nádrží $\geq 1,00$ ha)**

Rekreační neobhospodařované rybníky (rekreační rybolov) a rybářské revíry ČRS – **5 rybníků a nádrží 45,61 ha, tj. 4,17 % plochy nádrží $\geq 1,00$ ha)**

Ostatní nádrže, k nimž nelze dohledat adekvátní informaci nebo kontakt (66), případně nejsou obhospodařovány nebo využívány (3, z toho 1 vodárenská nádrž), celkem **69 rybníků (nádrží) o ploše 238,97 ha, tj. 21,87 % plochy nádrží $\geq 1,00$ ha.**

Zadání požadované analýzy bylo orientováno na sběr a zpracování dat o výnosu celkového fosforu a dusíku z rybářsky obhospodařovaných rybníků v povodí do vnějšího vodního prostředí. Spolehlivých podkladů o fungování rybníků v tomto ohledu je velice málo a velmi často se rozcházejí. Víceméně jednotný názor existuje na problematiku odtoku dusíku z rybníků. Obecně je přijímán názor, že „metabolismus“ rybníčního ekosystému, jehož významnou součástí jsou denitrifikační procesy, vede na odtoku z rybníků ke snižování koncentrace iontů dusíku ve všech formách v porovnání s přítokem a rybníky v tomto směru působí spíše ve smyslu redukce zatížení prostředí dusíkem (Všeticková et al.

2012). Dusík na odtoku z rybníků, jakožto faktor zatěžující vodní prostředí, proto nebyl dále zvažován, neboť rybníky fungují v tomto směru jako nástroje retence dusíku (Všetičková et al. 2013 b).

Klíčovým nutrientem určujícím míru úživnosti (trofie) povrchových vod je fosfor. Jeho nadměrný přísun z povodí je příčinou silné eutrofizace většiny našich nádrží (BC AV ČR 2013, Duras, Potužák 2013). Proto byla šetření živinové zátěže z rybníků v povodí Mže nad VN Hracholusky přednostně orientována na výnos tohoto nutrientu. Zdrojem fosforu v rybníkářském managementu jsou předkládaná krmiva, tvořená v našich podmínkách rybníkářství takřka výlučně obilovinami (Hlaváč et al. 2013, 2014 b,c) a hnojivy (takřka výlučně organickými, především chlévskou mrvou). Fosfor se do prostředí rybníka dostává rovněž jako součást biomasy nasazených ryb. K výnosu fosforu dochází odtokem vody v průběhu chovu, vyplavením jako součástí suspendovaných látek při vypouštění a lovení rybníka a odlovenou biomasou ryb. K redukci výnosu fosforu v rozsahu cca 15 % dochází také jeho transformací (retencí) mimo přírůstek ryb ve formě např. retence v sedimentech, predace na rybách, výletu hmyzu, retence v přibřežní vegetaci, spásání vyšší vegetace apod.

Postup zpracování hodnot zatížení povodí Mže nad VN Hracholusky z rybníků

Podstatou stanovení celkových hodnot výnosu fosforu z rybníků v povodí bylo vyhodnocení bilance jeho vnosu a odnosu při různých úrovních produkce. Hodnoty hektarové produkce byly získány následujícím způsobem:

- a) aplikací úplných konkrétních hodnot hospodařícího subjektu o příkrmování, hnojení a produkci pro jednotlivé rybníky z let 2014 - 2017 (celkem 5 subjektů - 146 rybníků)
- b) odhadem založeným na průměrných hodnotách aplikovaných krmiv (1,27 t/ha) a mrvy (0,12 t/ha) včetně extenzivních rybníků. Jejich produkce byla stanovena výpočtem za předpokladu přirozené produkce 230 kg/ha (Hartman, Regenda 2014, celkem 66 rybníků a nádrží)

Hodnocení zátěže fosforem z jednotlivých rybníků bylo prováděno na základě dat získaných v případě:

- a) **produkčních rybníků s polointenzivním hospodařením** dosazením hodnot obsahu fosforu podle Hartmana et al. (2012) jako **3,3 g/kg krmné pšenice** (jiné obiloviny se prakticky nepoužívají) a **1,0 g/kg chlévské mrvy** do hodnot vnosu P do prostředí a 8,4 g/kg ryb jako výnosu P ve formě produkce ryb. Adekvátní hodnoty pro dusík by činily 17 g/kg krmiva a 4,8 g/kg mrvy, v těle kapra je obsaženo 27 g/kg N. V literatuře uváděné hodnoty obsahu fosforu a dusíku v těle kapra se někdy liší dosti významně – např. 2,2 g/kg P a 27 g/kg N, obvykle jsou ale velmi blízké až shodné – např. 8,4 g/kg P a 29 g/kg N (Hlaváč et al., 2015),
- b) **extenzivních rybníků** bez aplikace intenzifikačních opatření dosazením pouze hodnot produkce jako výnosu P – výsledná hodnota je tedy vždy **záporná**,
- c) **rekreačních rybníků, vodárenských nádrží a rybářských revírů** bez zohlednění hodnot vnosu a odnosu P a N. Lze odůvodněně předpokládat, že bilance vnosu (vnadění, vysazené ryby) a odnosu (úlovky) je přibližně **vyrovnaná**,
- d) **ostatních rybníků** (vodních ploch, nádrží), zařazených v položce „Ostatní“, kde nebylo možno dohledat majitele ani zjistit potřebné údaje, hodnocením založeným na odhadu s použitím průměru ze známých údajů předložených pro hodnocení produkčních rybníků získaných od hospodařících subjektů, tj. s předpokladem roční dávky **krmiv 1,27 t/ha** resp. **hnojiv 0,12 t/ha** při **přirozené produkci 230 kg/ha**.

Transformace (retence) fosforu v rybářsky využívaných nádržích (rybnících) nebyla pro potřeby této studie zvažována. Lze však předpokládat, že zvláště v případě vodárenských a rekreačních nádrží k ní v jistém rozsahu dochází.

VÝSLEDKY

Sumarizace zjištěných hodnot pro povodí VN Hracholusky je prezentována v tabulkové podobě. V tabulkách jsou rybníky rozděleny na:

- produkční (polointenzivní)
- extenzivní
- rekreační a revíry s rybolovem
- ostatní (nezjistitelné, nenasazené, nevyužívané a vodárenské).

Celková roční hodnota výstupu fosforu z rybníků v povodí Mže nad VN Hracholusky byla uvedenými postupy odhadnuta jako negativní (**-1 396,88 kg**), což znamená, že při deklarovaném managementu v nich dochází k retenci fosforu. Tato bilance je tvořena zadržením **965,05 kg P v rybnících s polointenzivním rybářským managementem, 385,64 kg P v extenzivních rybnících a 46,20 kg P (odhadem) na ostatních vodních plochách $\geq 1,00$ ha** (nedohledatelných, nenasazených apod.). Uvedené hodnoty nezohledňují ostatní pozitivní ani negativní faktory bilance fosforu v rybnících a jim podobných vodních plochách rybářské revíry apod.), které nebylo možno vyhodnotit. Je však reálný předpoklad, že jejich pozitivní (retence fosforu v rybnících a odnos fosforu v rybách ulovených rekreačním rybolovem), tak negativní důsledky (vnos ve vysazených rybách a vnazení v rekreačních rybnících, výnos v nerozpuštěných látkách při vypouštění), se navzájem přibližně vyrovnávají a uvedená hodnota celkové bilance odpovídá se značnou pravděpodobností reálnému stavu, pokud nedochází k uplatnění některých zásahů odlišně od vodoprávních povolení. V maximálně negativním scénáři by tak při jejich zohlednění bylo možno předpokládat zatížení povodí cca 1 t fosforu a tudíž přibližně vyrovnanou bilanci jeho vnosu a výnosu. Rovněž je třeba mít na zřeteli skutečnost, že nepochybně ne všechny nedohledatelné nádrže hodnocené v kategorii Ostatní jsou obhospodařovány jako polointenzivní rybníky, přestože byly všechny do celkové bilance takto průměrem hodnot z polointenzivních rybníků kalkulovány.

2.5 Doplnění chybějících údajů na bodových zdrojích znečištění

V kapitole 1 byl popsán způsob získávání relevantních podkladů, na základě kterých se vyhodnocuje vliv jednotlivých zdrojů znečištění na recipient. Jedná se předně o informace z dotazníkových kampaní, které v sobě zahrnují údaje o způsobu likvidace odpadních vod v jednotlivých obcích. Dále byly k dispozici informace od jednotlivých provozovatelů komunálních ČOV. Jednalo se o základní popis čistírny a dále výsledky monitoringu, který provozovatelé čistíren realizují na svých objektech a to v minimálním rozsahu, který je dán vodoprávním povolením. Větší provozovatelé (zejména VODAKVA a CHEVAK) provádí monitoring rozsáhlejší nad rámec daný výše zmíněným rozhodnutím. V takových obcích je k dispozici dostatečné množství měření pro určení charakteristických hodnot sledovaných ukazatelů a účinností jejich odstraňování. Drobní provozovatelé (většinou přímo obce) se ale často striktně řídí minimem, které je uvedeno v rozhodnutí a měří tak pouze základní ukazatele (BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL_s), často pouze na odtoku. Ukazatele řešené v této studii nejsou vůbec měřeny.

Chybějící ukazatele byly doplňovány z dalších monitorovacích kampaní, které realizoval na ČOV SFŽP v rámci své kontrolní činnosti, dále Povodí Vltavy s.p., a velmi důležitým podkladem byla také mimořádná monitorovací kampaň, kterou inicioval Plzeňský kraj v období 04/2017 – 03/2018.

2.5.1 Doplnění hodnot koncentrací ukazatele P-PO₄

P-PO₄ je složka fosforu, která je pro sinice velmi snadno využitelná. Z tohoto důvodu se v této studii tímto ukazatelem blíže zabýváme. Monitoring P-PO₄ v tocích je v povodí již dlouhodobě zavedený a existuje poměrně dobrá datová základna pro tento ukazatel, bohužel ale monitoring na zdrojích odpadních vod je zde jen velmi malý. Z celkové databáze měření OV zahrnující veškeré měření na ČOV které máme k dispozici (zhruba 3850 měření) byl P-PO₄ měřen pouze v rámci rozšířeného monitoringu Plzeňského kraje 04/2017 – 03/2018 a to ve 32 měřeních. Provozovatelé sami tento parametr neměří a ani jiné kontrolní monitoringy se na tento ukazatel nezaměřují.

Pro doplnění hodnot tohoto ukazatele k čistírnám bez jeho konkrétního měření bylo využito závislosti s monitorovanými ukazateli. Vynikající závislost vykazuje P-PO₄ vzhledem k P_{celk} , jejich vzájemná korelace je 0,995. Následující graf (Obr. 2.5-1) zobrazuje závislost P-PO₄ na P_{celk} . Nejlepší výsledky pro vyjádření závislosti poskytuje polynomická rovnice 4. stupně:

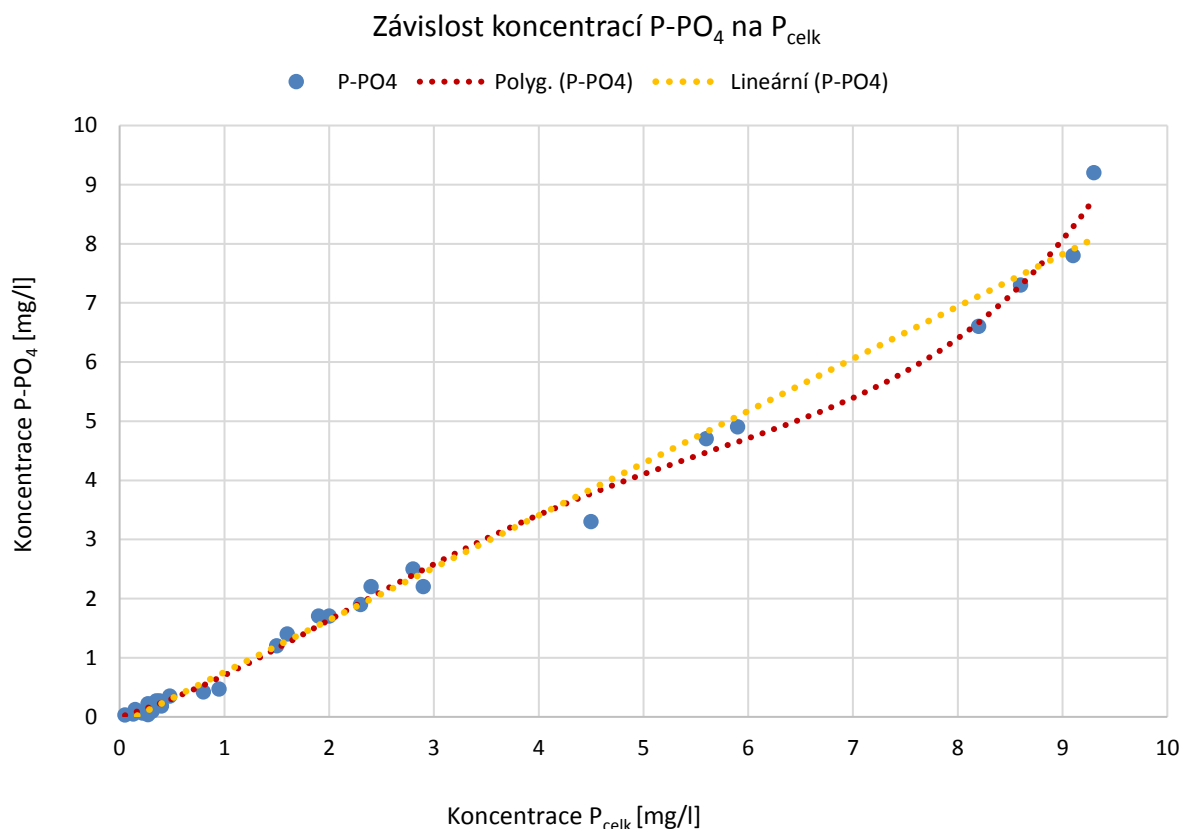
$$P-PO_4 = 0,0038728 * P_{celk}^4 - 0,05938 * P_{celk}^3 + 0,265428 * P_{celk}^2 + 0,494167 * P_{celk}$$

Vzhledem k průběhu této funkce není vhodné ji používat pro extrapolaci hodnot mimo měřené hodnoty. Pro tyto hodnoty byla využita jednodušší lineární funkce, která byla upravena tak, aby spojitě navazovala na předchozí rovnici.

$$P-PO_4 = 0,8617 * (P_{celk} - 9) + 8,068$$

Výše uvedené vzorce byly využity pro stanovení P-PO₄ na odtoku z komunálních ČOV. Pro určení koncentrací fosforečnanů v odpadní vodě pocházející z jiných zdrojů (individuální likvidace OV; průmyslové OV aj.) byla použita základní lineární závislost, protože se jedná o vysoké koncentrace, ve kterých předchozí postup neposkytuje ideální výsledky.

$$P\text{-}PO_4 = 0,8834 \cdot P_{\text{celk}} - 0,1278$$



Obr. 2.5-1 Závislost měřených hodnot P-PO₄ na P_{celk} v komunálních odpadních vodách

Podle dostupných měření je průměrné zastoupení P-PO₄ v odpadních vodách na úrovni 68 % celkového fosforu. Konkrétní hodnoty se pak liší podle velikosti naměřené koncentrace P_{celk} dle výše uvedených rovnic.

2.5.2 Doplnění chybějících parametrů u zdrojů bez měření koncentrace

Kromě výše zmíněného P-PO₄, který byl měřen jen v naprostém minimu případů, jsou v povodí VD Hracholusky ČOV, které nemají měřené ani další parametry, kterými se tato studie zabývá. Jedná se o některé malé komunální ČOV (do 200 čistěných obyvatel) a všechny biologické rybníky (stabilizační nádrže) sloužící jako obecní čistírny odpadních vod. Pro tato zařízení byly jejich hodnoty doplněny odborným odhadem.

Na základě informací o počtu napojených obyvatel bylo vypočítáno nátokové množství znečištění na čistírny. Vyčíslené množství bylo zredukováno dle odhadované účinnosti čistírny pro daný parametr a tím bylo dosaženo vypouštěné množství znečištění. Použité účinnosti jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 2.5-1).

Účinnost čištění pro biologické nádrže je stanovena na základě údajů průměrné účinnosti čištění Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v.v.i., kterou stanovil na základě výsledků

měření z 6 lokalit (biologické nádrže) z let 2006 – 2010 (Extenzivní způsoby čištění odpadních vod – Eva Mlejnská, Miloš Rozkošný, Dana Baudišová, Miroslav Váňa, Filip Wanner, Jiří Kučera) [60]. Čistící proces v biologických rybnících není příliš stabilní a podléhá výrazným sezónním výkyvům. V letním období byly měřeny hodnoty účinností sledovaných látek i okolo 90 %, na druhou stranu v zimě pak na některých biologických nádržích docházelo k uvolňování nashromážděného fosforu a účinnost čištění pak byla záporná. V tabulce Tab. 2.5-1 jsou uvedeny roční průměry. Hodnoty v jednotlivých měsících nelze určit bez měřených údajů pro konkrétní zařízení. Odhadnuté účinnosti byly využity pro 7 z 8 biologických rybníků, které se v zájmovém území nacházejí. U posledního rybníku jsou k dispozici údaje z měření na odtoku.

Pro malé mechanicko-biologické ČOV byla stanovena účinnost porovnáním s účinnostmi ČOV o velikosti do 500 obyvatel, které se nachází v povodí VD Hracholusky.

Tab. 2.5-1 Dosažitelné úrovně účinností čištění na ČOV

Typ ČOV	Účinnost odstraňování	Účinnost odstraňování
	P _{celk}	N _{celk}
Mechanicko-biologická ČOV	50%	50%
Biologický rybník (stabilizační nádrž)	41%	43%

Dosazením odhadnutých účinností byly doplněny údaje pro celkem 12 ČOV (7 biologických rybníků a 5 mechanicko-biologických ČOV), které čistí OV pro 1 814 obyvatel (asi 2 % obyvatel povodí VD Hracholusky).

2.6 Zdroje znečištění v povodí VD Hracholusky

Kompletní analýzu zdrojů sledovaných látek poskytl až jakostní model, v následujícím textu bude provedeno základní zhodnocení získaných dat. Níže jsou shrnuty získané informace o základních zdrojích:

- komunální zdroje znečištění
- průmyslové zdroje znečištění
- hospodaření na rybnících

Jako referenční období pro, které je tvořen jakostní model byly zvoleny roky 2012 – 2017. Jedná se o dostatečně dlouhé období, aby zde byl utlumen vliv krátkodobých výkyvů a různých mimořádných událostí. Na druhou stranu se během těchto 6 let v některých obcích změnil systém likvidace odpadních vod. Jedná se o výstavby nových ČOV, připojování nových katastrálních území na čistírny v jiné obci, ale také výrazné změny v úrovni čištění OV na stávajících ČOV. Významnou změnou, která se může výrazně projevit, je plošný zákaz používání fosfátových prostředků do myček nádobí, který platí od loňského roku (netýká se však detergentů pro profesionální použití!). pamatovat je třeba i na to, že zákaz se týká uvádění těchto výrobků na trh, skladové zásoby ještě nějakou dobu budou prodávány a užívány. Podle odhadovaných dat je možné, že se vlivem tohoto zákazu sníží emise fosforu z komunálních zdrojů až o 17 %.

Pro účely modelu byl tedy vytvořen tzv. „referenční stav“, který představuje průměrné hodnoty vypouštění z jednotlivých zdrojů za posledních 6 let. Dále byl také zpracován tzv. „současný stav“, který reflektuje aktuální situaci v povodí.

Změny v systému likvidace OV se týkají 17 bodových zdrojů (15 komunálních zdrojů a 2 průmyslových). Celkovým přínosem těchto změn je snížení vypouštěného P_{celk} za rok o 2 051 kg. Zdaleka nejvýznamnější změna nastala ve městě Tachov, které na své ČOV zvýšilo účinnost odstraňování P_{celk} o 10 %, čímž snížili jeho vypouštěné množství o 950 kg/rok (téměř polovina úbytku z celého povodí VD Hracholusky).

Odhadovaný dopad zákazu používání fosfátových prostředků do myček nádobí je pak vyčíslen na 3 544 kg za rok. Je možné, že projevy tohoto zákazu budou mít pozvolnější dopad. V současném stavu, kdy se stále potýkáme se suchými obdobími, se část fosforu dočasně ukládá v korytech toků, ze kterých ale může být opětovně vyplavován. Tato retardace fosforu pak může zpomalovat projevy zlepšujícího se stavu.

Celkově pokleslo množství vypouštěného fosforu v současném stavu oproti referenčnímu stavu o 5 595 kg za rok. Jedná se o snížení bodových zdrojů P_{celk} o 25 %. V následujícím textu je popsán současný stav.

Vyhodnocení zdrojů bylo prováděno formou roční bilance sledovaných prvků. Jak bylo uvedeno výše, konkrétní vyhodnocení jednotlivých zdrojů bylo řešeno až v rámci sestaveného bilančního modelu, ale pro lepší možnost porovnání jsou zde uvedeny roční přísuny sledovaných látek do VD Hracholusky ze dvou hlavních přítoků – Mže (hodnocena v profilu Stříbro pod) a Úterského potoka (hodnocen v profilu Trpísty).

Tab. 2.6-1 Přibližné hodnoty nátok sledovaných látek do VD Hracholusky

Profil	P _{celk} [kg/rok]	P-PO ₄ [kg/rok]	N _{celk} [t/rok]	N-NO ₃ [t/rok]
Mže – Stříbro pod	20 000	5 500	600	450
Úterský potok – Trpísty	1 200	500	120	90
Celkem přítok do VD Hracholusky	21 200	6 000	720	540

Veškerá data o uživatelích vody, komunálních i průmyslových zdrojích byla zpracována do podrobné tabulkové přílohy. Tabulkové přílohy obsahují vyčíslení komunálních a průmyslových zdrojů s hlavními charakteristikami a množstvím vypouštěných látek. Vyhodnoceno je zde vypouštění P_{celk} a N_{celk} a také orientační stanovení N-NO₃ a P-PO₄. Tabulky jsou zpracovány pro dva stavy – referenční a současný.

- **Referenční stav** – jedná se o průměrné množství vypouštěného znečištění v referenčním období (2012 – 2017). Je to stav odpovídající vyhodnocení monitoringu, ke kterému byl kalibrován jakostní model. Pokud v referenčním období nastaly změny, pak tento stav zahrnuje průměrné množství vypouštění v jednotlivých letech před změnou i po ní.
- **Současný stav** – tento stav odrážel aktuální vývoj událostí v povodí v době zpracování studie. V tomto stavu byly zahrnuty změny realizované v referenčním období, jako je například výstavba nových ČOV, jejich intenzifikace, napojení obcí na centrální ČOV, apod. Velmi významnou změnou mající dopad takřka na všechny komunální zdroje může být zákaz uvádět na trh prostředky do myček nádobí obsahující fosfáty (netýká se však prostředků pro profesionální použití!).

Základní demografické údaje a informace o využití území jsou uvedeny v tabulce níže, vždy pro plochu mezipovodí příslušného kalibračního profilu. Podrobněji o kalibračních profilech v kapitole 3.

Tab. 2.6-2 Základní charakteristiky demografie a využití území v mezipovodích kalibračních profilů

Profil_ID	Název toku	Lokalita	Plocha mezipovodí [km ²]	Počet obyvatel	Vypouštění P [kg/rok]	Vypouštění N [kg/rok]	Vodní plocha [ha]	Počet obyvatel na km ²	Výměra vodní plochy k celkové ploše mezipovodí [ha/km ²]
1067	Mže	VN Lučina odtok	104	951	261	2 033	13	9	0.1
1068	Mže	Oldřichov	67	14 194	2 590	20 307	23	212	0.3
3041	Sedlišťský p.(př.Mže)	Kočov	85	2 547	1 069	5 732	244	30	2.9
3004	Mže	Kočov	18	662	95	1 340	5	37	0.3
3037	Hamerský p.(př.Mže)	Broumov	11	0	0	0	0	0	0.0
1073	Hamerský p.(př.Mže)	Brod n.Tichou	151	9 136	3 384	25 112	187	61	1.2
1074	Kosový p.(př.Mže)	Třebel	215	23 390	5 606	45 531	157	109	0.7
1069	Mže	Milíkov	151	2 996	1 204	6 374	21	20	0.1
3051	Úhlavka (př.Mže)	Kopec	140	2 553	981	5 485	156	18	1.1
3062	Výrovský p.(př.Úhlavky+Mže)	Brod u Stříbra	96	4 030	1 345	10 015	153	42	1.6
3042	Úhlavka (př.Mže)	Stříbro	60	1 582	716	5 374	7	26	0.1
1070	Mže	Stříbro pod	16	8 132	504	8 441		518	0.0
2021	Úterský p.(př.Mže)	Úterý nad	53	306	138	720	12	6	0.2
2024	Nezdický p.(př.Úterského p.-BE)	Bezdužice pod	28	183	76	396	10	6	0.3
9339	Lichovský(Budeč.)p.(př.Úter.p.+Mže)	Krsov pod	14	201	48	248		15	0.0
3063	Hadovka (př.Úter.p.+Mže)	Bezemin	80	1 735	1 089	4 433	3	22	0.0
3043	Úterský p.(př.Mže)	Trpísty	138	3 550	912	4 423	8	26	0.1
9322	Žebrácký p.(př.Mže)	Nový mlýn	34	533	292	1 535		16	0.0
3370	Mže	VN Hracholusky odtok	118	11 784	1 711	11 959	24	100	0.2
celkem			1 579	88 465	22 022	159 457	1 025		

2.6.1 Komunální zdroje znečištění

Mezi komunální zdroje řadíme veškeré znečištění pocházející od obyvatel konkrétních sídelních útvarů. Jedná se tedy o zbytkové znečištění, které vypouštějí ČOV, úniky na kanalizačních systémech a znečištění produkované obyvateli s individuální likvidací odpadních vod.

Úniky na kanalizačních systémech byly stanoveny porovnáním teoretického nátoku na ČOV, vypočítaného na základě denní produkce P_{celk} obyvateli a skutečného nátoku na ČOV, který je měřen provozovatelem čistírny. Může se jednat o odlehčené vody, netěsnosti kanalizačního systému, protékající odlehčovací komory, případně nekázeň v napojování kanalizací (splaškové vody napojené na dešťovou kanalizaci). Protože není pravděpodobné, že by se veškeré tyto odpadní vody dostávaly do recipientu (u netěsných kanalizací prochází OV půdním filtrem), bylo zredukováno zjištěné množství na 50 %, které pak vstupuje do jakostního modelu. Velikost úniků na kanalizačních systémech je velmi různorodá, ale až na výjimky byly registrovány u všech obcí. V některých případech toto množství OV převyšovalo vypouštění z ČOV.

Největší problém s tímto zdrojem je v Mariánských Lázních. Zde byly vyčísleny úniky na kanalizaci na 1 250 kg P_{celk} za rok. Město má problém s netěsnými kanalizačními stokami, do kterých natékají podzemní vody. V kanalizačním systému pak teče až 85 % balastních vod (nátok na ČOV by odpovídal spotřebě vody přes 700 l na osobu a den). Balastní vody přetěžují ČOV a kanalizaci. Část odpadních vod pak přepadá do recipientu i v bezdeštném období. Největší přepad je realizován těsně před ČOV, kde se na poslední odlehčovací komoře dostávají odpadní vody do Chotěnovského rybníka. Jedná se o rybník s plochou téměř 9 ha, který leží na bočním náhonu Kosového potoka. Rybník má poměrně dlouhou dobu zdržení a proto vlivem retenčních procesů snižuje množství odtékajícího P_{celk} .

Dalšími místy s vysokými úniky na kanalizačních systémech jsou obce Planá a Konstantinovy Lázně. U obou obcí byly úniky vyčísleny na více než 400 kg P_{celk} za rok. Celkově byl vliv úniků P_{celk} na kanalizačních systémech v povodí VD Hracholusky vyčíslen na 3 500 kg/rok, jak ukazuje Obr. 2.6-1. Jedná se o 21 % komunálních zdrojů, ze kterých se nečištěné odpadní vody dostávají do vodního prostředí.

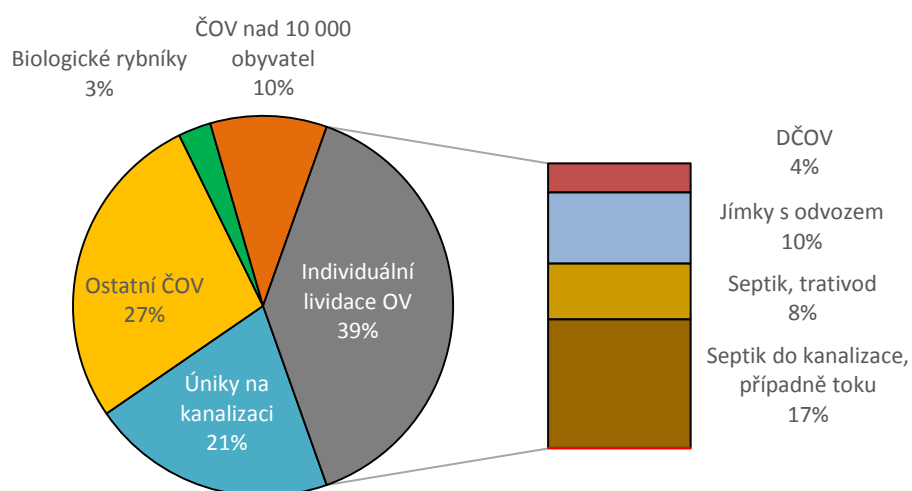
Objem vypouštěného znečištění z individuálních zdrojů je dán způsobem likvidace OV. Každému z vyjmenovaných způsobů likvidace OV byla přiřazena účinnost, s jakou redukuje sledované parametry. Studie se zabývá živinovými ukazateli, z tohoto pohledu jsou DČOV málo účinné³. Při správném provozování (které je velmi obtížné a mnoho uživatelů na ně rezignuje) tato technologie dokáže odstraňovat organické znečištění (BSK_5 , $CHSK_{Cr}$), ale pro odstraňování živin není vhodná. Kategorie jímek s odvozem by teoreticky neměla vykazovat žádné znečištění, protože při správné praxi by měly být veškeré odpadní vody odváženy na ČOV, kde by se projevíly v její bilanci. Realita ale pravděpodobně nebude taková. Je možné, že jímkou částečně netěsní a OV se dostávají do horninového prostředí, také je možné že starostové v obcích, kteří vyplnili dotazník neznají skutečný stav a nebo skutečnost vylepšují. Z těchto důvodů byla i tomuto způsobu likvidace OV přiřazena určitá minimální hodnota zůstatkového znečištění, která vstupovala do jakostního modelu. Septiky pak tvoří hlavní způsob individuální likvidace OV, čemuž také odpovídá 25 % podíl na komunálních zdrojích P_{celk} . Poslední kategorie – přímé vypouštění OV do recipientu se v zájmovém území takřka nevyskytuje a proto ani bilančně nemělo žádný význam.

³ V současné době jsou na trh uváděny i DČOV které mají deklarovány i poměrně dobré účinnosti odstraňování živin, toho lze ovšem dosáhnout jen za předpokladu vysoké kázně při provozu DČOV, ta ovšem nebývá pravidlem.

Tab. 2.6-3 Velikost vypouštění jednotlivých sledovaných ukazatelů z komunálních zdrojů

Typy likvidace odpadních vod	Velikost vypouštěného znečištění			
	P _{celk} [kg/rok]	P-PO ₄ [kg/rok]	N _{celk} [t/rok]	N-NO ₃ [t/rok]
ČOV	6 685	4 148	94	55
- ČOV nad 10 000 obyvatel	1 657	839	45	24
- Biologické rybníky	465	394	3	0,1
- Ostatní ČOV	4 563	2 915	46	31
Úniky na kanalizační síti	3 483	2 479	5	-
Individuální likvidace OV	6 549	4 860	35	-
- DČOV	669		3	
- Jímky s odvozem	1 630		6	
- Septik s trativodem	1 286		7	
- Septik do kanalizace, případně toku	2 952		19	
Celkem	16 705	11 487	134	55

Podíl produkce komunálních zdrojů P_{celk} dle způsobů likvidace OV



Obr. 2.6-1 Podíl na produkci P_{celk} z komunálních zdrojů podle způsobů likvidace odpadních vod

V předchozí tabulce (Tab. 2.6-3) jsou uvedeny hodnoty produkce sledovaných parametrů pro komunální zdroje.

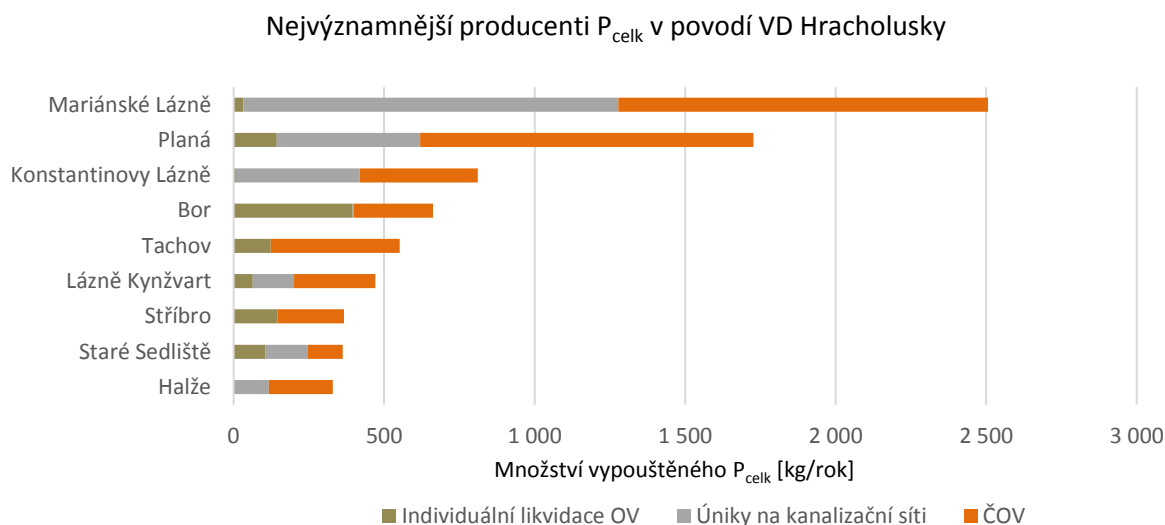
Při porovnání přípisu P_{celk} do VD Hracholusky (Tab. 2.6-1) s produkcí komunálních zdrojů se ukazuje, že téměř 80 % z celkového množství, které do nádrže vstupuje, tvoří právě fosfor z komunálních zdrojů. Reálně bude toto procento nižší vzhledem k faktu, že se část fosforu usadí v povodí v nádržích apod. Stále ale budou komunální zdroje nejvýznamnějším producentem P_{celk} v povodí a na ně byl primárně kladen důraz při návrzích opatření.

Při obdobném porovnání ukazatele P-PO₄ bylo zjištěno, že se vytvořilo téměř dvojnásobné množství P-PO₄ než bylo pozorováno v uzávěrových profilech. Jedná se o složku fosforu velmi dobře přístupného pro vodní organismy, kteří pak v sobě fosfor zabudovávají a přeměňují jej tak na jiné sloučeniny. Z tohoto důvodu byl v uzávěrovém profilu pozorován tento úbytek. P-PO₄ pro jednotlivé typy individuální likvidace OV nebyl stanoven, protože nebyla k dispozici reálná data z těchto skupin. Také velikost celkové skupiny byla pouze odhadnuta na základě vypouštěného P_{celk} a to na základě omezené množiny měření z rozšířeného monitoringu Plzeňského kraje.

Komunální zdroje nejsou z pohledu N_{celk} příliš významné, důležité ale mohou být v pramenných částech jednotlivých toků, které mohou být nečištěnými vodami (nebo nekvalitně čištěnými) silně postiženy. Nátok N_{celk} do VD Hracholusky je odhadován na 720 tun ročně a velikost komunálních zdrojů byla určena na 134 tun ročně, z nichž část je redukována vlivem denitrifikace. Komunální zdroje tedy pro VD Hracholusky představují méně než 20 % ročního látkového toku.

Nečištěné komunální odpadní vody neobsahují N-NO₃, dusík je zde tvořen organickými sloučeninami, které se přeměňují v N-NH₄ a až na ČOV je nitrifikací převáděn na N-NO₃. Z tohoto důvodu nebyla u komunálních odpadních vod vyčíslena produkce N-NO₃ pro individuální likvidaci OV a úniky na kanalizaci. Dá se ale předpokládat, že N-NH₄ je v tocích relativně rychle transformován na dusičnany.

Následující graf (Obr. 2.6-2) zobrazuje 10 největších producentů P_{celk} v povodí VD Hracholusky. Na první pohled je patrné, že největší hodnoty vypouštění mají města Mariánské Lázně a Planá. V případě Mariánských Lázní jsou velkým problémem balastní vody a jejich odlehčení (viz. předchozí text). Také v městě Planá je problém s úniky na kanalizačním systému, místní ČOV se ale současně potýká s (na svou velikost) velmi nízkými účinnostmi čištění OV. V roce 2016 zde bylo zavedeno chemické srážení fosforu, ale výsledná účinnost cca 66 % není příliš vysoká (města Tachov a Stříbro odstraňují fosfor s vynikající účinností 97 %). Město Planá se zásadním způsobem podílí na látkovém toku P_{celk} v řece Mži. Hamerský potok, do kterého Planá vypouští OV přináší až 1/4 celkového látkového toku v profilu Mže – Stříbro pod (počítáno z monitoringu 04/2017 – 03/2018 s vyloučením dvou extrémních epizod na jaře a na podzim - viz kapitola 2.3.3).

Obr. 2.6-2 Nejvýznamnější producenti P_{celk} v povodí VD Hracholusky

2.6.2 Průmyslové zdroje znečištění

Mezi průmyslové zdroje byla řazena vypouštění vod provozovaná výrobní firmou. Jednalo se o OV produkované zaměstnanci, technologické odpadní vody, důlní vody, chladicí vody aj. Z pohledu eutrofizačního potenciálu jsou nejrizikovější odpadní vody z potravinářského průmyslu, ale také odpadní vody produkované zaměstnanci ve velkých průmyslových zónách jako jsou například CTPark Bor nebo CPI Vysočany. V zájmovém území se nachází 26 průmyslových vypouštění OV. Jedná se o 8 vypouštění důlních vod (převážně realizované firmou DIAMO SUL), 4 menší potravinářské firmy, 7 strojních průmyslových podniků a 7 dalších podniků z různých kategorií průmyslu.

Z bilančního hlediska jsou nejvýznamnější průmyslové zóny CTPark Bor a CPI Vysočany. Nicméně podle celkového vyčíslení průmyslových zdrojů představují zatížení o velikosti 1 000 kg P_{celk} ročně, tj. asi 5 % hodnoty látkového toku v uzávěrových profilech. Proto tato kategorie nepředstavuje pro VD Hracholusky výrazný problém. Přesto při komplexním řešení území je třeba s tímto zdrojem počítat.

2.6.3 Hospodaření na rybnících

Rybníkaření je v regionu povodí VD Hracholusky poměrně významným způsobem využívání vodního prostředí. Ročně se na místních rybnících vyprodukuje zhruba 600 tun ryb. Aby bylo možné této produkce dosáhnout, je třeba aplikovat krmení, případně hnojení.

V kapitole 2.4 je popsán způsob hospodaření na rybnících v povodí VD Hracholusky. Celková roční bilance tohoto hospodaření byla vypočtena jako záporná, tj. v těle ryb je z vodního prostředí vytěženo více P_{celk} než je do rybníku vloženo formou krmení a hnojení. Celkově se jedná o poměrně vysoké množství fosforu, který je z vodního prostředí odstraněn – ročně rybníky snižují látkový tok P_{celk} vlivem hospodaření o cca 1 400 kg. Celkový výnos fosforu v produkci ryb je 5 000 kg a formou krmení a hnojení se do rybníků dostává 3 500 kg P_{celk} . Ze 191 hodnocených rybníků jich pouze 17 mělo pozitivní roční látkovou bilanci P_{celk} . Největší zatížení P_{celk} z hospodaření měl Podhájský rybník (necelých 60 kg/rok). Jeho vliv je srovnatelný s komunálním vypouštěním obce se 120 obyvateli.

Bilance hospodaření na rybnících v povodí VN Hracholusky tedy ve většině případů pomáhá snižovat látkový tok v celoročním měřítku. Rizikovost rybníků pro povodí je určena spíše možnostmi

výskytů anoxií v letním období, kdy se může uvolňovat fosfor ze sedimentu rybníku a zvyšovat koncentrace P_{celk} na odtoku na velmi vysoké hodnoty. Tento stav byl často pozorován při monitoringu prováděném pro Plzeňský kraj v období 04/2017 – 03/2018.

Nejčastěji chovanou rybou je kapr, který také narušuje potravní řetězec planktonu a pomáhá k přemnožení fytoplanktonu, způsobujícího zelenání rybníků. Určité minimální zatížení vodního toku probíhá také v letních obdobích, z nespotebovaných krmiv a hlavně pak v období výlovů se při vypouštění rybníků dostává do vodních toků sediment ze dna rybníků, který je často bohatý na živiny.

Lze však konstatovat, že prostá bilance rybníčního hospodaření představuje pro látkový tok fosforu přínos, kdy ryby využívají pro svůj růst z velké míry i živiny, které do rybníků přitékají z výše položených povodí.

2.6.4 Komplexní vyhodnocení rybníků

Rybníky představují významný ekotop v rámci vodního prostředí. Pro stav fosforu, jakožto klíčového ukazatele při řešení eutrofizace, může mít pozitivní i negativní dopad v závislosti na způsobu využívání rybníku. Snižování koncentrací a látkových toků fosforu se děje vlivem retenčních procesů, při kterých se fosfor ukládá do sedimentu. Při úbytku kyslíku je ale možné tento proces zvrátit a pak dochází k jeho opětovnému uvolňování. Z těchto důvodů je výrazný rozdíl v koncentracích v tocích pod rybníky podle způsobu jejich odtoků. Pokud voda odtéká formou přepadu, je koncentrace P_{celk} významně nižší než při vypouštění spodní vody prostřednictvím požeráku. V rámci mimořádné monitorovací kampaně, kterou v povodí VD Hracholusky provádělo Povodí Vltavy s.p., se tento jev projevoval rozdílnými hodnotami koncentrací na hladině rybníka a na jeho odtoku (např. 1. 6. 2017 Mezholezský rybník: hladina 0,2 mg/l P_{celk} ; odtok 1,5 mg/l P_{celk}).

Dalším zásadním faktorem určujícím bilanci rybníků je způsob a intenzita jejich využívání. Rybníky jsou využívány k chovu ryb, který je podporován příkrmováním a v některých případech i hnojením rybníků. Podrobně se touto problematikou zabývá kapitola 2.4. Způsob hospodaření na rybnících v povodí VD Hracholusky. Zde je uvedena podrobná bilance rybníčního hospodaření na produkčních rybnících. Množství krmení a hnojení rybníků se zde opírá o údaje získané od jednotlivých subjektů hospodařících na rybnících. Není zcela vyloučeno, že hodnoty hnojení, které zpracovatelům studie tyto provozovatelé nahlásili, jsou nižší, než je skutečně aplikované množství (jedná se o nepovolený typ aplikace). Údaje, které byly v době zpracování k dispozici, ukázaly, že bilance hospodaření na rybnících je v naprosté většině případů záporná, tj. v těle slovených ryb je z rybníků odstraňováno více fosforu, než je do něj zanášeno krmivem a hnojením rybníků.

2.6.5 Chov vodní drůbeže na rybnících

Jedná se o poměrně ojediněle se vyskytující jev. Většina současných intenzivních chovů vodní drůbeže probíhá v halách. Důvodem odklonu chovu drůbeže na rybnících je ochrana vodního prostředí a zvýšení produktivity chovu. Při chovu se do vodního prostředí dostává nemalé množství trusu, který znečišťuje vodní prostředí. Nové poznatky také ukázaly, že k chovu vodní drůbeže není vodní plocha nezbytná. Halové chovy dále umožňují intenzivnější výkrm a kontinuální provoz s na sebe navazujícími turnusy odchovů v období celého roku.

Velká dobytčí jednotka (VDJ) drůbeže (VDJ je definováno jako 500 kg váhy hospodářských zvířat, tj. 1VDJ činí 104 chovných hus, 143 chovných kachen, případně 250 kachen ve výkrmu) vyprodukuje ročně 9,4 t čerstvého trusu. V jedné tuně čerstvého trusu je pak obsaženo 18,5 kg dusíku a 5,58 kg fosforu [1], [2]. Pokud bychom tedy počítali s celoroční přítomností 100 kachen ve výkrmu na rybníce (0,4 VDJ) a za předpokladu že by se veškerý trus dostával do rybníka, byl by rybník zatížen dotací zhruba 70 kg dusíku a 21 kg P_{celk} . Jedna kachna ve výkrmu tedy vyprodukuje denně 0,58 g P_{celk}

pro chovnou husu se dokonce jedná ještě o výrazně vyšší hodnotu a to 1,38 g P_{celk} na den. Jedná se o velmi vysoké číslo. Pro srovnání člověk vyprodukuje denně 1,9 g P_{celk} . Hodnoty denních produkcí živin odvozených z ročních produkcí trusu pro jednotlivé kategorie vodní drůbeže uvádí následující tabulka Tab. 2.6.4

Vodní drůbež ale není na hladinách rybníků chovaná celoročně doba výkrmu hus trvá 8, nebo 16 týdnů podle požadované jateční hmotnosti (4,4 respektive 5,8 kg živé váhy). Kachna pekingská dosahuje za 9 týdnů okolo 2,5 kg živé váhy (kachny) a kačeři se poráží okolo 12 týdne s váhou okolo 4,4 kg. Chovná sezóna, která zahrnuje letní měsíce, se ale překrývá s nejrizikovějším obdobím z pohledu eutrofizace nádrží a přemnožení sinic, což dále zvyšuje rizikovost chovu kachen na rybnících.

Tab. 2.6-4 produkce živin vodní drůbeží

Vodní drůbež		Specifická produkce živin na kus a den		Produkce živin na kus a rok (při 16 týdnech pobytu na rybníce)	
		P_{celk} [g/den]	N_{celk} [g/den]	P_{celk} [kg/rok]	N_{celk} [kg/rok]
husa	chov	1,38	4,57	0,15	0,51
	výkrm	0,72	2,38	0,08	0,27
kachna	chov	1,01	3,34	0,11	0,37
	výkrm	0,58	1,91	0,06	0,21

Chov kachen na rybnících podléhá podle vodního zákona [3], povolení k nakládání s povrchovými vodami, ve kterém jsou stanoveny podmínky pro chov vodní drůbeže. Intenzita chovu drůbeže na rybnících se v jednotlivých podkladech různí, udávány jsou počty na 1 ha od 200 ks až po 1000 ks. Jak je patrné, jedná se o poměrně zásadní dopad na bilanci živin ve vodním prostředí. Jako hraniční hodnoty chovu drůbeže na rybnících, které nemají významnější dopad na jakost vody v rybníce, se udává 20 až 50 ks na ha. Tato hodnota je odvozována od úrovně zatížení rybníků divokými kachnami, které se neprojevuje škodlivě pro daný rybník.

Rybníků v povodí VN Hracholusky se týká takzvaný chov polodivokých kachen za účelem jejich komerčního lovu, o jehož negativních účincích na rybníční ekosystémy píše například (Fisher, Faina; 2009) [81]. Vedle zvyšování trofie vodních nádrží zmiňuje další negativní účinky spojené s predací, ničením příbřežních zón a hnízd jiných ptáků pošlapáním. V povodí VD Hracholusky bylo zjištěno, že pro chov kachen je využíváno několik rybníků, a to hlavně v obci Tisová – Vinný ryb., Lihovarský ryb., Březový ryb. a Horní Hlinenský ryb. Dále jsou kachny chovány také na rybníku Sahara v obci Bor. Z těchto 5 rybníků byly 4 měřeny v rámci monitorovací kampaně (Lihovarský ryb. nebyl monitorován). V kontextu této monitorovací kampaně patřily „kachní“ rybníky k těm s naměřenými nadprůměrnými koncentracemi P_{celk} . Z tohoto můžeme usuzovat na ovlivnění těchto rybníků chovem kachen.

Doporučením pro chov kachen na rybnících by pak mělo být využívat soustav rybníků a kachny neumísťovat na poslední rybník v soustavě, ideálně by tento rybník měl být i z pohledu chovu ryb obhospodařován extenzivně⁴, tj. bez přikrmování a hnojení. Tím by mohla být posílena přirozená retenční schopnost rybníků a znečištění, které sem doputuje z výše položených rybníků, by bylo

⁴ Extenzivní chov využívá pouze přirozenou potravní nabídku nádrže, Polointenzivní chov využívá jako zdroj bílkovin pro ryby přirozenou nabídku doplněnou přikrmováním. To je prováděno formou rostlinných krmiv, převážně obilovinami

redukováno. V závěrečné zprávě [81] je MZe doporučeno, aby povolený počet vysazovaných kachen nepřekračoval na menších rybnících hranici 25 ks/ha. Dále je upozorňováno, že v praxi se vyskytuje vysazování až stovek kachen na 1 ha rybníční plochy, které již hraničí s komerčním kapro-kachním hospodařením, které je povolováno zvláštními předpisy. CHKO Třeboňsko vypracovalo vzorec pro vypouštění polodivokých kachen na větší rybníky, kde by již 25 ks na 1 ha bylo neúnosné.

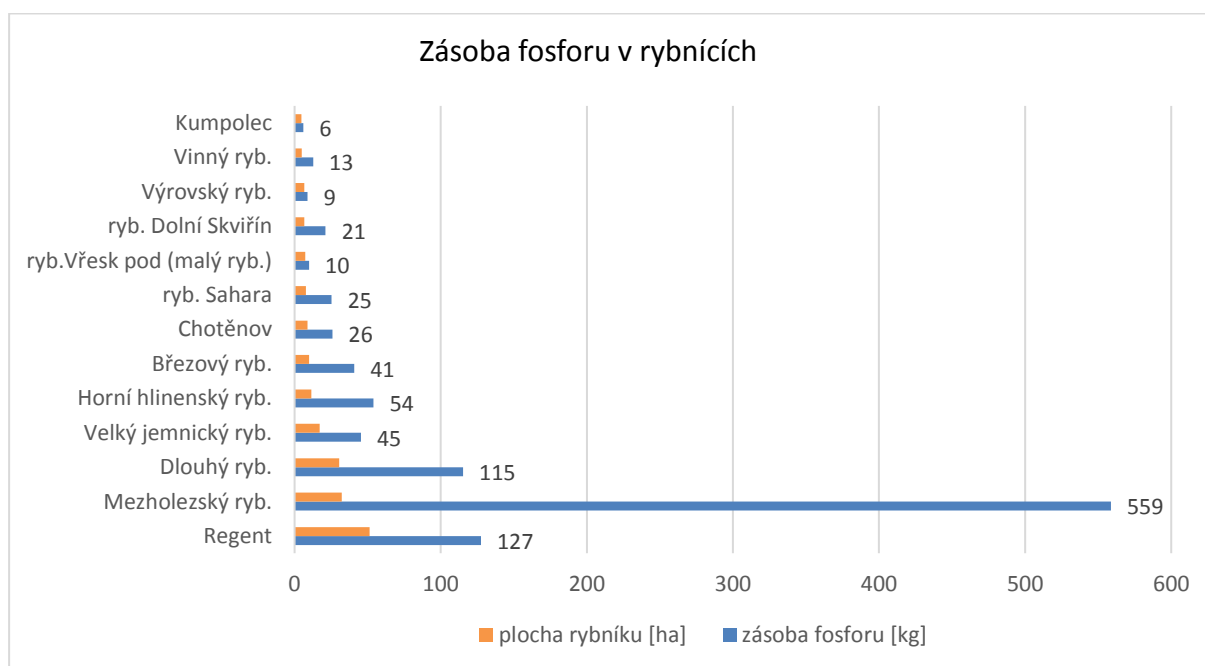


Obr. 2.6-3 Chov polodivokých kachen na rybníce Obora, blízko Boru u Tachova, na fotografii přibližně 330 kachen, část ulétla před pořízením fotografie

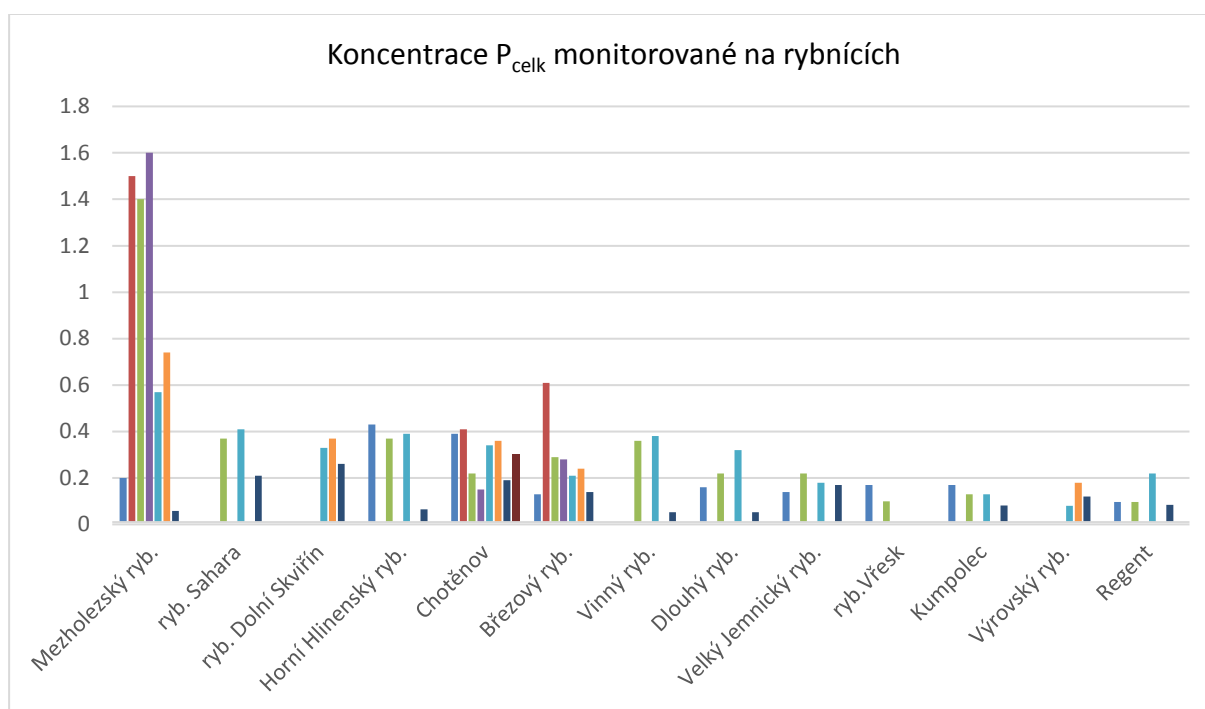
2.7 Monitoring rybníků v rámci monitorovací kampaně v povodí VD Hracholusky

Povodí Vltavy s.p. v rámci monitorovací kampaně sledovalo 13 rybníků v povodí VD Hracholusky. 12 z nich mělo podle hlášení provozovatelů zápornou bilanci hospodaření, ale hodnoty odtokových koncentrací v letních obdobích byly na poměrně vysokých hodnotách. Tyto vysoké hodnoty mohou být způsobeny také uvolňováním fosforu uloženého v sedimentu, kam byl ukládán z přítoku rybníků. Koncentrace P_{celk} z jarního měření (25.duben 2018) byly většinou poměrně nízké, a to i přes poměrně suché a teplé jaro.

Rybníky také představují místa, kde se může fosfor akumulovat ve vodním sloupci a hrozí riziko jeho uvolnění, například při výlovu rybníku. Z výsledků monitoringu na rybnících bylo odhadnuto okamžité množství fosforu, které se zde nacházelo (jako vstupní koncentrace byl využit průměr měření na hladině a na odtoku z rybníka; objem vody byl odhadnut na základě znalosti plochy). Z výsledků jsme získali průměrné hodnoty, které jsou prezentovány v níže uvedeném grafu (Obr. 2.7). Většina rybníků má průměrnou okamžitou zásobu fosforu do 50 kg, z tohoto hodnocení výrazněji vystupovaly tři rybníky Dlouhý rybník a Regent se zhruba 120 kg zásobou a pak hlavně Mezholeský rybník, který vykazoval zdaleka nejhorší parametry z celé sady monitorovaných rybníků. Jeho průměrná okamžitá zásoba P_{celk} byla spočítána na cca 560 kg a pro odběr dne 30.7.2017 byla vypočítána dokonce na téměř 1000 kg P_{celk} . Na Mezholeském rybníce byly také naměřeny nejvyšší hodnoty koncentrací P_{celk} . Zatímco průměrné koncentrace P_{celk} na ostatních rybnících se pohybovaly v rozmezí 0,12 – 0,33 mg/l, průměrná koncentrace P_{celk} na Mezholeském rybníce byla 0,87 mg/l.



Obr. 2.7- Průměrná zásoba fosforu v monitorovaných rybnících



Obr. 2.7-1 Koncentrace P_{celk} měřené na rybnících v povodí VD Hracholusky v jednotlivých odběrových dnech (některé rybníky mají měřenu hladinu a odtok)

Ve výše uvedeném grafu (Obr. 2.7-1) jsou rybníky seřazeny podle průměrných koncentrací, které zde byly měřeny:

- **Mezholezský rybník** – jak bylo uvedeno výše, jednalo se o nejhorší z monitorovaných rybníků. Vzhledem ke své velikosti by malá obec Mezholezy ležící na jeho břehu neměla na něj mít tak významný vliv, aby mohla způsobovat měřené koncentrace fosforu. Ani jiné bodové zdroje v jeho povodí tyto koncentrace nevysvětlují, a proto by bylo vhodné provést terénní průzkum, který by problematický zdroj odhalil. Může se jednat o úniky ze zemědělského podniku, ale také není vyloučeno, že chovatelé ryb do něj dávají více živin, než nahlásili pro účely našeho sběru dat. Dle sdělení společnosti Klatovské rybářství, a.s., která tento rybník vlastní a provozuje, je na tomto rybníce v posledních letech hospodařeno s menší obsádkou oproti minulosti. Rybník má několik přítoků, pouze dva jsou z obce Mezholezy, zde jsou svedeny volné kanalizační výusti a 1 stará ČOV z bytového domu (rok výstavby ČOV 1980),
- **rybník Sahara** – jedná se o „kachní“ rybník. Sinicový zákal zde byl pozorovaný již v dubnu. Jeden ze spodnějších rybníků soustavy v okolí obce Bor. Jeho vyšší koncentrace fosforu mohou být způsobovány přítomností vodní drůbeže, ale také se zde může propagovat intenzivnější hospodaření z výše položených rybníků. V povodí nad tímto rybníkem je opět jen minimum bodových zdrojů (osada Nový Dvůr). Většina živin tedy s největší pravděpodobností pochází z hospodaření na rybnících (podle nahlášených údajů Klatovského rybářství, a.s., ve všech těchto rybnících vychází záporná bilance). V této soustavě rybníků by bylo vhodné přesunout chov kachen na některý z výše položených rybníků a snížit jeho intenzitu,
- **rybník Dolní Skřivín** – jedná se o spodní rybník v soustavě v okolí obce Bor. Dostává se sem znečištění obce Bor (čištěné OV i nečištěné – odlehčení), ale také odtoky z výše položených problematických rybníků jako je výše uvedený rybník Sahara. Odtok

z tohoto rybníka určuje jakost vody ve Výrovském potoce na poměrně dlouhém úseku. Bylo by vhodné, kdyby tento rybník byl obhospodařován extenzivně.

- **Horní Hlinenský ryb.** – další „kachní“ rybník. Ve vegetační sezóně zde byly pravidelně měřeny koncentrace P_{celk} kolem 0,4 mg/l což jsou velmi vysoké hodnoty. Při jarním měření byla koncentrace P_{celk} poměrně nízká, lze z toho usuzovat na významné ovlivnění koncentrací chovem kachen, který probíhá v letní sezóně. Jiné zdroje se v povodí tohoto rybníka nevyskytují, za eutrofizaci rybníka je pravděpodobně zodpovědné hospodaření na tomto rybníce, případně na výše položených rybnících,
- **rybník Chotěnov** – tento rybník je extrémně zatěžovaný odlehčeními v městě Mariánské Lázně. Je zde zaústěna odlehčovací komora před samotnou ČOV a z důvodu velkého množství balastních vod dochází k odlehčování často i mimo deště. Rybník se výrazně podílí na snižování koncentrací v Kosovém potoce, bez něj by zde koncentrace P_{celk} mohly být ještě vyšší,
- **Březový ryb.** – další „kachní“ rybník. Jedná se o „spodní“ rybník soustavy. Je zde patrná určitá retenční schopnost tohoto rybníka, kde byly naměřeny nižší koncentrace než v Horním Hlinenském rybníce, který leží nad Březovým rybníkem. Byly zde také zaznamenávané anoxie, kdy na hladině byly zaznamenány nižší koncentrace P_{celk} než na odtoku z rybníka. Protože se jedná o spodní rybník soustavy, bylo by vhodné, kdyby byl provozován jako extenzivní. Podle získaných dat měl tento rybník ale mírný živinový přebytek (5 kg P_{celk} za rok),
- **Vinný ryb.** – poslední z monitorovaných „kachních“ rybníků. Podobně jako u Horního Hlinenského rybníka je i zde patrný významný rozdíl mezi letní a zimní sezónou, který může být způsoben právě chovem vodní drůbeže,
- **Dlouhý rybník** – je zatížen odpadními vodami s vysokými koncentracemi P_{celk} z výše ležícího povodí. Vysoké koncentrace v Úhlavce (naměřeno i 1,8 mg/l) nad Dlouhým rybníkem, jsou zde významně redukovány, ale stále z něj odtékají poměrně vysoké hodnoty koncentrací P_{celk} ,
- **ostatní monitorované rybníky** – koncentrace na odtoku z dalších rybníků jen velmi vzácně překročila hodnotu 0,2 mg/l. I tato hodnota může být považována za vysokou. Často se jedná o zhoršující prvky na vodní síti. Rybníky s těmito koncentracemi měřenými ve vrcholové sezóně ale již příliš nevybočují z hodnot měřených běžně v tocích. Obzvláště pak v podmínkách suchého a teplého léta 2017.

Přes výše uvedené řádky stále platí, že rybníky mají potenciál snižovat koncentrace P_{celk} v tocích a při správném hospodaření je možné tento projev pravidelně pozorovat. Ale při intenzivním hospodaření na rybníku je často retenční schopnost potlačena a rybník se pak chová více jako zdroj znečištění.

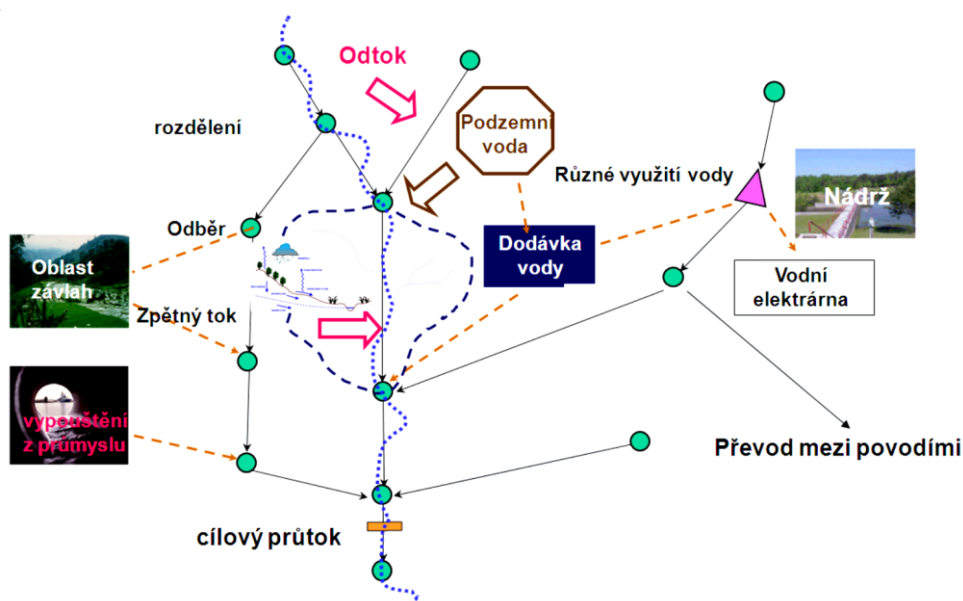
Za zmínku také stojí fakt, že z 11 monitorovaných rybníků v dubnu 2018 pouze dva měly na odtoku měřitelný průtok (Chotěnovský ryb. a rybník Vřesk). Tento stav je velmi nežádoucí pro drobné toky pod těmito rybníky, nicméně z pohledu bilance P_{celk} ve VD Hracholusky byl do určité míry výhodný, protože nebyla uvolňována voda s vysokým množstvím živin. Tento nežádoucí jev tedy také podporuje retenci P_{celk} v rybníce.

3 SESTAVENÍ JAKOSTNÍHO MODELU A ANALÝZA VÝZNAMNOSTI JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ NUTRIENTŮ, ZEJMÉNA FOSFORU, V POVODÍ

3.1 Modelovací software MIKE BASIN

Modelovací software MIKE BASIN 2009 (DHI Software) je extenzí geografického informačního systému ArcGIS 9.3 (ESRI). MIKE BASIN pracuje se schematizací toků pomocí systému uzlů a úseků toku mezi nimi. Uzly schematizují soutoky, odběry, nádrže a uživatele vody. MIKE BASIN je dynamický modelovací prostředek, který umožňuje zjednodušenou simulaci postupu průtokové vlny podél toku. Schematizace změn koncentrací látek ve vodě předpokládá konzervativní transport nebo rozpad během transportu popsany kinetikou prvního řádu. V případě modelu povodí vodní nádrže Hracholusky byl model využit pro ustálené podmínky (neproměnné v čase), kdy byla jako vstup využita jedna sada charakteristických (průměrných za dané období) hodnot.

Skutečné povodí je v modelu schematizováno do propojené soustavy vektorových prvků. Říční síť je po úsecích schematizována jako propojení mezi jednotlivými uzly. Uzly na říční síti jsou v místech napojení uživatelů (odběry, vypouštění), v místech soutoků a bifurkací a dále v místech profilů měření a nádrží (rybníků). Uživatelé vody a nádrže jsou schematizovány uzly se specifickými vlastnostmi. Jednotlivá povodí (schematizovaná jako polygony s danou plochou) jsou také napojena do uzlů říční sítě; odtok a odnos látek z povodí je soustředěn do tohoto uzlu.



Obr. 3.1-1 Schematizace reálné říční sítě a uživatelů v modelu MIKE BASIN

Struktura modelu je uložena v databázi, se vstupy i výsledky lze pracovat také ve formátu časových řad DFS0.

V České republice je MIKE BASIN využíván především jako nástroj pro simulace změn koncentrací látek ve vodních tocích v rámci implementace Rámcové směrnice o vodách, plánování v oblasti vod a také pro jednotlivé studie v povodích vodních nádrží. Modely v hrubém měřítku (v podrobnosti jednotlivých útvarů povrchových vod) byly vytvořeny pro povodí Labe, Vltavy, Ohře a Moravy v rámci prvního cyklu plánování v oblasti vod. Aplikace modelu MIKE BASIN v povodí vodní

nádrže Hracholusky vycházela z metod a zkušeností získaných z předchozích aplikací a studií.

3.2 Simulace koncentrací v modelu MIKE BASIN

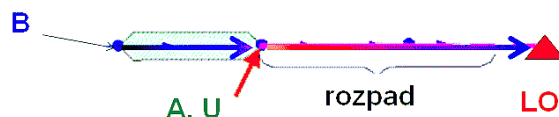
Změny koncentrací látek v modelovacím prostředí MIKE BASIN lze simulovat dvěma přístupy:

a) jako konzervativní transport (tj. koncentrace látky se mění jen skokově v uzlech, nemění se podél úseků toků)

b) jako transport látky se změnami v čase popsány pomocí kinetiky prvního řádu.

V případě b) je třeba definovat řadu parametrů pro každou látku, v závislosti na tom, kde transport probíhá. Většina parametrů je teplotně závislých. V MIKE BASINu je obvykle zadána hodnota koeficientu rozpadu pro danou látku při teplotě 20°C a časová řada teplot. Pomocí korekčního faktoru se hodnota koeficientu upravuje.

Obecné schéma pro změnu koncentrace v úsecích toků je na následujícím obrázku:



profil: $LO = Q_{char} \cdot C_{char}$

bodový zdroj: $B = Q_{char} \cdot C_{char}$

nebodový zdroj: $A \cdot U$

U plošný tok látek z povodí (g/m²/s)

LO tok látek v určitém profilu na vodním toku (g/s)

B tok látek v určitém bodovém zdroji znečištění (g/s)

Obr. 3.2-1 Schematizace procesu rozpadu látek v podél úseku toku

Dobu zdržení v každém jednotlivém úseku vodního toku lze vypočítat třemi různými způsoby, nebo vložit přímo jako časovou řadu. Ke každému úseku lze připojit vlastní sadu parametrů. Pro výpočet snížení koncentrací podél úseků toků jsou použity rovnice exponenciálního typu (kinetika 1. řádu).

Pro obecnou látku lze rovnici psát ve tvaru:

$$\frac{dX}{dt} = -k_x \cdot X$$

kde:

k_x koeficient degradace pro látku X

X množství látky v toku (g/s)

Rovnice teplotní korekce hodnot koeficientů:

$$R(T) = R_{20} \cdot RateCorr^{(T-20C)}$$

R(T) faktor pro teplotu T (°C)

R20 faktor pro teplotu 20°C

RateCorr korekční faktor

Pro formy dusíku (NO_3 , NH_4) lze v prostředí MIKE BASIN použít rozšířené rovnice (s procesy nitrifikace a denitrifikace), provázané s rovnicí změny spotřeby kyslíku (BSK). V rámci modelu povodí nádrže Hracholusky byla použita pouze základní exponenciální rovnice uvedená výše (bez teplotní korekce).

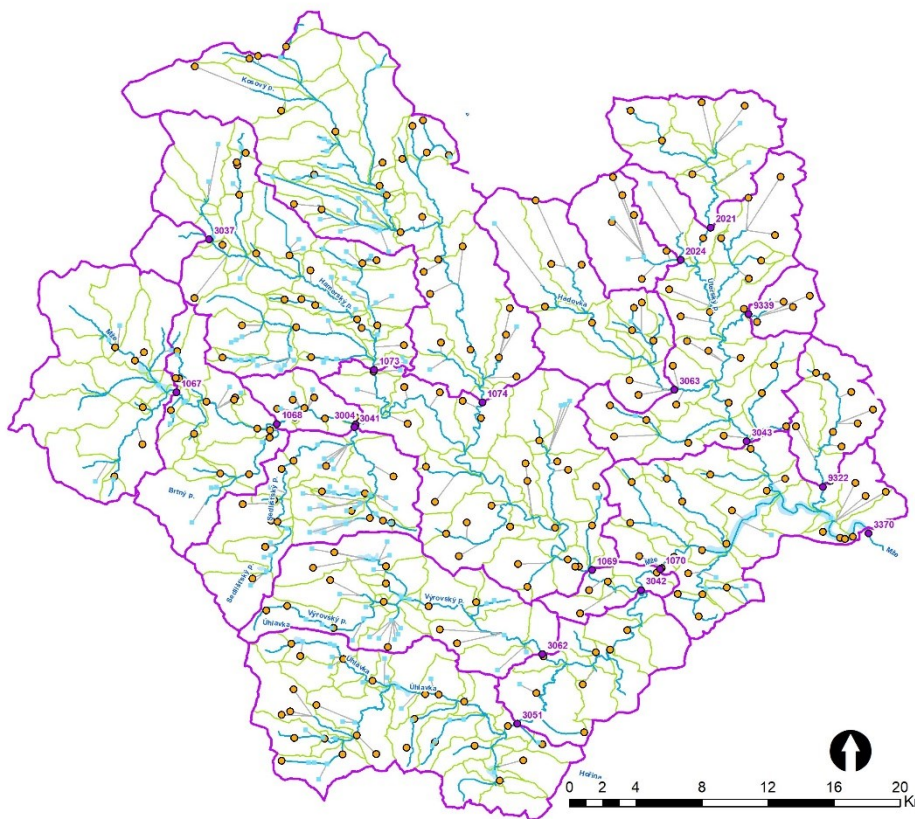
Vzhledem k účelu studie a dostupným datům byla pro bilanční model zvolena ustálená simulace s konstantními hodnotami vstupů (charakteristické průtoky a koncentrace čtyř vybraných látek).

3.3 Zpracování vstupních dat

Pro ustálenou bilanční simulaci byly připraveny charakteristické hodnoty průtoků ve vybraných vodoměrných profilech, hodnoty koncentrací Pcelk, Ncelk, P-PO₄ a N-NO₃ v místech sledování jakosti a dále průměrné roční koncentrace a odtoky bodových zdrojů znečištění. Z důvodu zmenšení vlivu výrazně suchých či vodných let bylo pro výpočet charakteristických hodnot zvoleno referenční víceleté období, vzhledem k dostupnosti dat byly vybrány roky 2012-2017. Průměrné roční průtoky a jim odpovídající koncentrace byly použity v modelu pro simulace jako typické hodnoty, vhodné z hlediska roční bilance látek. Způsob zpracování dat je popsán v následujících odstavcích.

3.3.1 Struktura modelu

Struktura modelu je sestavena v takové podrobnosti, aby bylo možno sledovat dopad individuálních opatření z jednotlivých bodových zdrojů podél vodních toků. Celé povodí je rozděleno do 19 dílčích povodí (k profilům sledování jakosti vody). K těmto profilům je také prováděna kalibrace koeficientů exponenciálních rovnic pro jednotlivé látky. Pro všechny úseky vodních toků uvnitř dílčího povodí je kalibrací určena jednotná hodnota koeficientu (individuálně pro každou z látek Pcelk, Ncelk, P-PO₄ a N-NO₃). Model povodí (1609 km²) se skládá z 300 výpočetních povodí, 541 uživatelů (bodových zdrojů) a asi 1400 úseků vodních toků. Úseky vodních toků byly zařazeny do 6 kategorií podle polohy a na základě tohoto členění a délky jednotlivých úseků byl proveden odhad doby zdržení v každém úseku toku. Na Obr. 3.1-1 je zřejmá schematizace jednotlivých částí povodí.



Obr. 3.3-1 Povodí VN Hracholusky schematizované v modelu MIKE BASIN. Fialovou čarou: povodí k profilům sledování jakosti. Zelenou čarou: výpočetní povodí modelu. Modrou čarou: vodní toky. Modré čtverce označují rybníky, oranžové pětiúhelníky ostatní bodové zdroje znečištění.

3.3.2 Uživatelé

Bodové zdroje znečištění byly schematicky připojeny do odpovídajících uzlů na říční síti a každému jednotlivě zadány hodnoty koncentrací látek a vypouštěného množství. Z analýzy dostupných dat vyplynulo, že velká část rybníků v povodí bilancí fosforu zlepšuje, tedy na odtoku by měla být nižší koncentrace celkového fosforu než na přítoku. Vzhledem k tomu, že se tento poznatek vymyká ostatním dostupným datům, byly rybníky do modelu schematicky zavedeny takto: pro rybníky které podle analýzy přispívají fosforem do vodních toků byly použity přímo průměrné hodnoty koncentrace fosforu podle zpracovaných dat. Ostatním rybníkům byla přiřazena koncentrace 0, tedy nepřispívají fosforem do vodních toků v modelu. Zvláštní skupinu tvoří 3 velké průtočné rybníky, na kterých jsou navržena opatření: Sahara, Mezholezský a Dolní Skviřín. Zde byly k dispozici měřené koncentrace P_{celk} během sezóny 2017. Průměr z měřených koncentrací byl pro každý z těchto rybníků v modelu použit přímo jako zadaná hodnota koncentrace P_{celk} na odtoku pro model referenčního období.

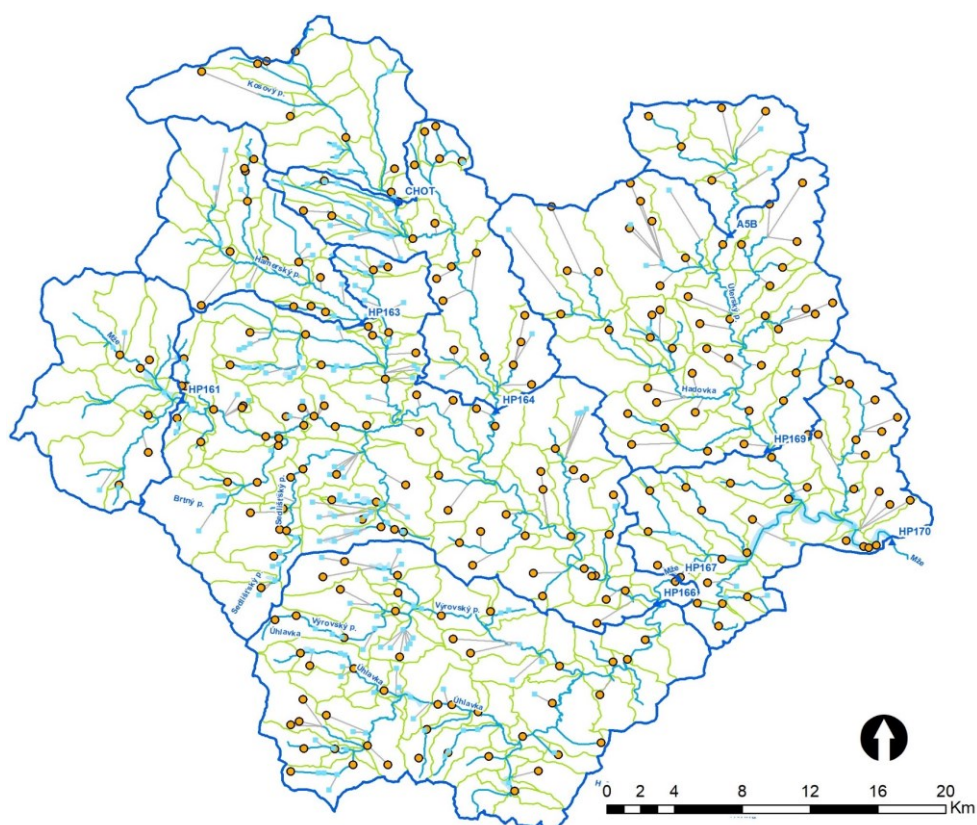
3.3.3 Hydrologická data

Pro hydrologickou bilanční část modelu byly získány časové řady v 7 stanicích stálé sítě pozorování ČHMÚ, 1 profilu účelového měření Povodí Vltavy s.p. a 5 profilů Povodňového informačního systému Plzeňského kraje. Z dodaných dat měření hladin a řad průměrných denních průtoků byly zpracovány denní a měsíční průměrné hodnoty a ty vzájemně porovnány. Z analýzy vyplývá, že pro účely projektu nejsou vhodná měření na 4 profilech Povodňového informačního systému Plzeňského

kraje, tato data byla vyřazena z dalšího zpracování. Dále bylo zjištěno, že významná povodňová epizoda v červnu 2013 ovlivňuje hodnoty průměrných měsíčních průtoků zpracovaných za celé období 2012-2017 v některých stanicích. Pro další zpracování byly tedy jako charakteristické hodnoty průtoků ve stanicích použity mediány vypočtené z průměrných denních průtoků. Takto byly vypočteny měsíční a roční charakteristické průtoky v 9 stanicích na ploše povodí.

Tab. 3.3-1 Vodoměrné stanice použité pro bilanci odtoku v modelu

ID profilu	vodní tok	lokality	popis	X	Y
HP161	Mže	VN Lučina odtok	vodoměrná stanice	-877891	-1054405
HP163	Hamerský p.	Planá	vodoměrná stanice	-867303	-1049792
CHOT	Kosový p.	Chotěnov	účelová stanice Povodí Vltavy s. p.	-865129	-1042505
HP164	Kosový p.	Svahy-Třebel	vodoměrná stanice	-859364	-1055034
HP166	Úhlavka	Stříbro	vodoměrná stanice	-849870	-1066608
HP167	Mže	Stříbro	vodoměrná stanice	-848607	-1065108
HP169	Úterský p.	Trpísty	vodoměrná stanice	-843373	-1057387
HP170	Mže	odtok VN Hracholusky	vodoměrná stanice	-836010	-1062930
A5B	Úterý	Úterský potok	Povodňový inf. systém Plz. kraje	-845562	-1044491



Obr. 3.3-2 Povodí VN Hracholusky schematizované v modelu MIKE BASIN. Tmavě modrou čarou: povodí ke stanicím s řadami průtoků. Zelenou čarou: výpočetní povodí modelu. Světle modrou čarou: vodní toky. Modré čtverce označují rybníky, oranžové pětiúhelníky ostatní bodové zdroje znečištění.

Průtoky byly zadány do modelu a provedena bilanční simulace. Z této simulace byly zjištěny průměrné roční průtoky v 19 profilech sledování jakosti. Po odečtení souhrnného množství vypouštěného z bodových zdrojů byl zbylý průtok přepočten na specifický odtok. Hodnoty byly přiřazeny pro 19 povodí k profilům sledování jakosti vody (Tab. 3.3-5).

3.3.4 Koncentrace látek v profilech měření

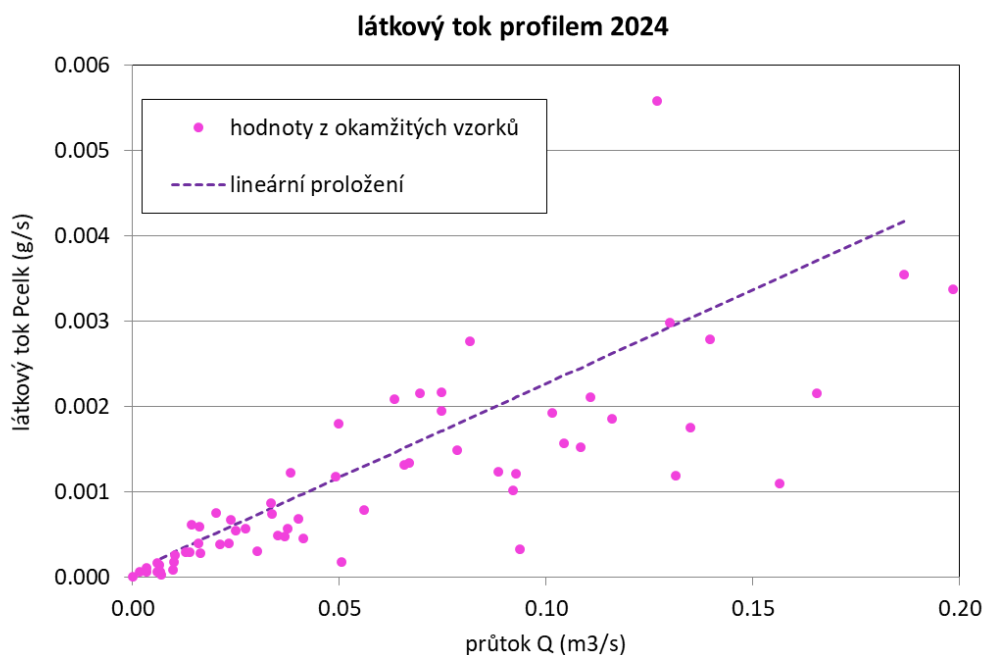
Z celkového počtu 72 míst měření jakostních ukazatelů bylo do dalšího zpracování vybráno 22 profilů, kde počet měřených hodnot pro P_{celk} byl vyšší než 17. V dalším zpracování pak byly vyloučeny profily 8401 a 8402 (nízký počet měření, nehomogenní s ostatními daty) a profil 3057 (koncentrace neodpovídají vnosu látek a okolním stanicím). Do modelu bylo tedy využito 19 profilů s koncentracemi P_{celk} , $P-PO_4$, N_{celk} a $N-NO_3$. V těchto profilech byl počet hodnot měřených koncentrací v intervalu 24-93.

Tab. 3.3-2 Počet vzorků měřených koncentrací P_{celk} pro jednotlivé profily sledování jakosti

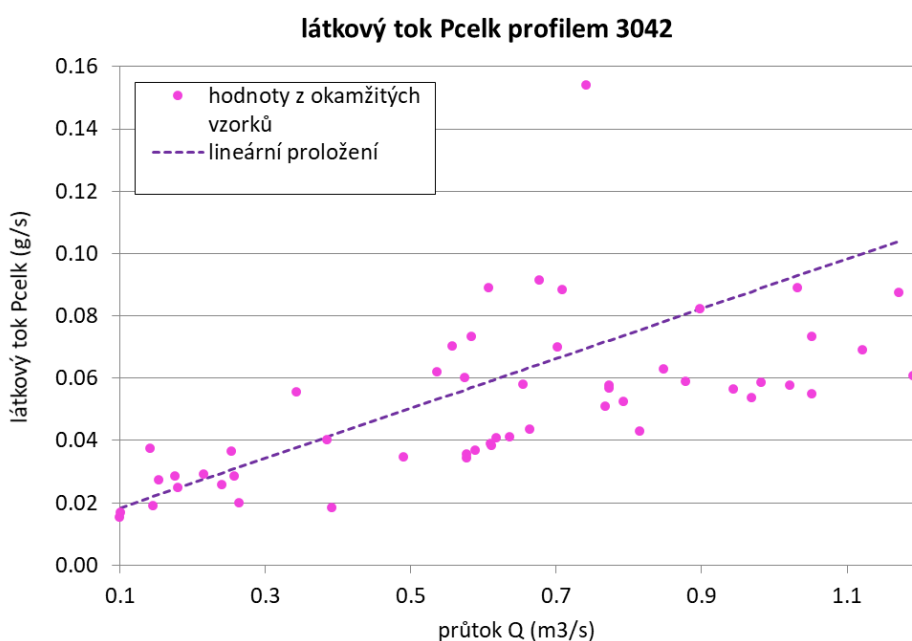
Označení profilu	Vodní tok	místo profilu	počet hodnot měření koncentrací P_{celk}
1067	Mže	VN Lučina odtok	72
1068	Mže	Oldřichov	79
1069	Mže	Milíkov	72

Označení profilu	Vodní tok	místo profilu	počet hodnot měření koncentrací P _{celk}
1070	Mže	Stříbro (pod)	93
1073	Hamerský p.	Brod n.Tichou	72
1074	Kosový p.	Třebel	81
2021	Úterský p.	Úterý nad	24
2024	Nezdický p.	Bezdužice pod	72
3004	Mže	Kočov	89
3037	Hamerský p.	Broumov	72
3041	Sedlišský p.	Kočov	72
3042	Úhlavka	Stříbro	81
3043	Úterský p.	Trpísty	80
3051	Úhlavka	Kopec	72
3057	Kosový p.	Dolní Kramolín	72
3062	Výrovský p.	Brod u Stříbra	71
3063	Hadovka	Bezemín	72
8401	Hamerský p.	Červený Mlýn	18
8402	Kosový p.	Chotěnov	18
9322	Žebrácký p.	Nový mlýn	33
9339	Lichovský (Budeč.) p.	Krsov (pod)	24
3370	Mže	VN Hracholusky odtok	72

Z okamžitých (diskrétních) hodnot koncentrací látek zjištěných ze vzorků vody odebraných v profilech sledování jakosti bylo nutno stanovit vždy jednu charakteristickou hodnotu koncentrací pro 4 látky v daném profilu. Z koncentrací a průtoků byly vypočteny látkové toky pro jednotlivé dny odběru vzorků. Dále byla vyjádřena lineární závislost látkového toku na průtoku a to jednak pro nízké průtoky (zhruba do hodnoty Q_{180d}) a dále pro rozsah mediánových měsíčních průtoků (tedy střední průtoky). Pro nízké průtoky, kdy se předpokládá, že v látkovém toku převládají látkové toky z bodových zdrojů, lze odhadnout koeficienty degradace. Dále lze proložení využít pro odhad charakteristických koncentrací látek odtékajících z povodí k řešenému profilu. Odhad byl proveden takto: pomocí lineárního proložení pro každou ze 4 řešených látek byl pro 12 charakteristických měsíčních průtoků zjištěna hodnota jim odpovídajících látkových toků (z proložení). Aritmetickým průměrem se z nich vypočte odhad průměrného ročního toku látky a poté koncentrace. Tyto hodnoty byly zadány do modelu pro celkový dusík (N_{celk}) a dusičnanový dusík ($N-NO_3$). Pro celkový fosfor (P_{celk}) a fosforečnanový fosfor ($P-PO_4$) byly použity koncentrace určené na základě rešerše literatury (kapitola 3.3.5). Odhady koeficientů exponenciálních rovnic byly použity jako počáteční hodnoty pro kalibraci modelu. Příklady proložení vztahu mezi průtoky a látkovým tokem P_{celk} jsou na následujících obrázcích (Obr. 3.3-3 a Obr. 3.3-4).



Obr. 3.3-3 Příklad lineárního proložení vztahu mezi průtokem a vypočteným okamžitým látkovým tokem ve dnech měření. Profil 2024 Bezdrůžice (Nezdický p.), celková plocha povodí 28 km².



Obr. 3.3-4 Příklad lineárního proložení vztahu mezi průtokem a vypočteným okamžitým látkovým tokem ve dnech měření. Profil 3042 Stříbro (Úhlavka), celková plocha povodí 296 km².

3.3.5 Nebodové (ostatní) zdroje látek

Pro bodové zdroje znečištění byly do modelu zadány přímo hodnoty zpracované při analýze vstupních dat. Všechny ostatní zdroje dusíku a fosforu byly v modelu schematizovány jako „plošné“ a přiřazeny polygonům výpočetních povodí. Jde tedy o souhrn různých kategorií zdrojů znečištění. Odhad

koncentrací Pcelk a P-PO₄ v odtoku z plochy povodí byl proveden na základě rešerše literatury s údaji platnými pro území ČR: jako základ byly vzaty hodnoty publikované v Metodice bilanční analýzy zdrojů živin v povodí (Hejzlar a kol. 2009) [4] a použité v bilanční studii nádrže Orlík (Hejzlar a kol. 2010) [1]. Hodnoty pro kategorie orné půdy a lesa byly modifikovány na základě publikovaných výsledků Fialy a Rosendorfa (2011) [2], Kvítka a kol. (2012) [3] a dále na základě osobní komunikace se zpracovateli bilančních studií na povodí Dalešice a Vranov (Ryšavý, 2018). Výsledné hodnoty byly zvoleny blízko průměrných hodnot pro danou kategorii zjištěných ze jmenovaných zdrojů.

Tab. 3.3-3. Střední hodnoty koncentrací podle typu využití území (na základě rešerše literatury)

	1 - urbánní území	2 - orná půda	3 - louky, TTP	4 - listnaté, smíšené lesy	5 - jehličnaté lesy	6 - vodní plochy
P-PO ₄ (mg/l)	0,049	0,032	0,028	0,012	0,012	0,010
Pcelk (mg/l)	0,070	0,090	0,070	0,050	0,025	0,020

Pomocí vrstvy CORINE 2011 byl GISovou analýzou určen podíl plochy kategorií využití území 1-6 v každém povodí. Poté byly váženým průměrem vypočteny odhady koncentrací P-PO₄ a Pcelk v odtoku z jednotlivých povodí (Tab. 3.3-4).

Tab. 3.3-4. Podíl jednotlivých kategorií využití území (v procentech) v povodích k profilům sledování jakosti

profil	1 - urbánní území	2 - orná půda	3 - louky, TTP	4 - list., smíšené lesy	5 - jehlič. lesy	6 - vodní plochy
1067	0	1	29	8	62	1
1068	8	19	35	5	34	0
1069	1	24	28	3	44	0
1070	12	40	20	3	24	0
1073	3	17	39	3	36	1
1074	5	9	39	5	43	0
2021	0	6	47	2	45	0
2024	1	4	50	3	43	0
3004	3	38	39	1	19	0
3037	0	1	0	3	95	0
3041	3	21	40	4	31	1
3042	1	33	12	3	51	0
3043	1	37	20	4	39	0
3051	1	30	31	2	35	1
3062	3	32	29	2	34	1
3063	1	13	45	5	36	0
3370	4	54	6	3	30	3
9322	1	64	11	2	22	0
9339	0	55	20	0	25	0

Tyto koncentrace byly zadány do modelových povodí. Následující tabulka (Tab. 3.3-5) ukazuje vypočtené roční látkové toky z ploch jednotlivých povodí. Byly vypočteny z hodnot vážených koncentrací, specifického odtoku a plochy povodí a vyjádřeny v kg/ rok.

Tab. 3.3-5. Odhad průměrného ročního specifického odtoku a látkového toku P_{celk} a $P-PO_4$ z ploch jednotlivých povodí (mimo bodové zdroje)

Profil sledování jakosti	plocha povodí (km ²)	Specifický odtok q (l/s/km ²)	Látkový tok P_{celk} z povodí (kg/r)	Látkový tok P-PO ₄ z povodí (kg/r)
1067	104	7.9	1048	440
1068	67	2.0	249	105
1069	151	1.5	402	161
1070	16	2.2	74	31
1073	151	4.3	1152	469
1074	215	4.5	1584	669
2021	53	2.3	193	79
2024	28	2.3	104	43
3004	18	5.1	199	77
3037	11	5.3	48	23
3041	85	3.2	499	200
3042	60	3.8	384	153
3043	138	2.0	513	198
3051	140	1.9	486	190
3062	96	1.1	194	77
3063	80	2.2	309	124
3370	118	4.3	1044	404
9322	34	1.9	148	55
9339	14	2.3	68	26

V součtu je do modelu zadán vstup z modelových povodí takto: 8,7 tuny P_{celk} / rok, 3,5 tuny P- PO₄ za rok. Pokud z analýzy vynecháme hodnoty ovlivněné nádržemi Lučina a Hracholusky (profily 1067 a 3370), nejvyšší látkové odnosy jsou vypočteny pro povodí horní Mže (3004), Kosový a Hamerský potok (1073 a 1074). Nejnižší jsou v povodích Úhlavky (3051, 3062) a dolní části Mže (1069).

3.3.6 Souhrn, dílčí závěry ze zpracování dat

Výstupem zpracování dat pro model MIKE BASIN je sestavená struktura modelu, zahrnující propojené úseky vodních toků, připojené bodové zdroje znečištění a výpočetní povodí. Druhým výstupem je naplněná vstupní databáze modelu, včetně hodnot plošného odtoku a odnosu čtyř látek z modelových povodí, a hodnot koncentrací a odtoků z jednotlivých bodových zdrojů. Třetím výstupem jsou látkové toky, koncentrace a průtoky v 19 profilech měření jakosti. Tyto hodnoty slouží jako

reference při kalibraci parametrů modelu. Vstupní data do modelu jsou ve formě charakteristických ročních hodnot, platných pro referenční období 2012-2017.

Na základě provedené analýzy vstupních dat lze formulovat následující dílčí závěry:

1. Roční průměrný specifický odtok je v rozsahu 1,1 – 7,9 l/s/km², v průměru 3,4 l/s/km²
2. Látkový odnos P_{celk} z ostatních (mimo bodových) zdrojů lze odhadovat v intervalu 2.0 – 11,1 kg/r/km², střední hodnota kolem 5,4 kg/r/km². Látkový odnos je jednoznačně těsně svázán s velikostí specifického odtoku. Podle očekávání je vyšší v povodích, kde je vyšší podíl orné půdy, nižší v povodích, kde převažuje travní porost a TTP. Celkový roční vstup P_{celk} z ostatních (mimo bodových) zdrojů do vodních toků na celé ploše povodí je odhadován na asi 8,7 tun, v případě P-PO₄ asi na 3,5 tuny.
3. Homogenita vstupního souboru okamžitých měřených koncentrací v profilech sledování jakosti je nutnou podmínkou pro získání relevantních a srovnatelných výsledků. Proto byly z modelu vyloučeny profily 8401a 8402, kde vzorky byly odebrány pouze v suchém roce 2017.
4. Koncentrace měřené v profilu 3057(Kosový potok, Kramolín) se vymykají očekávaným hodnotám vzhledem ke zdrojům znečištění v povodí a hodnotám v okolních profilech. Data, místo odběru i způsob odběru vzorků je vhodné prověřit. Profil nebyl zahrnut do modelu.

3.4 Kalibrace modelu

Zpracovaná vstupní data (koncentrace a množství vypouštěná bodovými zdroji znečištění, specifické odtoky a vypočtené koncentrace pro jednotlivá povodí) byla zadána jednotlivým prvkům v modelu. Koncentrace a průtoky v profilech měření vypočtené z měřených dat byly použity během kalibrace koeficientů exponenciální rovnice tak, aby se simulované koncentrace v profilech sledování jakosti na vodních tocích blížily hodnotám měřeným. Počáteční hodnoty odhady hodnot koeficientů byly postupně upravovány tak, aby se hodnoty látkového toku simulovaného modelem lišily méně než o 5% od hodnot vypočteného z dat v profilech sledování jakosti. V několika případech této shody nebylo možno dosáhnout. Tyto případy a další zjištění jsou diskutovány na konci této kapitoly. Porovnání simulovaných a vypočtených hodnot koncentrací a látkových toků je v následující tabulce.

Tab. 3.4-1. Souhrn výsledků kalibrace modelu na referenční období 2012-2017 v 19 profilech sledování jakosti vody

	konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)				konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)		
	simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)		simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)
1073					3041				
Q (m ³ /s)	0.750		0.753	0	Q (m ³ /s)	0.274		0.2743	0
P-PO ₄ (mg/l)	0.075	1767	1763	0	P-PO ₄ (mg/l)	0.032	273	275	1
N-NO ₃ (mg/l)	1.844	43605	44268	1	N-NO ₃ (mg/l)	1.664	14386	14452	0
P _{celk} (mg/l)	0.130	3078	3037	-1	P _{celk} (mg/l)	0.099	855	873	2
N _{celk} (mg/l)	2.346	55480	56463	2	N _{celk} (mg/l)	2.450	21187	21388	1
1074					1068				
Q (m ³ /s)	1.086		1.085	0	Q (m ³ /s)	1.021		1.020	0
P-PO ₄ (mg/l)	0.026	904	920	2	P-PO ₄ (mg/l)	0.036	1171	1150	-2
N-NO ₃ (mg/l)	2.105	72073	71350	-1	N-NO ₃ (mg/l)	1.701	54751	55063	1

III. Sestavení jakostního modelu a analýza významnosti

	konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)				konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)		
	simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)		simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)
Pcelk (mg/l)	0.078	2681	2725	2	Pcelk (mg/l)	0.087	2804	2865	2
Ncelk (mg/l)	2.877	98503	97566	-1	Ncelk (mg/l)	2.141	68913	68262	-1
3037					3004				
Q (m3/s)	0.057		0.057	0	Q (m3/s)	1.389		1.3891	0
P-PO4 (mg/l)	0.013	23	34	33	P-PO4 (mg/l)	0.029	1254	1281	2
N-NO3 (mg/l)	2.636	4753	4646	-2	N-NO3 (mg/l)	1.630	71419	71145	0
Pcelk (mg/l)	0.027	48	77	37	Pcelk (mg/l)	0.081	3563	3509	-2
Ncelk (mg/l)	2.928	5278	5102	-3	Ncelk (mg/l)	1.948	85374	84987	0
1069					1067				
Q (m3/s)	3.468		3.470	0	Q (m3/s)	0.823		0.8228	0
P-PO4 (mg/l)	0.042	4644	4808	3	P-PO4 (mg/l)	0.016	403	400	-1
N-NO3 (mg/l)	2.266	247796	2E+05	-1	N-NO3 (mg/l)	1.015	26359	26624	1
Pcelk (mg/l)	0.086	9408	9412	0	Pcelk (mg/l)	0.036	931	909	-2
Ncelk (mg/l)	2.883	315329	3E+05	1	Ncelk (mg/l)	1.514	39302	38365	-2
2021					3051				
Q (m3/s)	0.122		0.122	0	Q (m3/s)	0.266		0.266	0
P-PO4 (mg/l)	0.015	58	58	0	P-PO4 (mg/l)	0.017	142	142	0
N-NO3 (mg/l)	1.210	4636	4616	0	N-NO3 (mg/l)	1.828	15328	15127	-1
Pcelk (mg/l)	0.025	94	93	-1	Pcelk (mg/l)	0.091	760	765	1
Ncelk (mg/l)	1.665	6380	6387	0	Ncelk (mg/l)	2.198	18425	18477	0
2024					3062				
Q (m3/s)	0.065		0.065	0	Q (m3/s)	0.113		0.1127	0
P-PO4 (mg/l)	0.009	18	18	0	P-PO4 (mg/l)	0.025	90	92	1
N-NO3 (mg/l)	1.351	2777	2912	5	N-NO3 (mg/l)	1.741	6184	6199	0
Pcelk (mg/l)	0.027	56	56	0	Pcelk (mg/l)	0.099	350	346	-1
Ncelk (mg/l)	1.854	3809	3936	3	Ncelk (mg/l)	2.656	9435	9465	0
9339					3042				
Q (m3/s)	0.031		0.031	0	Q (m3/s)	0.614		0.6138	0
P-PO4 (mg/l)	0.061	60			P-PO4 (mg/l)	0.023	446	453	1
N-NO3 (mg/l)	8.367	8201	8494	3	N-NO3 (mg/l)	2.030	39293	39206	0
Pcelk (mg/l)	0.033	33	32.64	0	Pcelk (mg/l)	0.111	2150	2179	1
Ncelk (mg/l)	9.039	8859			Ncelk (mg/l)	2.553	49404	49790	1
3063					1070				
Q (m3/s)	0.185		0.185	0	Q (m3/s)	4.141		4.145	0
P-PO4 (mg/l)	0.043	249	251	1	P-PO4 (mg/l)	0.039	5089	5206	2
N-NO3 (mg/l)	2.465	14352	14468	1	N-NO3 (mg/l)	2.357	307755	310168	1
Pcelk (mg/l)	0.066	386	384	-1	Pcelk (mg/l)	0.093	12141	14761	18
Ncelk (mg/l)	2.816	16397	16441	0	Ncelk (mg/l)	2.611	340933	344858	1
3043					3370				

	konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)				konc. (mg/l)	látkový tok (kg/r)		
	simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)		simulace	simulace	podle dat	rozdíl (%)
Q (m3/s)	0.649		0.682	5	Q (m3/s)	5.485		5.4165	-1
P-PO4 (mg/l)	0.019	385	383	-1	P-PO4 (mg/l)	0.028	4897	4967	1
N-NO3 (mg/l)	2.654	54303	53555	-1	N-NO3 (mg/l)	2.020	349334	357438	2
Pcelk (mg/l)	0.055	1125	1121	0	Pcelk (mg/l)	0.061	10465	10564	1
Ncelk (mg/l)	3.072	62860	63000	0	Ncelk (mg/l)	2.701	467229	460062	-2
9322									
Q (m3/s)	0.065		0.065	0					
P-PO4 (mg/l)	0.026	54	55	3					
N-NO3 (mg/l)	4.424	9096	9152	1					
Pcelk (mg/l)	0.063	129	129	0					
Ncelk (mg/l)	3.616	7435	7606	2					

Z tabulky Tab. 3.4.1 je zřejmé, že rozdíly v průtocích (modře) v profilech sledování jakosti jsou menší než 1%, model lze považovat za dobře odpovídající hodnotám ze vstupních dat. Dále jsou uvedeny modelem simulované koncentrace čtyř látek a z nich vypočtené látkové toky. Ty jsou porovnány s látkovými toky vypočtenými z průtokových a jakostních dat. Je zřejmé, že v naprosté většině profilů je rozdíl menší než 3%. Model tak lze považovat za dobře odpovídající měřeným datům. Výjimkou je profil 3037 (Broumov, Hamerský potok), kde nebylo možno kalibrací dosáhnout hodnot látkového toku Pcelk a P-PO4 (chybí asi třetina množství). V tomto malém povodí by bylo vhodné na místě posoudit situaci, v modelu zde není napojen žádný bodový zdroj a vypočtený tok látek z plošných zdrojů nepostačuje k dosažení hodnot vypočtených z měřených dat. V dalším profilu malého povodí 9339 (Krsov, Lichovský p.) nebyla k dispozici data koncentrací P-PO4 a Ncelk. Hodnoty parametrů pro tyto látky byly převzaty ze sousedních povodí. Při porovnání kalibračních koeficientů mezi povodími lze nalézt nezvykle vysoké hodnoty některých koeficientů pro fosfor i dusík. Nejvyšší hodnoty koeficientů pro Pcelk a P-PO4 byly dosaženy kalibrací v profilech povodí Úterského potoka (2021, 2024, 9339 a 3063). Není zřejmé, zda jsou příčinou skutečné charakteristiky povodí nebo nadhodnocení vstupů P a N ve vstupních datech. Profil 3370 (Mže pod nádrží Hracholusky) je ovlivněn dlouhou dobou zdržení vody v nádrži; zde je jednoduchá aproximace exponenciální rovnicí příliš hrubým zjednodušením skutečnosti. V tomto povodí byly použity koeficienty kalibrované v sousedních povodích a odhadem prodloužena doba zdržení v úsecích řeky Mže, které odpovídají polohou nádrží.

Model referenčního stavu lze považovat za dobře kalibrovaný a dostatečně vystihující průtoky a látkové toky pro období 2012-2017 v 19 profilech sledování jakosti.

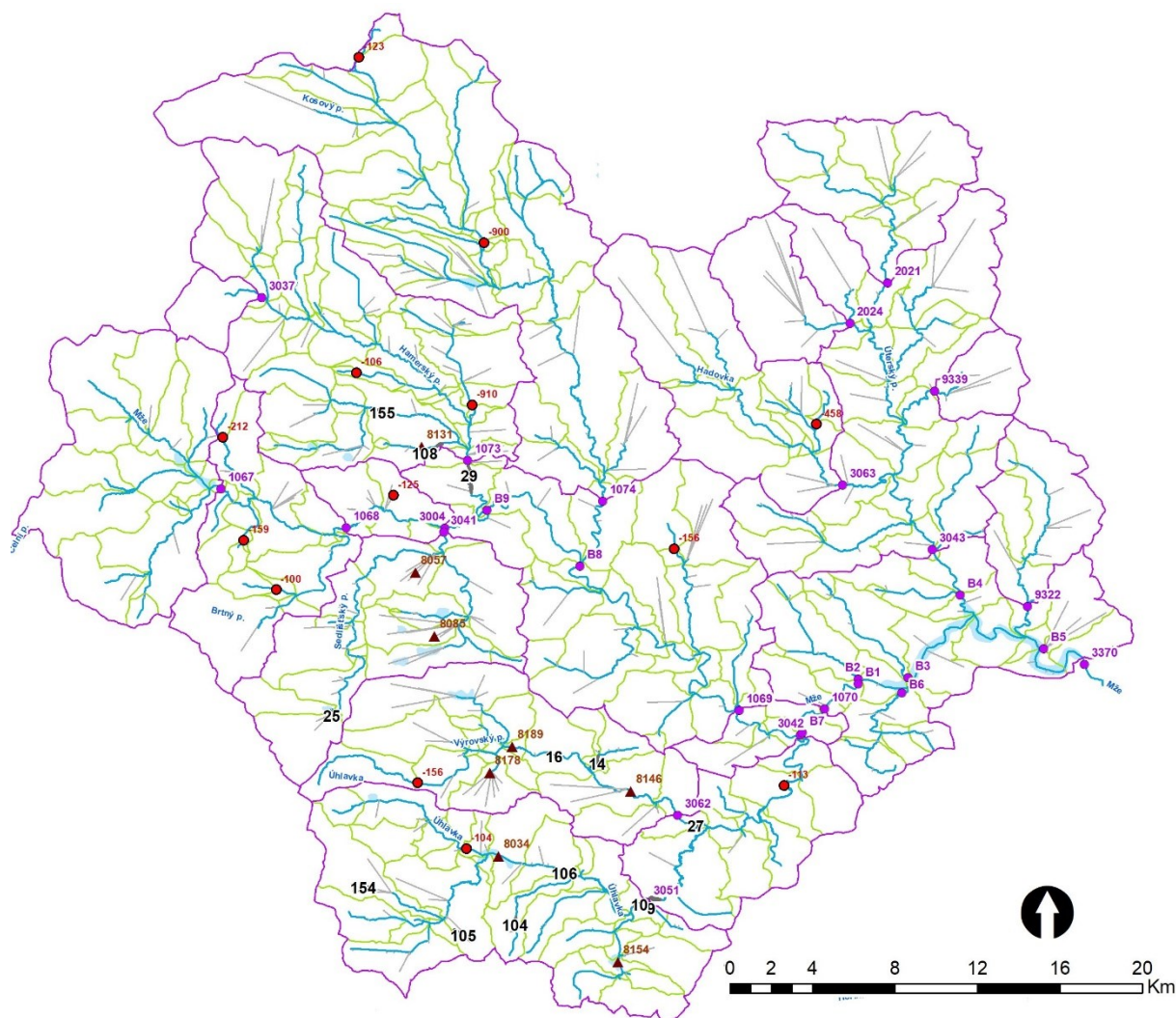
3.5 Varianty opatření

Matematický model referenčního stavu byl dále využit pro simulaci hypotetického budoucího stavu území: po realizaci vybraných skupin navržených opatření. Úpravou zadaných vstupních dat do modelu, beze změny struktury a kalibrovaných koeficientů, je možno provést variantní simulaci a porovnat nově simulované koncentrace a látkové toky s původními výsledky modelu referenčního stavu. Skupiny opatření byly zadány do modelu ve 2 variantách. Varianta 1 zahrnuje změny vypouštěného

množství a koncentrací P_{celk} v modelu pro 120 bodových uživatelů, změnu doby zdržení pro 8 úseků vodních toků a změnu koncentrace na výtoku ze 3 průtočných rybníků. Varianta 2 představuje změny vypouštěného množství a koncentrací P_{celk} v modelu pro 99 bodových uživatelů, změnu doby zdržení pro 13 úseků vodních toků a změnu koncentrace na výtoku ze 2 průtočných rybníků. Do kalibrovaného modelu byly změny zavedeny tímto způsobem:

- Bodové zdroje znečištění: pro každý zdroj znečištění, na kterém bylo navrženo opatření, se v modelu změnily hodnoty vypouštěného množství a koncentrace P_{celk}, podle návrhových hodnot.
- Opatření na vodních tocích (úpravy koryta, mokřady): pro úsek vodního toku s navrženým opatřením byly změněny (prodlouženy) doby zdržení podle nově navržených hodnot. Díky tomu model simuluje nižší koncentrace látek na konci dotčeného úseku.
- Rybníky: Na odtoku byla zadána změněná koncentrace P_{celk} podle návrhu, ostatní hodnoty (odtékající množství, koncentrace dalších látek) zůstaly bez úprav.

Na takto upraveném modelu byly provedeny dvě simulace, odpovídající návrhu opatření ve variantě 1 a variantě 2. Výsledky byly vyhodnoceny porovnáním koncentrací a látkových toků P_{celk} ve vybraných místech říční sítě. Na následujícím obrázku je zřejmá poloha vybraných opatření: hnědým označením rybníky, červeným bodové zdroje se snížením vstupu P_{celk} o více než 100 kg/r, černým označením opatření na tocích.



Obr. 3.5-1 Poloha vybraných opatření: hnědým trojúhelníkem označeny rybníky, červeným kolečkem bodové zdroje se snížením vstupu P_{celk} o více než 100kg/r , černým číselným označením opatření na tocích. Fialová čísla označují profily v nichž jsou prezentovány výsledky modelu.

3.6 Výsledky simulací

Z provedených simulací referenčního stavu a obou variant opatření byly zpracovány výstupy modelu. Mapové výstupy, ukazující změny koncentrací látek a látkových toků ve vodních tocích jsou uvedeny v příloze. Vzhledem k velikosti území je plocha povodí rozdělena na 5 částí: povodí Kosového a Hamerského potoka, povodí Úterského potoka, povodí Úhlavky a vlastní povodí Mže. Oblast kolem nádrže je zobrazena v detailnějším měřítku. Mapové výstupy zahrnují mapy koncentrací a látkových toků $N\text{-NO}_3$, N_{celk} , $P\text{-PO}_4$ a P_{celk} pro referenční období a dále mapy koncentrací a látkového toku P_{celk} pro varianty opatření 1 a 2. Tabele výstupů ve vybraných místech povodí s komentářem jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

3.6.1 Poměr vnosu látek a látkového toku, podíl bodových zdrojů

Z výsledků simulací modelu referenčního období 2012-2017 lze vyjádřit podíl množství

jednotlivých látek, který vstupuje do říční sítě (tedy součet bodových a ostatních zdrojů) ku látkovému množství, které (podle analýzy měřených dat) protéká profilem měření. Tento podíl ukazuje snížení látkového množství podél toku (pro podmínky simulované modelem). Jde tedy o celkový souhrn všech procesů, vedoucích ke změně látkového množství ve vodním toku za daného průtoku. Je zřejmé, že může docházet i k dočasné akumulaci a při zvýšení průtoků určité množství látky může opět být unášeno do nádrže. Nicméně v takto provedené bilanci (pro stření, běžné průtoky) se toto množství fosforu projevuje jako ztráta (snížení toku P_{celk}) podél úseku vodního toku. V tabulce Tab. 3.6-1 jsou uvedeny průtoky (modře) a bilanční látkové toky (množství látky v tunách za rok) pro 4 sledované látky pro vybraná horní povodí. V další tabulce Tab. 3.6-2 jsou stejné údaje pro vybrané profily na řece Mži. Ve třetím sloupci („profilem proteče“) je uveden průtok (m^3/s), resp. látkový tok dané látky (tuny/rok). Ve sloupci „vstup do říční sítě (celkem)“ je uveden součet bodových a ostatních zdrojů v ploše povodí, zadaný do modelu (opět jako průtok a látkový tok). Ve sloupci „úbytek do profilu“ je uveden podíl mezi vstupem látek v povodí z předchozího sloupce a hodnotou látkového toku profilem z analýzy měřených dat. V dalších sloupcích je celkový vstup látek na ploše povodí rozdělen na bodové a ostatní zdroje a vyjádřen podíl bodových zdrojů na celku.

Tab. 3.6-1. Souhrn výsledků kalibrace modelu na referenční období 2012-2017 v 19 profilech sledování jakosti vody

profil	veličina	profilem proteče	vstup do říční sítě (celkem)	úbytek do profilu (%)	vstup z bodových zdrojů	vstup z ostatních zdrojů	podíl bod.zdrojů %
1074	Q (m^3/s)	1.086	1.086		0.108		
	P-PO4 (t/r)	0.0	3.8	76.5	3.2	0.7	83
	N-NO3 (t/r)	2.1	111.7	35.5	20.0	91.7	18
	Pcelk (t/r)	0.1	7.2	62.7	5.6	1.6	78
	Ncelk (t/r)	2.9	180.1	45.3	46.2	133.9	26
1073	Q (m^3/s)	0.75	0.75		0.047		
	P-PO4 (t/r)	1.8	3.4	48.2	2.9	0.5	86
	N-NO3 (t/r)	43.6	46.0	5.3	14.4	31.6	31
	Pcelk (t/r)	3.1	4.7	34.2	3.5	1.2	74
	Ncelk (t/r)	55.5	69.6	20.3	26.2	43.4	38
3041	Q (m^3/s)	0.274	0.27		0.006		
	P-PO4 (t/r)	0.3	1.1	75	0.9	0.2	82
	N-NO3 (t/r)	14.4	20.1	28	1.0	19.1	5
	Pcelk (t/r)	0.9	1.5	44	1.0	0.499	68
	Ncelk (t/r)	21.2	42.3	50	6.3	36.0	15
3063	Q (m^3/s)	0.185	0.184645		0.008		
	P-PO4 (t/r)	0.2	1.0	74	0.9	0.1	87

III. Sestavení jakostního modelu a analýza významnosti

profil	veličina	profilem proteče	vstup do říční sítě (celkem)	úbytek do profilu (%)	vstup z bodových zdrojů	vstup z ostatních zdrojů	podíl bod.zdrojů %
	N-NO3 (t/r)	14.4	17.0	16	1.8	15.2	11
	Pcelk (t/r)	0.4	1.3	71	1.0	0.3	77
	Ncelk (t/r)	16.4	21.9	25	4.5	17.4	21
3043	Q (m3/s)	0.649	0.648751		0.012		
	P-PO4 (t/r)	0.4	2.1	82	1.6	0.4	79
	N-NO3 (t/r)	54.3	103.0	47	2.4	100.7	2
	Pcelk (t/r)	1.1	3.1	63	1.9	1.1	63
	Ncelk (t/r)	62.9	124.9	50	9.0	115.9	7
3051	Q (m3/s)	0.266	0.266		0.0055		
	P-PO4 (t/r)	0	1.0	86	0.8	0.2	77
	N-NO3 (t/r)	15	40.3	62	1.3	39.0	3
	Pcelk (t/r)	1	2.6	71	0.9	1.69	35
	Ncelk (t/r)	18	63.1	71	5.4	57.6	9
3062	Q (m3/s)	0.113	0.1		0.011		
	P-PO4 (t/r)	0.1	0.4	75	0.1	0.2	38
	N-NO3 (t/r)	6.2	21.1	71	1.2	19.9	6
	Pcelk (t/r)	0.4	1.0	65	0.2	0.76	24
	Ncelk (t/r)	9.4	33.8	72	2.6	31.3	8
3042	Q (m3/s)	0.614	0.6		0.022		
	P-PO4 (t/r)	0.4	2.2	79	1.6	0.6	72
	N-NO3 (t/r)	39.3	99.3	60	5.5	93.8	6
	Pcelk (t/r)	2.2	4.7	54	1.9	2.8	40
	Ncelk (t/r)	49.4	158.4	69	13.4	145.0	8

Tab. 3.6-2. Souhrn výsledků kalibrace modelu na referenční období 2012-2017 v 19 profilech sledování jakosti vody

profil	veličina	profilem proteče	vstup do říční sítě (celkem)	úbytek do profilu (%)	vstup z bodových zdrojů	vstup z ostatních zdrojů	podíl bod. zdrojů %
1067	Q (m3/s)	0.823	0.82		0.0		
	P-PO4 (t/r)	0.4	0.7	39	0.2	0.4	34
	N-NO3 (t/r)	26.4	31.8	17	0.8	31.0	3

III. Sestavení jakostního modelu a analýza významnosti

profil	veličina	profilem proteče	vstup do říční sítě (celkem)	úbytek do profilu (%)	vstup z bodových zdrojů	vstup z ostatních zdrojů	podíl bod. zdrojů %
	Pcelk (t/r)	0.9	1.315	29	0.267	1.048	20
	Ncelk (t/r)	39.3	42.4	7	2.1	40.3	5
1068	Q (m3/s)	1.021	1.02		0.062		
	P-PO4 (t/r)	1.2	2.9	60	2.4	0.5	82
	N-NO3 (t/r)	54.8	68.9	21	14.3	54.6	21
	Pcelk (t/r)	2.8	4.4	36	3.1	1.297	70
	Ncelk (t/r)	68.9	87.4	21	22.9	64.4	26
3004	Q (m3/s)	1.389	1.39		0.071		
	P-PO4 (t/r)	1	4.2	70	3.4	0.8	80
	N-NO3 (t/r)	71	94.8	25	16.1	78.8	17
	Pcelk (t/r)	4	6.2	43	4.2	2.0	68
	Ncelk (t/r)	85	133.1	36	30.6	102.5	23
1069	Q (m3/s)	3.468	3.47		0.23		
	P-PO4 (t/r)	5	12.7	63	4.6	8.0	36
	N-NO3 (t/r)	248	453.5	45	28.0	425.5	6
	Pcelk (t/r)	9	19.7	52	14.5	5.2	74
	Ncelk (t/r)	315	837.1	62	50.3	786.8	6
1070	Q (m3/s)	4.14	4.14		3.52		
	P-PO4 (t/r)	5.1	15.2	67	6.6	8.7	43
	N-NO3 (t/r)	307.8	600.6	49	259.5	341.1	43
	Pcelk (t/r)	12.1	25.0	51	11.8	13.2	47
	Ncelk (t/r)	340.9	1014.6	66	337.3	677.4	33
3370	Q (m3/s)	5.48	5.45		4.35		
	P-PO4 (t/r)	4.9	28.3	83	17.3	11.0	61
	N-NO3 (t/r)	349.3	873.5	60	334.8	538.7	38
	Pcelk (t/r)	10.5	41.8	75	25.4	16.5	61
	Ncelk (t/r)	467.2	1327.3	65	493.6	833.7	37

Ze statistického zpracování 8 horních povodí lze učinit tyto závěry: podíl bodových zdrojů na

látkovém toku profilem (vypočteno pro množinu horních povodí) je podle očekávání vyšší pro P_{celk} a P-PO₄ (v průměru 54 a 75%) než pro N_{celk} a N-NO₃ (16 a 10%). Závěrovým profilem horních povodí proteče v průměru 58% P_{celk}, 75% P-PO₄, 50% N_{celk} a 41% N-NO₃ ze zdrojů látek v povodí.

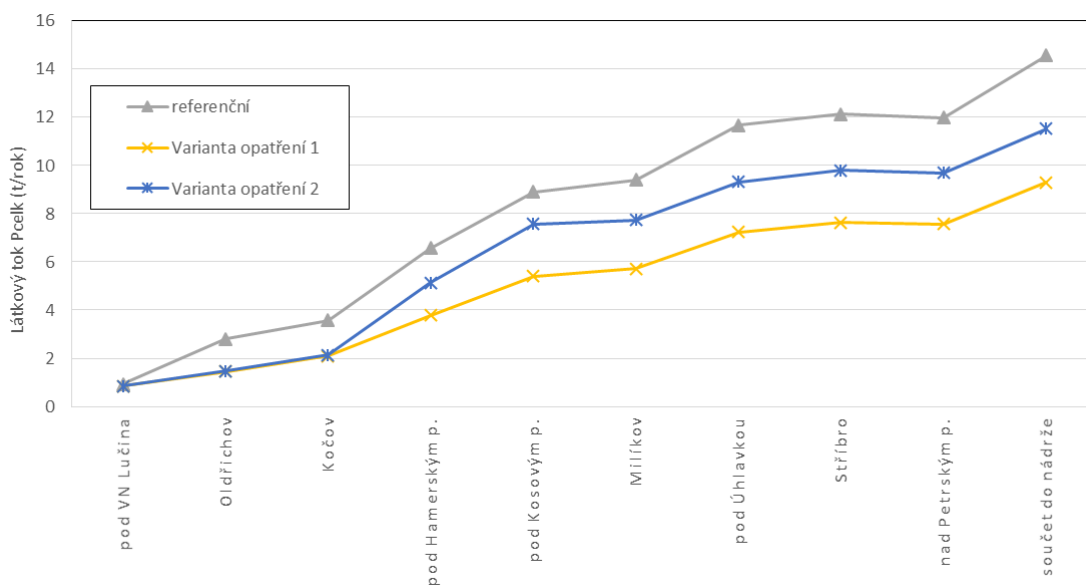
3.6.2 Snížení množství celkového fosforu díky opatřením

Dále byly ve vybraných profilech porovnány látkové toky a koncentrace P_{celk} simulované modelem pro referenční období 2012-2017 a pro obě varianty opatření. V Tab. 3.6-3 jsou uvedeny látkové toky a koncentrace pro řeku Mži. Profily bilance (B1, B7, B8 a B9) jsou patrné z Obr. 3.5-1. Hodnoty ve sloupci „součet do nádrže“ jsou vypočteny jako součet látkových toků bilančních profilů B1, B2, B3, B4 a B5 a látkových toků profilem 9322.

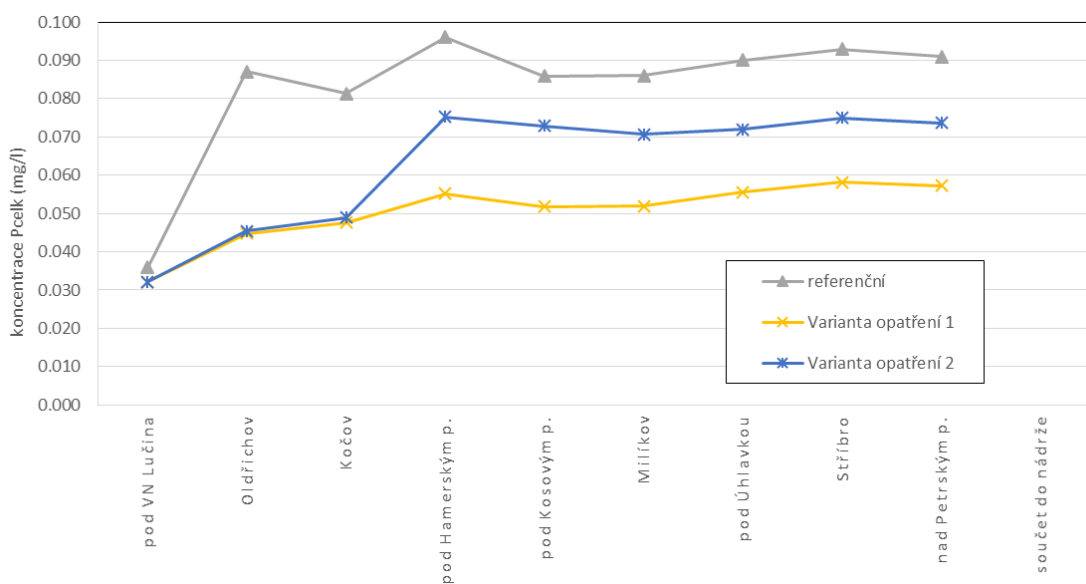
Tab. 3.6-3 Porovnání látkového toku P_{celk} pro model referenčního období a varianty opatření, řeka Mže

místo	pod VN Lučina	Oldřichov	Kočov	pod Hamerským p.	pod Kosovým p.	Mlířkov	pod Úhlavkou	Stříbro	nad Petřským p.	součet do nádrže
profil	1067	1068	3004	B9	B8	1069	B7	1070	B1	
látkový tok P _{celk} (t/r)										
referenční stav	0.93	2.80	3.56	6.56	8.91	9.41	11.67	12.1	12	14.6
Varianta opatření 1	0.83	1.44	2.09	3.78	5.4	5.71	7.24	7.63	7.58	9.3
Varianta opatření 2	0.83	1.46	2.14	5.14	7.56	7.73	9.33	9.8	9.71	11.5
koncentrace P _{celk} (mg/l)										
referenční stav	0.036	0.087	0.081	0.096	0.086	0.086	0.090	0.093	0.091	
Varianta opatření 1	0.032	0.045	0.048	0.055	0.052	0.052	0.056	0.058	0.057	
Varianta opatření 2	0.032	0.045	0.049	0.075	0.073	0.071	0.072	0.075	0.074	

Hodnoty z Tab. 3.6-3 jsou přehledně graficky vyjádřeny na následujících dvou obrázcích, které představují schematicky změny látkového toku a koncentrací P_{celk} podél toku Mže od vodní nádrže Lučina po vodní nádrž Hracholusky.



Obr. 3.6-1 Změna látkového toku Pcelk (t/rok) podél toku řeky Mže simulovaná modelem



Obr. 3.6-2 Změna koncentrací Pcelk (t/rok) podél toku řeky Mže simulovaná modelem

Výsledky simulací, tedy látkové toky a koncentrace P_{celk} v profilech na přítocích řeky Mže jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 3.6-4).

Tab. 3.6-4 Porovnání látkového toku P_{celk} pro model referenčního období a varianty opatření, přítoky

tok	Úhlavka	Výrovský p.	Úhlavka	Sedlišťský p.	Kosový p.	Hamerský p.	Hamerský p.	Úterský p.	Nezdický p.	Lichovský p.	Hadovka	Úterský p.
profil	3051	3062	3042	3041	1074	3037	1073	2021	2024	9339	3063	3043
látkový tok P_{celk} (t/r)												
referenční stav	0.76	0.35	2.15	0.85	2.68	0.05	3.078	0.09	0.06	0.03	0.39	1.13
Varianta opatření 1	0.54	0.19	1.44	0.60	1.80	0.05	1.711	0.09	0.06	0.03	0.3	0.89
Varianta opatření 2	0.54	0.21	1.48	0.62	1.86	0.05	1.721	0.09	0.06	0.03	0.3	0.94
koncentrace P_{celk} (mg/l)												
referenční stav	0.09	0.099	0.11	0.099	0.08	0.027	0.13	0.02	0.03	0.03	0.07	0.06
Varianta opatření 1	0.06	0.053	0.07	0.069	0.05	0.027	0.07	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04
Varianta opatření 2	0.06	0.058	0.08	0.072	0.05	0.027	0.07	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05

Z výsledků je zřejmé, že

- Na základě simulace referenčního období 2012-2017 lze odhadovat celkový přítok P_{celk} do nádrže (za běžných průtoků) na 14,6 t/rok (z toho 12 t/r přítéká řekou Mži).
- Průměrná koncentrace P_{celk} v řece Mži na vtoku do nádrže činí 0,09 mg/l (výsledky modelu referenčního stavu). Téhož hodnotě se blíží koncentrace v řece Mži od profilu 1068 (Oldřichov).
- Z dílčích povodí přítoků je nejvyšší látkový tok v ústí Hamerského potoka (asi 3 t P_{celk} za rok), Kosového potoka (asi 2,7 t P_{celk}) a Úhlavky (asi 2,1 t P_{celk} za rok).
- Po zavedení opatření podle varianty 1 se podle výsledků modelu celkový vnos P_{celk} do nádrže sníží o 5,3 t za rok na 9,3 t/rok. Koncentrace P_{celk} se pohybuje mezi 0,05 a 0,06 mg/l od profilu Kočov dále.
- Po zavedení opatření podle varianty 2 se podle výsledků modelu celkový vnos P_{celk} do nádrže sníží o 3 t za rok na 11,5 t/rok. Koncentrace P_{celk} se pod Hamerským potokem pohybuje mezi 0,07 a 0,08 mg/l.
- Největšího relativního úbytku množství P_{celk} je dosaženo v profilech Oldřichov na Mži (48, resp. 49%), v ústí Výrovského potoka (46 resp. 41%) a v ústí Hamerského potoka (44% pro obě varianty návrhu).

3.7 Souhrn

3.7.1 Hlavní závěry

Matematický model uspokojivě simuluje podmínky pro referenční období (roky 2012-17), které je použito pro reprezentativní pro současnost. Do říční sítě z celé plochy povodí vodní nádrže vstupuje asi 42 celkového fosforu (P_{celk}), z toho 61% připadá na bodové zdroje znečištění. Odhad průměrného vnosu P_{celk} do nádrže činí 14,6 tuny za rok, koncentrace v řece Mži při ústí do nádrže je asi 0,09 mg/l. Po realizaci skupiny opatření ve variantě 1 poklesne podle modelu roční vnos P_{celk} do nádrže na 9,3 t/rok a koncentrace na přibližně 0,057 mg/l. V případě varianty 2 je dosaženo 0,074 mg/l P_{celk} a roční

vnos čin asi 11,5 t. Je zřejmé, že varianta 1 je významně účinnější ve snižování množství celkového fosforu přitékajícího do nádrže.

3.7.2 Hlavní zdroje nejistot

Při interpretaci a dalším využití těchto výsledků modelu je třeba brát v úvahu předpoklady a omezení použitého modelovacího přístupu a dostupných dat.

Model postihuje pouze omezený rozsah podmínek, které se během roku vyskytují. Je kalibrován pouze na běžné (průměrné) hodnoty průtoku (pro ně byla dostupná data koncentrací). Model je sestaven jako ustálená roční bilance, nevystihuje dynamiku změn v čase. V jiné části studie je ukázána velká dynamika koncentrací fosforu během zachycených epizod. Je poměrně pravděpodobné, že významná část fosforu, která ve skutečnosti přitéká do nádrže, není v modelu zachycena a prezentované výsledky skutečnou situaci podhodnocují.

Druhým významným zdrojem nejistoty je použité zjednodušení všech procesů v říční síti exponenciální rovnicí. Bohužel pro věrohodnější aproximace, umožňující popsat dynamiku změn, není dostatek měřených dat.

Třetí významný zdroj nejistot představují rybníky. Ty jsou všeobecně považovány za významný zdroj živin ve vodních tocích. Z provedené analýzy vyplynulo, že velká část rybníků v povodí nádrže Hracholusky živiny zachycuje, což neodpovídá poznatkům ze simulací modelem. Vstup látek z chovných rybníků je epizodní fenomén, ke kterému existuje velmi málo dat.

Čtvrtým významným zdrojem nejistot při zadávání opatření je odhad bezprostředního dopadu opatření nebodového typu, tedy především úprav na tocích a mokřadů. V ČR není dostatek měřených dat, je nutno používat inženýrský odhad.

3.7.3 Doporučení

Výsledky simulace modelem lze využít pro prvotní odhad bilance fosforu a účinnosti opatření na základě dat dostupných v současnosti. Vzhledem k předpokládaným vysokým investičním prostředkům považujeme za velmi vhodné současně s přípravou na realizaci opatření také dále zpřesňovat odhady jejich účinku a pak případně modifikovat výběr nebo pořadí realizace jednotlivých opatření.

1. Mapy koncentrací a látkových toků pro referenční období (výstupy z modelu) představují vhodný podklad pro doplnění a optimalizace měřící sítě jakosti vod, zejména na menších tocích. Dále doporučujeme ověřit věrohodnost dat v profilech 8401, 8402 a 3057.
2. Vzhledem ke zjištěním ze zachycených epizod, může množství fosforu, protékajících při těchto ohraničených epizodách tvořit významnou část celoroční bilance. Vzhledem k současné frekvenci odběru vzorků ve většině profilů (12x za rok) nejsou tyto epizody obvykle zachyceny. Doporučujeme provést zhuštěné měření koncentrací P_{celk} ve vybraných profilech tak, aby bylo možno tento podíl věrohodně kvantifikovat (jak s ohledem na oddělovací komory kanalizačních systémů, tak ve vybraných profilech na vodních tocích).
3. Na vybraných rybnících různých stupňů trofie provést opakované pravidelné vzorkování tak, aby bylo možno výsledky (odhad bilance dusíku a fosforu) zobecnit.
4. Pokusit se sestavit model proudění a transportu živin v nádrži, včetně popisu základních procesů spojených s eutrofizací a zhoršenými podmínkami v nádrži. To povede k lepšímu pochopení faktorů, které vedou k těmto problémům. To je základem ke

kvalifikovaným rozhodnutím o případných opatřeních přímo v nádrži.

S těmito novými poznatky bude možno provést významně přesnější bilanční simulace současného stavu i dopadu opatření na výskyt eutrofizace v nádrži, což může vést k významnému zvýšení efektivity prováděných opatření.

4 NÁVRHY OPATŘENÍ A ODHAD JEJICH VLIVU NA VSTUP DO VD HRACHOLUSKY

4.1 Návrhy opatření u relevantních zdrojů znečištění na zlepšení stavu koncentrace P_{celk}

K návrhu opatření v povodí VN Hracholusky bylo zvoleno několik přístupů. V první řadě byly řešeny bodové zdroje vypouštění, které byly zpracovány v předešlých analytických částech studie. Opatření zahrnují výstavbu nebo modernizaci vodohospodářské infrastruktury v sídlech kde buď žádná není, nebo vykazuje potenciál na zlepšení. Jako doplňující jsou navrhována také opatření přírodě blízká, někdy zaměřená na konkrétní zdroj, například malou obec, častěji spíše v podobě revitalizací vodních toků, nebo návrhů mokřadů.

Druhým přístupem je řešení vnosu z velkých sídel s jednotnou kanalizací. Zde se předpokládá hlavní zdroj vnosu fosforu z odlehčovacích komor. Míra znalosti této problematiky i podrobnost datových vstupů je oproti výše zmíněným bodovým zdrojům slabá. V mnoha případech není možné v tuto chvíli navrhnout konkrétní opatření s vyčíslitelným přínosem. Další akce mohou vést k monitoringu jednotlivých odlehčovacích komor, a jejich následné optimalizaci. Dílčím opatřením v přímé souvislosti s odlehčovacími komorami je omezení vstupu dešťových vod do kanalizace.

Třetím přístupem jsou opatření na rybnících. Většina produkčních rybníků je provozována v soustavě. Velký význam na celkové bilanci fosforu v povodí má hlavně kvalita vody ve spodním rybníku soustavy. Je velmi důležité, aby tyto spodní rybníky nevnášely další fosfor do vodního toku, naopak je zde vhodné využívat retenčního a redukčního potenciálu, který taková nádrž může mít. Obrovským zdrojem fosforu je chov kachen. Naprostým minimem by mělo být výrazné snížení počtu chovaných kachen ve spodních rybnících soustav.

Významnost individuální rekreace v okolí nádrže byla diskutována již v předešlých kapitolách. Komplikovanost této problematiky vede k variantnímu řešení návrhu opatření. Zároveň komplexnost problému vylučuje výběr jednoznačně nejefektivnějšího návrhu. Podrobněji této problematice věnuje kapitola níže.

Kromě souhrnných tabulek je zpráva doplněna tabulkou základních parametrů opatření s vyhodnocením. Každé opatření je prezentováno ještě samostatným listem opatření v příloze.

4.2 Významnost plošných zdrojů znečištění

Tato studie disponuje datovými zdroji z pravidelného monitoringu Povodí Vltavy, s.p. a mimořádné monitorovací kampaně (podrobněji v kapitole I). Co se týče odtoku z plošných zdrojů, bylo v mimořádné kampani zacíleno několik profilů s cílem stanovit koncentrace fosforu pocházející z přirozeného pozadí z povodí s minimem lidského osídlení. Detailní monitoring odtoku ze zemědělských ploch prováděn nebyl. V České republice ale existuje řada studií, která se zabývala významností bodových a plošných zdrojů. Nejkomplexnější studie na toto téma zpracovaná v letech 2006 až 2009 Výzkumným ústavem Vodohospodářským T. G. Masaryka. Šlo o cílený screening a detailní doplňkový monitoring vybraných čistě zemědělských povodí na území celé ČR. Neerozní látkový odnos v drobných vodních tocích odvodňujících čistě zemědělské povodí se děje na koncentracích celkového fosforu v rozmezí 0,04 – 0,05 mg/l. Studie přinesla důležité poznatky, ze kterých čerpaly i další studie zaměřené na malá i velká povodí.

Kromě prostého vyčíslení podílu bodových a plošných zdrojů je potřeba brát v úvahu rizikovitost forem, ve kterých se fosfor ve vodním prostředí vyskytuje (Borovec et al., 2010) [1]. Vodními organismy přímo využitelné jsou rozpuštěné fosforečnany a částice s fosforem vázaným v organických sloučeninách. Tyto formy najdeme především na odtoku z ČOV, pod volnými výustěmi nebo odlehčovacími komorami. Z pohledu eutrofního potenciálu nejméně rizikové jsou minerální částice s fosforem vázaným v komplexech s železem a hliníkem (kromě apatitu), zdrojem této formy je především erozní materiál. Ve studii (Borovec et al. 2012) [2] bylo publikováno, že fosfor je na půdní částice vázán poměrně pevně. Dále byl popsán vztah mezi koncentrací $PO_4\text{-P}$ a uvolnitelností fosforu vázaného na půdní částice, přičemž při vyšších koncentracích $PO_4\text{-P}$ ($< 0,03$ mg/l) se do vodního prostředí rozpustí asi 4% P vázaného. Dokonce byl zjištěn obrácený proces, kdy částice chudá na fosfor sorbovala na sebe fosfor z vody.

Další studie provedené v ČR v pozdějších letech také potvrzují, že plošné zdroje, tedy zemědělská půda, nejsou dominantní emitorem fosforu pro povrchové vody. Podrobněji ve studiích zaměřených na malá povodí - Richte et al. 2009 [3], Fiala, Rosendorf (2011) [4], Duras, Potužák (2012) [5]. Řada studií byla zpracována také na velkých povodích.

- Hejzlar et al. (2009) [6] a Hejzlar et al. (2010) [7], kteří pro povodí nádrže Orlický náhon odhadli podíl komunálních zdrojů P na 56 %, rybníků na 26 %, zemědělských ploch pouze na 14 % a lesních ploch na 3 % z celkového látkového vnosu fosforu,
- Sýkora et al. (2012) [8] odhadli pro povodí nádrže Slezská Harta podíly na vnosu P do nádrže: 77 % z komunálních odpadních vod, 13% ze zemědělských ploch a 10% činil přirozený odnos z pozadí,
- Hanák & Ryšavý (2015) [9] zjistili pro nádrž Vranov podíl bodových zdrojů na celkovém vnosu P do nádrže 79 % a plošných 21 %,
- Rosendorf et al. (2017) [10] zjistili pro tři středně velká povodí s odlišnými charakteristikami také dominantní podíl odpadních vod na vnosu P do vodního prostředí, ale podíl nevyšší.

Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v mezinárodní oblasti povodí Labe, dokument zpracovaný v letech 2016 až 2018 ⁵ [17] skupinou expertů v rámci Mezinárodní komise pro ochranu Labe (MKOL), doporučuje v prostředí ČR se při snižování emisí fosforu zaměřit na bodové zdroje. Také model sestavený pro povodí VN Hracholusky ukazuje dominanci bodových zdrojů. Dypočtené vnosy

⁵ Odkazovaný dokument je v době zpracování studie k dispozici pouze v pracovní verzi.

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

plošných zdrojů se pohybují blízko úrovně přirozeného pozadí. Návrh opatření je tedy zaměřen výhradně na komunální (bodové i nebodové) zdroje a dále na rybníky.

4.3 Obecný přístup k návrhu opatření

Celkem bylo navrženo 208 opatření. Bylo použito několik typových opatření. Níže je uveden popis těchto typových opatření. Základním typem jsou opatření na vodohospodářské infrastruktuře, přičemž předpokladem pro většinu opatření je odstraňování fosforu i ve zdrojích pod 2000 ekvivalentních obyvatel (EO). Podle platné legislativy (Příloha č. 1 k NV č. 401/2015 Sb.) je emisní standard pro fosfor vypouštěný z ČOV stanoven až od velikosti ČOV přesahující 2000 EO a i zde jsou tyto hodnoty velmi mírné (ČOV v kategorii 2001 – 10 000 EO má povolenou maximální koncentraci fosforu 3 mg/l).

Vodoprávní úřad (VPÚ) stanovuje limity maximálně do výše nejlepších dostupných technologií Přílohy č. 7 NV č. 401/2015 Sb., Tyto „limity“ neodpovídají současným technickým možnostem čistírenských technologií a jejich striktní plnění vede k obrovskému látkovému toku vypouštěného fosforu. Novelou vodního zákona by však mělo dojít ke změně, kdy VPÚ by mohl stanovit limity až do výše nejlepších dostupných *technik* (bez stanovených hodnot). V povodí VN Hracholusky nebyla zjištěna žádná ČOV, která by nedodržovala povolené limity dle NV č. 401/2015 Sb. Naopak řada ČOV nad 2000 EO v povodí VN odstraňuje fosfor na hodnoty nižší než předepsané, některé vykazují dokonce velmi dobrou či vynikající účinnost odstraňování fosforu.

Z toho lze vyvodit 2 závěry. Za prvé, **odstraňování fosforu na čistírnách je možné i hluboko pod předepsané hodnoty, za druhé limity jednotlivých ČOV předepsané podle současné právní úpravy standardů nejsou dostatečné pro zajištění patřičné redukce fosforu vnášeného do nádrže**. V mezích, daných současnou právní úpravou (vodní zákon, resp. NV č. 401/2015 Sb., [11]) je možné pro snížení vnosu fosforu do nádrže udělat jen velmi málo. Opatření níže navržená nemohou být v žádném případě vymáhána restriktivně, odstraňování fosforu v menších zdrojích nebo ve větších zdrojích nad hodnoty předepsané legislativou je založeno na principu dobrovolnosti a ochotě udělat správný krok i za cenu mírně zvýšených nákladů na stočné. Odstraňování fosforu je ve většině případů (formou zavedení technologie pro simultánní srážení fosforu) spojeno pouze s mírným nárůstem investičních a provozních nákladů.

4.4 Možnosti opatření ve prospěch jakosti vody v nádrži

Jak bylo opakovaně konstatováno, klíč k jakosti vody v nádrži Hracholusky leží v povodí nádrže. Odtud totiž pochází nejen voda s vyšším než přijatelným obsahem fosforu (přísun dusíku problémem není), ale také charakter sedimentu, který se hromadí na dně nádrže a může ovlivňovat procesy v nádrži (uvolňování fosforu). Tento fakt je dán výhradně situací v povodí, tedy úniky znečištění z měst a obcí za srážkoodtokových událostí, z rybníků při vypouštění a částečně erozí zemědělské půdy.

Z možností zásahů přímo na nádrži:

- Regulace rybí obsádky má v případě VN Hracholusky marginální význam. Nádrž je korytovitá s kamenitým či tvrdým zcela neúživným dnem, kde v povrchových vrstvách dolní části nádrže nacházíme alespoň středně velký filtrující zooplankton. Zásahy do rybí obsádky bude vhodné zvažovat až po realizaci významných opatření v povodí nádrže, pokud by rybí společenstvo nezareagovalo samostatně.
- Aplikace chemických látek likvidujících sinice nelze doporučit nejen s ohledem na životní prostředí, ale také kvůli vysoké finanční i organizační náročnosti a nezaručenosti požadovaného efektu.
- Aplikace ultrazvukových generátorů, která je poměrně energicky prosazována v posledních dvou letech nelze zatím doporučit, protože první aplikace budou teprve vyhodnoceny (Hroznětín, VN Hostivař).
- Aplikace koagulantů na bázi Fe a Al plošně po nádrži nelze doporučit především pro nejistotu účinku (sinice se často nedaří odstranit a experimentálně tuto účinnost nelze spolehlivě zjistit). Rizikovým faktorem pro Al přípravky je i vysoká hodnota pH. K tomu přistupuje i poměrně vysoká finanční i technická náročnost aplikace na velkých plochách a riziko zrušení efektu povodňovým průtokem (vnos fosforu).
- Srážení rozpuštěných sloučenin fosforu na přítoku do nádrže, jak je praktikováno na VN Brno, má potenciál zlepšit situaci i v případě VN Hracholusky, protože se jedná o jakousi simulaci sníženého vstupu fosforu z povodí. Toto opatření má ovšem několik úskalí: (i) Dostupnost vhodného profilu pro dávkování (jez U Pičmana) velkými kamiony přivážejícími síran železitý. (ii) Zhoršení poměrů ve Mži pod dávkováním kvůli vysoké koncentraci železa. Železo v koncentraci mezi 2-3 mg l⁻¹ sice není přímo toxické pro vodní organismy, ale může zalepovat žábry ryb i larev vodního hmyzu (jepice, pošvatky, chrostíci) a také snižovat hodnotu říčního dna usazováním sraženiny hydroxoxidů Fe v jemných strukturách dna – patrně by protestovali sportovní rybáři. (iii) Poměrně vysoké náklady na zřízení dávkovací stanice v řádu hrubým odhadem kolem 10 mil. Kč (úprava lokality, přívod el. energie, osazení nádrží na koagulant, dávkovací čerpadla, řídicí technika) + provozní náklady zhruba 1-2 mil. Kč na samotný koagulant a jeho dopravu. (iv) Těžko lze předpovědět, jak velké riziko by představovaly anoxické úseky s nedostatkem NO₃-N, kde by docházelo k opětovnému uvolňování fosforu z komplexů s Fe. V praxi se při takových aplikacích ukazuje, že toto riziko se snižuje, protože může docházet ke snižování bakteriální aktivity na povrchu sedimentu. Uvolňování fosforu touto cestou lze ovšem čelit paralelní aplikací hlinitého koagulantu do hypolimnia rizikové oblasti (viz dále).
- Aplikace Al koagulantu ke dnu v místech uvolňování fosforu ze sedimentu, tedy v úseku zhruba od profilu Železniční most až do k profilu Silniční most. Hydroxidy Al mají schopnost pevně vázat sloučeniny fosforu i v prostředí, kde sloučeniny Fe nefungují. K využití se nabízejí produkty na bázi síranů (síran hlinitý) nebo chloridů (PAX – polyaluminiumchlorid), které by bylo třeba aplikovat pod teplotní rozhraní (pod termoklinu) speciálním zařízením, které je v Česku

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

k dispozici. Aplikace by byla pravděpodobně potřebná 1x-2x za sezónu. Tento typ ošetření nádrže by mohl být podporou pro dávkování Fe koagulantu do přítoku, a nebo by se mohlo jednat i o samostatný zásah směřovaný proti tzv. vnitřnímu zatížení fosforem uvolňovaným ze sedimentů. Účinnost takové aplikace na fixaci fosforu v sedimentech by byla s jistotou vysoká. Přínos pro omezení vodního květu v povrchové vrstvě by – za předpokladu paralelní aplikace Fe do přítoku - byl velmi významný. Přínos v případě samostatné aplikace Al by byl nejistý kvůli transportu sloučenin fosforu z horních partií nádrže, tedy s přitékající vodou. Náklady na jednu aplikaci (~45 ha ošetřené plochy, dávka ~10 g Al m⁻², tedy cca 50 tun koagulantu) lze odhadnout zhruba na 0,5-1,0 mil. Kč.

Skutečnosti uvedené výše lze shrnout tak, že jako jediné přínosné opatření lze uvést dávkování síranu železitého do přitékající vody, tedy do Mže pod Stříbrem, a to nejlépe v kombinaci s aplikací hlinitého koagulantu do hypolimnia v oblasti s rizikem uvolňování fosforu ze sedimentů. Tento postup v sobě zahrnuje řadu obtíží, a to od finanční náročnosti až po otázku zhoršení poměrů ve Mži pod Stříbrem. Zároveň je třeba zdůraznit, že tento postup znamená také vynakládání finančních prostředků na řešení následků a nikoli příčiny nevyhovující jakosti vody ve VN Hracholusky.

4.5 Typy opatření

Podle charakteru zdroje znečištění a polohy v rámci povodí bylo navrženo několik typů opatření. Základní kategorií jsou opatření na vodohospodářské infrastrukturu. Mohou být investičního ale i neinvestičního charakteru.

4.5.1 Opatření na vodohospodářské infrastrukturu

a) ČOV

Čistírna odpadních vod byla navržena v sídlech, ve kterých doposud nebyla, v případě že toto sídlo ČOV vyžaduje. Kritériem rozhodování je zejména přítomnost kanalizace, případně charakter zástavby. Za rizikový charakter zástavby je považována zástavba soustředěná v okolí vodního toku. Časté jsou případy, kdy sídlo je odkanalizováno, ale jednotlivé objekty jsou napojeny na kanalizaci prostřednictvím septiků. Navržené ČOV předpokládají technologii odstraňování fosforu s minimální účinností 80%. Konkrétní technologické řešení bude předmětem navazující projektové dokumentace.

b) Kanalizace a ČOV

Kanalizace a ČOV je opatření investičně nejnáročnější. Je navrhováno v sídlech, která již mají částečně vybudovanou například dešťovou kanalizaci, nebo mají odkanalizovanou část obce. Opatření předpokládá dostavbu kanalizace, nebo její vybudování paralelně se stávající dešťovou. Nová kanalizační síť bude zakončena ČOV s odstraňováním fosforu s minimální předpokládanou účinností 80%. Konkrétní technologické řešení bude předmětem navazující projektové dokumentace.

c) Modernizace ČOV

Modernizace ČOV ve většině případů předpokládá doplnění technologie odstraňování fosforu, u některých starších ČOV by modernizace vyžadovala složitější a investičně náročnější úpravu. Stáří ČOV bylo zjištěno z dotazníků provozovatelů. U ČOV uvedených do provozu před rokem 1990 je uvažováno s kompletní rekonstrukcí. Intenzifikace srážení fosforu může vyvolat další zásahy do kalového hospodářství. Konkrétní technologické řešení bude předmětem navazující projektové dokumentace.

d) Modernizace ČOV a kanalizace

Kombinuje opatření modernizace ČOV (doplnění technologie srážení fosforu) s dostavbou kanalizace. Obvykle předpokládá připojení části obce, ve které doposud kanalizace chyběla. Konkrétní technologické řešení bude předmětem navazující projektové dokumentace.

e) Připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace

Opatření zahrnuje dostavbu kanalizace a připojení dosud nepřipojených obyvatel z nových lokalit. Opatření je navrhováno v sídlech ve kterých je provozována ČOV s dostatečnou účinností odstraňování fosforu, ale zároveň je v nich přítomen významný podíl na kanalizaci nepřipojených obyvatel.

f) Zvýšení účinnosti ČOV

V případě, že ČOV je vybavena technologií na odstraňování fosforu, ale hodnoty odtokových koncentrací jsou přesto vysoké, je navrženo opatření na zvýšení účinnosti odstraňování fosforu. Toho lze dosáhnout obvykle zvýšením dávky flokulantu. Toto opatření má pouze provozní náklady a patří k těm ekonomicky nejefektivnějším také proto, že obvykle jde o větší zdroj s vyšším látkovým odnosem. I zde platí, že opatření je založeno na dobrovolnosti, neboť všechny ČOV v povodí VN Hracholusky předepsané limity dodržují.

g) Připojení na ČOV

Opatření spočívá ve vybudování kanalizační sítě v menším sídle, a kanalizačním přivaděči na určenou ČOV. Případně pouze přivaděč napojený na stávající kanalizaci v obci. Snahou je

centralizace čištění na větších ČOV. Tyto mají lepší předpoklady odstraňování fosforu než malé ČOV. Náklady na toto opatření jsou převedeny do opatření takzvaně přijímacího⁶. Obdobně dochází k převodu látkového toku fosforu z jednoho profilu do druhého. Toto je zhodnoceno v posouzení efektivity opatření. V okolí nádrže je toto opatření navrženo často, v některých případech je tímto dosaženo převodu znečištění mimo povodí nádrže. Jde o opatření často navrhované variantně, k řešení samostatné ČOV v menším sídle. Výsledné doporučení je provedeno v kapitole vyhodnocení.

4.5.2 Opatření přírodě blízka

Další typy opatření lze zařadit do kategorie přírodě blízkých. V některých případech lze k těmto opatřením přistupovat podobně jako třeba k čistírnám odpadních vod. Tj. že jde o zařízení (například kořenovou čistírnu), zrealizované na drobném vodním toku přímo pod konkrétní obcí. Častěji ale jde o opatření, která mají zlepšit situaci na vodním toku, nejsou přitom navrhována na konkrétní zdroj znečištění. Efektivita těchto opatření je velmi obtížně prokazatelná při současné úrovni poznání a dostupných měřených dat. V kapitole II bylo prokázáno, že některé vodní toky (Kosový p.) mají vysokou schopnost retardace znečištění. Přesný mechanismus retardace není znám. Nejde o přesnou, člověkem řízenou technologii. Předpokládá se, že dobrý retenční a retardační potenciál má vodní tok v morfoloicky dobrém stavu, se střídáním brodových úseků a tůní, s dostatkem litorálních pásem, meandrující, který umožňuje delší dobu zdržení oproti napřímenému a upravenému korytu. Je-li na toku přítomen mokřad, nebo vodní nádrž (nikoliv intenzivně rybochovná) lze očekávat ještě lepší hodnoty retence.

Tyto přírodě blízké úseky tedy prokazatelně přispívají ke snížení měřených koncentrací celkového fosforu. Neznamená to ale, že by fosfor byl z povodí definitivně odstraněn. Část je skutečně biologicky vázána v biomase, což je poněkud stabilnější způsob retence. Větší část je sorbována na pevné částice, sedimentuje v tůních nebo klidných úsecích vodního toku. V případě vyšších průtoků ale může dojít, a také dochází k uvolnění takto „dočasně“ uloženého fosforu a k jeho dalšímu transportu směrem k závěrovému profilu povodí.

Z pohledu celkové bilance jsou tato opatření méně efektivní. Z pohledu epizodního může opatření přispět k menší dostupnosti fosforu pro sinice v době letních měsíců. Nelze opomenout ani fakt, že jde o opatření multieffektové, přispívá k lepšímu morfoloickému stavu vodních toků a zadržování vody v krajině.

a) mokřad s vertikálním půdním filtrem

Mokřad s vertikálním půdním filtrem. Nejde o klasickou kořenovou čistírnu, neboť není napojena na kanalizaci. Stejně jako mechanicko biologická ČOV (MB ČOV) ani tento druh extenzivního čištění není bezúdržbový. Opatření je navrženo v malých sídlech, s existencí kanalizace v nějaké podobě, případně svedené do návesního rybníčku. Mokřad je umístěn na vodním toku, na odtoku ze sídla. Obvykle jde o drobné vodní toky, výusti melioračních drénů, které nepokračují nad sídlem otevřeným korytem.

b) Revitalizace nebo mokřad

V analytické části studie bylo zjištěno, že některé vodní toky vykazují vysokou schopnost retence nebo odstraňování fosforu. Typicky tuto vlastnost potvrzuje Kosový potok. Detailní znalosti o fungování samočisticích procesů nejsou známy. Má se vzato, že klíčovou vlastností je delší doba

⁶ V příloze 1 je u tohoto typu opatření uvedena hodnota nákladů na kanalizaci, ale celkové náklady na opatření jsou pro dané opatření nulové, respektive jsou převedeny k příslušnému opatření.

zdržení, delší dráha toku, přítomnost meandrů, tůní nebo slepých ramen. Velmi dobrou schopnost samočištění mají mokřadní biotopy. Revitalizace a mokřady jsou navrhovány s ohledem na morfologický stav toku určený z mapových podkladů (hodnoceno je hlavně napřímení toku ve vztahu k nivě) a dostupnosti pozemků. Při návrhu byla snaha umisťovat úseky pro revitalizaci nebo mokřad na pozemky v majetku státu (obec, státní pozemkový úřad, státní podnik Povodí). Toto opatření není navrženo pro konkrétní zdroj vypouštění, nezlepšuje tedy hodnotu emisí z bodového zdroje ale spíše celkovou koncentraci a látkový tok v úseku vodního toku. Z hlediska způsobu hodnocení efektu opatření jde o podstatný rozdíl.

4.5.3 Hospodaření s vodou ve větších sídlech

V kapitolách I a II bylo u řady měst zjištěno, že množství fosforu vypočtené produkované je nižší, než množství fosforu přítékající na ČOV. Jde o základní úvahu, která je zatížena nejistotou. Zejména je třeba zdůraznit, že porovnáváme vypočtené a měřené údaje. V případě velkých rozdílů ale jde o důležitý orientační ukazatel, svědčící o problému. Jelikož jde o chybějící fosfor, který se ztratil někde mezi uživatelem vody a čistírnou, je tento jev označován pro potřeby této studie jako „únik na kanalizaci“ přestože reálně se předpokládá, že hlavní část „uniká“ prostřednictvím odlehčovacích komor (OK).

Problémem všech větších měst v povodí je jednotná kanalizace a s jejím provozem spojené odlehčování. V případě optimální funkce nemusí jít o významný problém. S rostoucím počtem zpevněných ploch připojených na jednotnou kanalizaci a tím rostoucím podílem srážkových vod v kanalizaci dochází k častějšímu odlehčování což už z pohledu vnosu znečištění do recipientu problém. Lokálně je vhodné u všech odlehčovacích komor dobře znát jejich hydraulické charakteristiky. V některých případech může být navrženo opatření na konkrétní OK (zvýšení přelivné hrany, přestavba OK za pokročilejší typ dešťového oddělovače, nebo i úplné zrušení přeplavu v místech kde to je možné). Dovolují-li to situační poměry je odlehčovací komoru nebo odlehčení ČOV vhodné doplnit retenční nádrží, ze které je odlehčený obsah kanalizace následně odveden na ČOV.

V některých městech může přinést zvýšení znalosti zpracování generelu odvodnění. Systémové řešení ale spočívá v **celkovém přístupu k hospodaření s dešťovou vodou ve městech**. Který se odrazí v investičních opatřeních ale i ve vyjadřovací činnosti VPÚ.

V době šířícího se povědomí o boji proti suchu je možné najít řadu publikací, které vodní režim měst upravují. Neočekává se, masivní plošná přestavba celých městských čtvrtí. Na zásady doporučované v těchto materiálech je ale velmi vhodné pamatovat při jakékoliv nové výstavbě, při řešení brownfieldů nebo při jakýchkoliv městských investicích spojených se zásahem do povrchů vozovek, chodníků náměstí parků a podobně. Obecně lze ke srážkovým vodám přistupovat trojím způsobem. Za prvé, odtok kanalizací nebo otevřeným korytem, za druhé akumulace pro další využití, za třetí vsakování nebo odpařování. Ke vsakování je možné využívat prvky technické i přírodně blízké. Mezi technické řadíme vsakovací rýhy vyplněné štěrkem, vsakovací rýhy vyplněné vsakovacími bloky, vsakovací šachty. Přírodněblízké prvky jsou vsakovací průlehy nebo retenční nádrže. Další obecnou zásadou je, že čím dál od zdroje zasakování řešíme, tím technicky náročnější řešení musíme použít. Vody posbírané z vícero zdrojů je jednoduše víc a tak pokud k jednomu rodinnému domu postačí několik plastových barelů postavených pod dešťové svody, k zasakování vody z celého bloku už musíme použít objemnou retenční nádrž, nebo podzemní zařízení se vsakovacími bloky.

Další důležitou zásadou je způsob dnes již často viděný například v německých městech, zde se odvádění srážkových vod často děje formou otevřených koryt, spíše by se hodilo říct korytek. Z hlediska bezpečnosti je možné koryto zakrýt například mříží, přejezdy pro vozidla je možné řešit

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

alternativně i brodem, kdy dimenze korýtka umožňuje proudění vody za deště v maximální výšce hladiny například 10 cm. Moderní města disponují řadou vodních toků, které byly v minulosti často zatrubněny. Zatrubněný tok, není na rozdíl od otevřeného koryta pod neustálou vizuální kontrolou obyvatel města, a tedy svádí k zaústování nepovolených volných výustí kanalizace a stává se stokou. Otevřením zatrubněných koryt ve městech přispíváme nepochybně k estetické funkci vody v městské krajině, ale také k lepšímu zacházení s vodou, jednotné kanalizační systémy se přesunou blíže k splaškové funkci, ČOV budou méně hydraulicky zatížené a odlehčovací komory budou vypouštět méně znečištění do vodních toků. Kapitola 2.1 přitom ukázala důležitost odlehčovacích komor jako zdroje znečištění. Inspiraci v oblasti hospodaření s dešťovou vodou ve městech lze najít například v následujících metodikách.

Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR (Novotná et. al., 2015) [13], nebo Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území (Heisigová et al. 2014). Listy opatření na zasakování dešťových vod obsahují poznámku o vhodnosti zpracovat generel odvodnění. Mělo by jít o základní koncepční materiál, na základě měřených dat ze srážkoměrů a měření v kanalizaci (navazuje na hydraulické posudky OK). Výstupem generelu odvodnění bude návrh setu opatření v městské zástavbě, která budou snižovat množství dešťových vod do kanalizace.

Obr. 4.5-1 Příklady hospodaření s dešťovou vodou ve městech



IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

Zaústění vod z okapu ke vsakování na trávník. Jednoduché opatření bez výkopových prací, realizovatelné například při zahradnických úpravách. Zdroj: Geotest, Sweco 2015



Zasakovací průleh podél příčně spádovaného chodníku, zde slouží jen k zachycení vody z chodníku, při větší kapacitě a doplnění štěrkovým podložím může zasakovat také vodu z dešťových svodů.

Zdroj: Geotest, Sweco, 2015



IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

<p>Odvodnění propustně zpevněného parkoviště přerušovaným obrubníkem na trávník. Parkovací plochy patří k místům podmíněně zasakovatelným podle ČSN 759010, norma klasifikuje plochy podle charakteru znečištění a podmínek zasakovatelnosti.</p> <p>Zdroj Geotest, Sweco, 2015</p>	
<p>Využití plošného vsakování srážkových vod vytvořením menších plošek, kterými jsou rozděleny souvislé zpevněné plochy s využitím odvodnění mezerami mezi obrubníky. I zde je nutno vycházet ze zásad ČSN 759010.</p> <p>Zdroj Geotest, Sweco, 2015</p>	
<p>Retenční nádrže budovy Delta v pražské Michli. Voda z nádrží je napojena na dešťovou kanalizaci, částečně ale je voda vsakována a výpar přispívá ke zlepšení mikroklimatu v okolí zejména v horkých dnech.</p> <p>Zdroj Geotest, Sweco, 2015</p>	

4.5.3.1 Mariánské Lázně

Město Mariánské Lázně (ML) vyšlo po vyhodnocení vstupních dat v etapách I a II jako jeden z největších zdrojů znečištění. Na vině je několik faktorů. Jedním z nich je jednotná kanalizační síť, s množstvím balastních vod. Dále jsou to ne vždy optimálně pracující odlehčovací komory. Údolí, ve kterém město stojí je historicky přirozenou plochou odtoku povrchových vod, i hladina podzemní vody je pod městem vysoká, v kombinaci s dnes již zastaralou jednotnou kanalizační sítí to vede k vysokému

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

podílu balastních vod v kanalizaci. Vedle této nepříznivé situace jsou počáteční podmínky tohoto zdroje ovlivněny také pozitivně. Recipient odpadních vod z města je Kosový potok a jeho přítok Úšovický potok. Krátce pod městem, pod zaústěním odtoku z ČOV Chotěnov je průtočná nádrž Chotěnovský rybník. Rybník je dobře provozován a značně přispívá ke snížení koncentrací znečištění včetně fosforu v toku. Další důležitou podmínkou je poloha ML na horním toku, Kosového potoka, který je z velké části v dobrém morfologickém stavu, obsahuje mokřadní úseky a má vysokou schopnost retence fosforu. Chotěnovský rybník, Kosový potok a poloha dále od nádrže částečně snižují význam zdroje. Vnos fosforu do povodí je, ale bilančně velmi významný.

Opatření na odlehčovacích komorách v Mariánských Lázních

Na jaře 2018 byla dokončena studie posouzení hydraulické funkce vybraných odlehčovacích komor v Mariánských Lázních [15]. Studii zpracoval Útvar technické podpory a metrologie PVK, a.s. Níže jsou představeny výstupy z hodnocení dvanácti odlehčovacích komor. Měřeny byly průtokové charakteristiky. Byl zjišťován kritický průtok, při kterém začne komora odlehčovat. Vztah mezi kritickým průtokem a maximálním hodinovým bezdeštným průtokem určoval ředící poměr.

Tab. 4.5-1 Souhrn výstupů projektu zhodnocení hydraulické funkce odlehčovacích komor v Mariánských Lázních

Označení komory	Zjištěna závada	Q kritický [l/s]	Ředící poměr	akce
OK5	Ne	36,9	10	
OK8	Ano	420,6	3,5	Celková přestavba, zachytávání plovoucích nečistot, otevření šoupěte na odtokové trati
OK10	Ano	286,8	3,6	navýšení přelivné hrany nejméně o 20 cm
OK12	Ano	46,7	2,6	Zvýšení přelivné hrany minimálně o 60 mm
OK21	Ano	5,9	3,2	Zvýšení přelivné hrany o 80 mm v délce 2 m od začátku OK
OK27	Ne	308,4	> 4,3	
OK31	Ne	67,6	169	
OK34	Ne	27,1	5,3	
OK35	Ano	200	2,3	Nedostatečná kapacita odtokového potrubí, doporučeno posoudit matematickým modelem
OK36	Ne	17,9	4,2	
OK37	Ne	54,5	18,8	
OK26	Ne	381	9,1	

Studie zjistila neoptimální chod u pěti OK. Zároveň rovnou navrhla opatření pro zlepšení situace. Opatření na zvýšení přelivné hrany mohou být realizována rychle, bez větších investic. V případě OK8 je doporučena celková přestavba objektu OK. Zároveň jde o OK umístěnou v dolní části povodí ČOV. Mezi OK8 a ČOV už není další přítok. Množství odlehčených odpadních vod jsou zde již velmi vysoká. Během dvou zachycených odlehčení v dubnu 2018, bylo odlehčováno průměrným průtokem 420 l/s po dobu 20 potažmo 22 minut. Odlehčeno do Kosového potoka tedy bylo přibližně 1058 m³ odpadních vod částečně naředěných dešťovou vodou. Podobným způsobem je vypočten odhad ročního vnosu z odlehčovacích komor vybraných autorem posudku, jakožto rizikových.

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

Tab. 4.5-2 Vypočtené množství vnosu fosforu na rizikových OK v Mariánských Lázních

Parametry výpočtu	OK5	OK8	OK10	OK12	OK21	OK35	
Délka sledovaného období	44	15	25	29	26	29	dnů
Kritický průtok	36,9	420	286	46,7	18,8	200	l/s
Celková doba odlehčování ve sledovaném období	326	42	102	2914	812	269	min
Průměrná koncentrace P_{celk} na přítoku do ČOV	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	mg/l
Ředící poměr OK	9	3,5	3,6	2,6	3,2	2,3	
Odhad koncentrace odlehčené odpadní vody	0,47	1,20	1,17	1,62	1,31	1,83	mg/l
Odlehčené množství za sledované období	0,34	1,27	2,04	13,19	1,20	5,89	Kg
Odhad dopočet za rok	2,80	30,48	24,50	158,28	14,43	70,74	243,4Kg

V rámci provozu kanalizační sítě a ČOV v Mariánských Lázních existuje ještě **odlehčení před ČOV**, to je zaústěno přímo do Chotěnovského rybníka. Toto zařízení nebylo součástí studie posuzující činnost OK ve městě. Praktický poznatek zjištěný v terénu (kapitola 2.1) poukazuje na velmi častou činnost odlehčení ČOV. Kvalita vody v Chotěnovském rybníce je sama o sobě komplikovaný problém. Dá se říct, že vzhledem k vysokému látkovému toku P_{celk} do nádrže, je nádrž schopna značnou část znečištění zachytit. Přímý vnos odlehčení ČOV do Kosového potoka by vedl k mnohem horším hodnotám v toku.

Snížení vnosu srážkových vod do kanalizace

Mariánské Lázně jakožto lázeňské město disponují poměrně vysokým podílem zelených ploch. Severní části dominují sady Václava Skalníka (přibližná plocha nezpevněné části 123 ha), Další významnou souvislou nezpevněnou plochou je centrální park podél Úšovického potoka s přibližnou plochou nezpevněné části 32.2 ha. Běžná městská zástavba orientovaná podél údolí Úšovického potoka sestává z vilové zástavby se šikmými střechami. Bytové domy s vnitrobloky se téměř nevyskytují. Hlavní souvislé nezpevněné plochy jsou areál obchodního domu Kaufland s parkovištěm (2.5 ha), v té samé lokalitě stojící obchodní dům Tesco s parkovištěm (1.64 ha), obchodní centrum Nová Chodská (0.95 ha), centrální parkoviště u atletického stadionu (1.61 ha), zimní stadion (0.45 ha), plavecký bazén (0.2 ha), Chateau Monty SPA Resort (0.4 ha). V jižní části města pak průmyslový areál na tepelské ulici (3.8 ha), garáže a poliklinika na Tepelské ulici (1.41 ha) a průmyslový areál na Plzeňské ulici (2.52 ha).

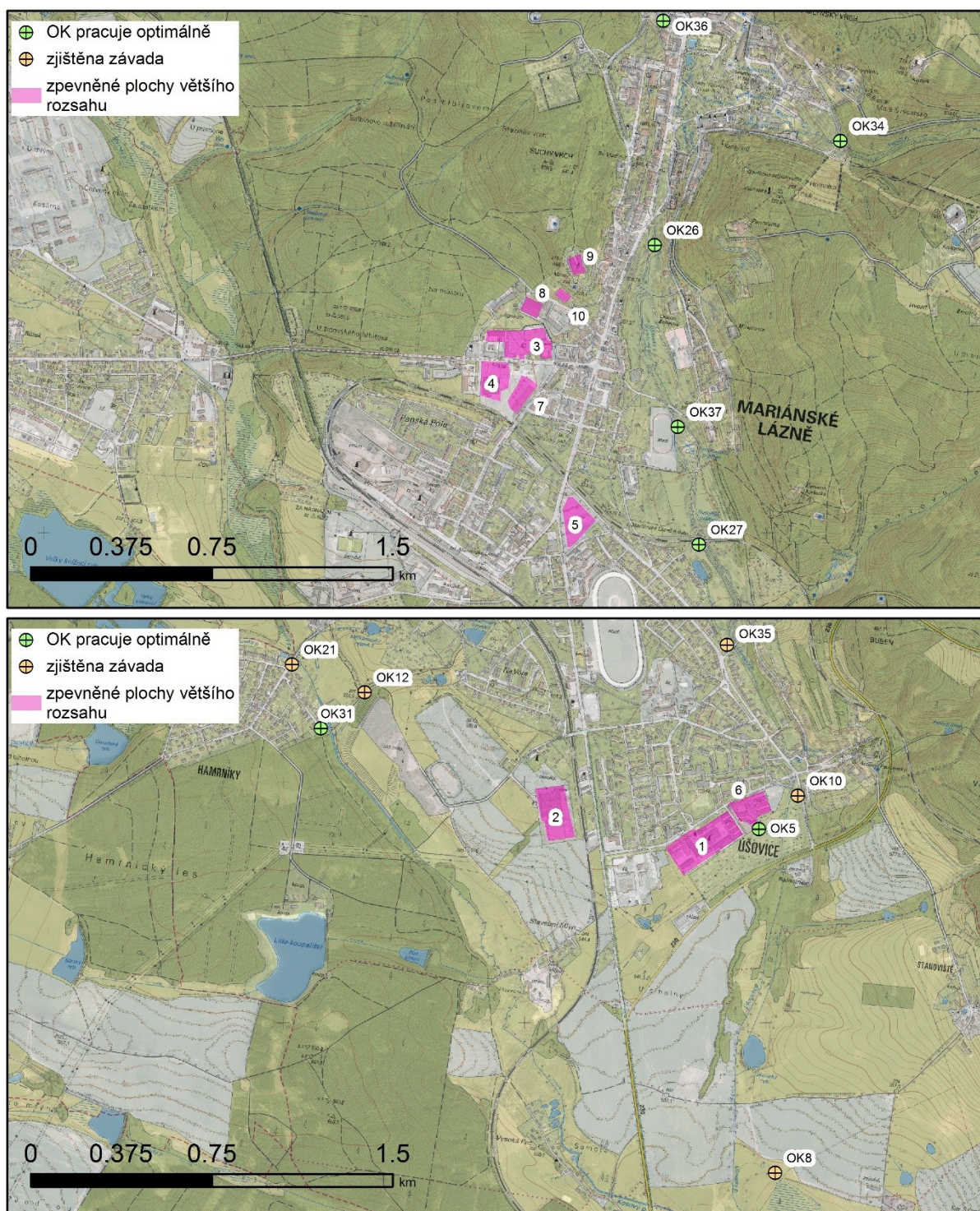
Tab. 4.5-3 Významné zpevněné plochy v Mariánských Lázních

Id	popis	Plocha [ha]
1	průmyslový areál Tepelská	3,82
2	průmyslový areál Plzeňská	2,57
3	o.c. Kaufland	2,47
4	o.c. Tesco	1,64
5	centrální parkoviště	1,62
6	garáže a poliklinika na Tepelské	1,41

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

Id	popis	Plocha [ha]
7	o.c. Nová Chodská	0,95
8	zimní stadion	0,45
9	Chateau Monty SPA resort	0,40
10	plavecký bazén	0,21

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky



Obr. 4.5-2 Odlehčovací komory a významné zpevněné plochy v Mariánských Lázních

Vodoprávní úřad města Mariánské Lázně poskytl informace o hospodaření se srážkovými vodami.

Komerční zóna (Kaufland, Tesco a o.c. Chodská) mají odlučovače ropných látek napojené na dešťovou kanalizaci. Ta je zaústěna do přítoku Kosového potoka. **Zimní stadion a plavecký stadion**

jsou napojeny do jednotné kanalizace. Ve fázi projednávání jsou záměry na zasakovací nádrže obou objektů. Jak zimní stadion, tak plavecký bazén jsou v majetku města. **Centrální parkoviště** nemá řešeno odvodnění, srážková voda tedy teče po ulici, pravděpodobně končí v jednotné kanalizaci. **Průmyslový areál Pizeňská** má odlučovač ropných látek a vlastní zasakování. **Průmyslový areál a garáže na Tepelské ulici** (dopravní podnik) je napojen do jednotné kanalizace. **Penny Market** je napojen do jednotné kanalizace. V této lokalitě probíhá projekt bytových domů, srážková voda bude zasakována, podobnému řešení také z parkovacích stání se projektant brání. V **centru města** existuje dešťová i jednotná kanalizace. Trasa i stav dešťové kanalizace nejsou příliš známé. Podle informace vodoprávního úřadu by bylo velmi vhodné zpracovat pasport dešťové kanalizace, v minulosti byl návrh na jeho zpracování zamítnut pro nedostatek finančních zdrojů.

4.5.3.2 Rekapitulace opatření v Mariánských Lázních

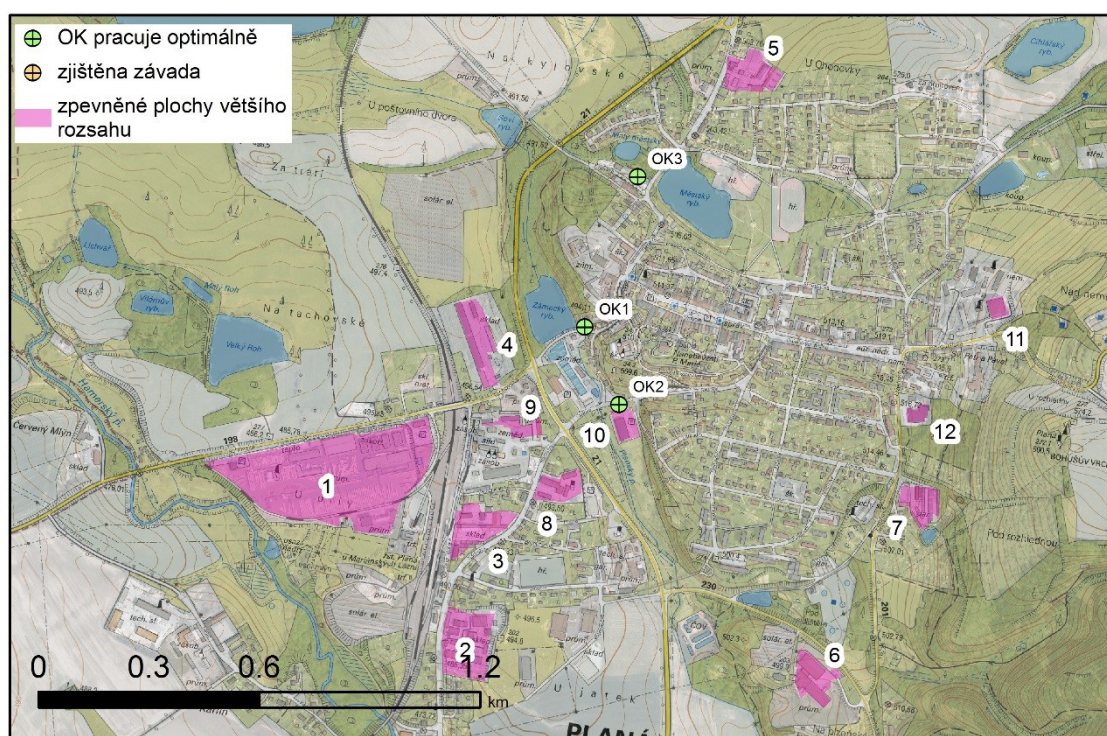
- Přestavba OK8 v souladu se závěry hodnocení zpracovaného PVK. (Ostatní doporučená opatření jsou dle sdělení CHEVAK již dokončena)
- Posouzení hydraulické funkce odlehčení ČOV do rybníka Chotěnov
- Odpojení dešťových vod objektu zimního stadionu a plaveckého bazénu od jednotné kanalizace
- Zpracování pasportu dešťové kanalizace – hledání možností odpojení dešťových vod ze zástavby v centru od jednotné kanalizace
- Striktní přístup stavebního úřadu k projektovým záměrům, vždy vyžadovat samostatné hospodaření s dešťovou vodou a nepovolovat její zaústění do jednotné kanalizace

4.5.3.3 Planá u Mariánských Lázní

Vodoprávní agenda ve městě Planá spadá pod Odbor životního prostředí Městského úřadu v Tachově. V případě nových staveb je vždy vyžadováno likvidovat dešťové vody v místě stavby.

Podle sdělení vodoprávního úřadu města Tachov jsou v Plané provozovány 2 odlehčovací komory, které jsou potenciálně rizikové.

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky



Obr. 4.5-3 Odlehčovací komory a zpevněné plochy v Plané u M.L.

Tab. 4.5-4 Významné zpevněné plochy v Plané u ML

Id	popis	Plocha [ha]
1	dřevozpracující průmysl Tachovská	11,18
2	průmyslový areál v ul. Jateční	2,23
3	sklad v ul. Nádražní	1,45
4	obvodní odd.. Policie ČR	1,38
5	průmyslový areál v ul. Zámecká	1,26
6	fotovoltaická elektrárna a průmysl Plzeňská	1,07
7	garáže Javorová	0,87
8	průmyslový areál v ul. Nádražní	0,82
9	areál Kovoplan v ul. Nádražní	0,50
10	o.d. Penny Market	0,48
11	nemocnice	0,26
12	průmyslový areál Plzeňská	0,22

Podle informace vodoprávního úřadu v Tachově má největší zpevněná plocha, areál dřevu závodu vlastní usazovací nádrž a nezatěžuje městskou kanalizaci dešťovou vodou. Obdobně jsou na tom všechny významné stavby realizované v poslední době. Centrum obce s plochami individuálního bydlení nebo bytové domy z dřívější doby jsou napojeny na jednotnou kanalizaci.

4.5.3.4 Rekapitulace opatření v Plané u Mariánských Lázní

- Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor (3 komory), v případě zjištění závady návrh a realizace opatření na OK

4.5.3.5 Stříbro

Jednotná kanalizační síť v městě Stříbře je odlehčována prostřednictvím sedmi odlehčovacích komor. Z toho dvě jsou vedeny jako odlehčení před čistírnou. Z hlediska provozního jde o odlehčení na kanalizaci, neboť odpadní vody zatím neprošly ani hrubým mechanickým předčištěním. Recipientem OK B47, B45 a B43 je Těchlovický potok, OK B44, B42 a B41 jsou odlehčovány do Mže. B46 je odlehčována volnou výustí na volném prostranství východně od města. Odtud stéká do Mže.

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky



Obr. 4.5-4 Odlehčovací komory a významné zpevněné plochy ve Stříbře

Dosavadní znalosti o hydraulické funkci OK jsou nízké, kritické průtoky nebo odlehčovací poměry jsou částečně známy u B44, B43, B42 a B41. O přesnou představu hydraulické funkce ale nejde. Z pohledu vnosu znečištění do recipientu se v této chvíli jeví jako kritické B43, B45, B42 a B41. Vzhledem k blízkosti nádrže je velmi vhodné dobře znát fungování OK ve Stříbře po hydraulické, ideálně

i jakostní stránce. Měření hydraulických funkcí, v kombinaci s automatickým vzorkováním by v ČR bylo unikátním projektem. Opatření navržená v takovém projektu mohou být charakteru úprav OK (zvýšení přelivných hran, zkapacitnění odtokového potrubí), nebo snížení vnosu dešťových vod. Územím kde by se na tomto dalo zapracovat je centrum města.

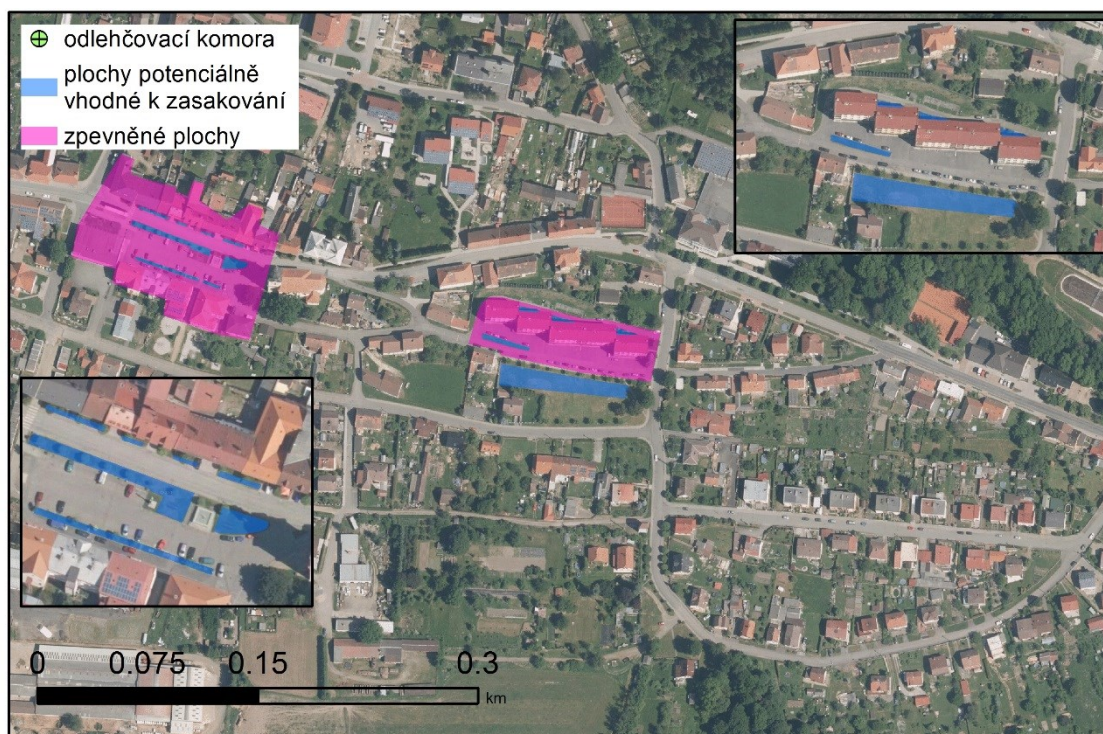
4.5.3.6 Rekapitulace opatření ve Střibře

- Posouzení hydraulické funkce OK ve Střibře (B43, B45, B42, B41), návrh a realizace opatření zjištěných při posouzení
- Posouzení hydraulické funkce OK ve Střibře (B44, B46, B47), návrh a realizace opatření zjištěných při posouzení
- Opatření na podporu zasakování v historickém centru Střibra

4.5.3.7 Kladruby

Kladruby jsou menší město, bez významných soustředěných ploch zpevněných povrchů. Většina zástavby je individuální, u těchto objektů je možné docílit odpojení dešťových vod od jednotné kanalizace. Bytové domy s parkovištěm nebo prostor náměstí mohou být do určité míry řešeny vsakováním. V blízkosti je prostor využitelný pro zasakovací průleh nebo retenční nádrž.

Odlehčovací komora je v Kladrubech pouze jedna. Přítok je DN 1000. Komora má přelivnou hranu upravenou tak, aby na ČOV v době přívalových vod při dešťových srážkách a tání sněhu bylo na ČOV přiváděno maximálně 14,4 l/s. Komora je opatřena stavitkem na přítokovém potrubí do ČOV pro možnost odstavení celé ČOV z provozu. Přívalové vody jsou odváděny odlehčovací stokou DN 1000 mm a otevřeným příkopem do recipientu. Odpadní vody dále odtékají na ČOV.



Obr. 4.5-5 Odlehčovací komory a významné zpevněné plochy v Kladrubech

4.5.3.8 Rekapitulace opatření v Kladrubech

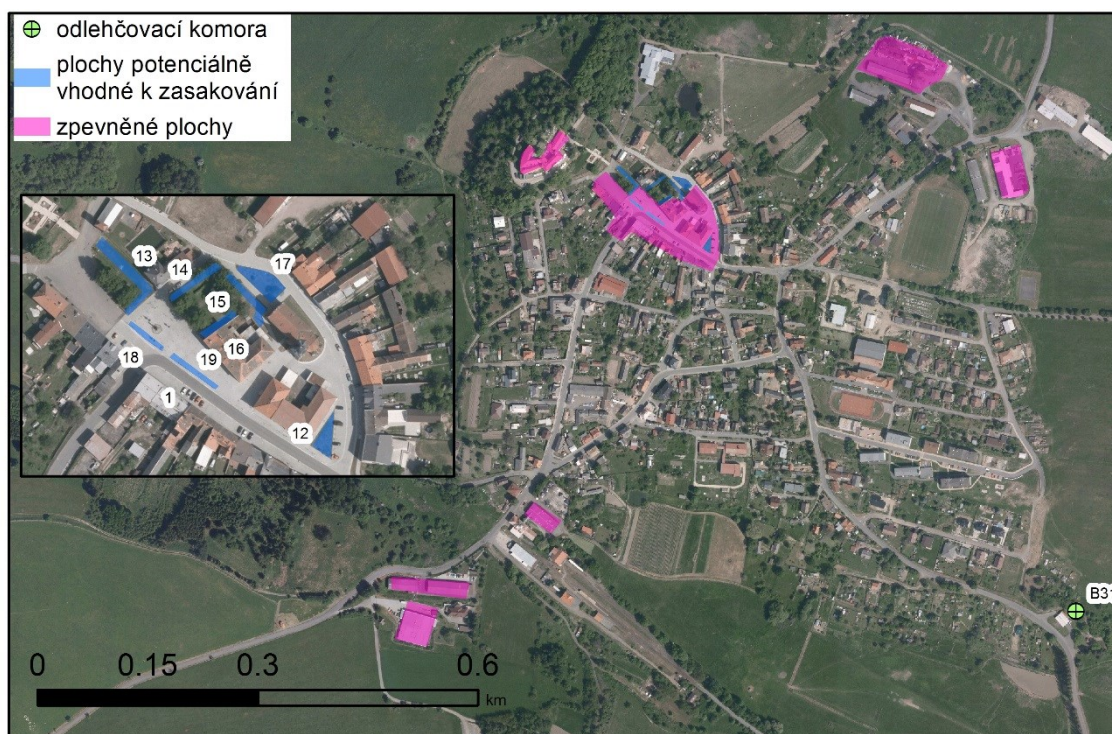
- Posouzení hydraulické funkce OK, návrh a realizace opatření podle zjištěných závěrů
- Zasakování vod ze střechy a parkovací plochy bytových domů v ulici Kostelní
- Zasakování dešťových vod na náměstí
- Podpora individuálního hospodaření s dešťovou vodou

4.5.3.9 Konstantinovy Lázně a Bezručice

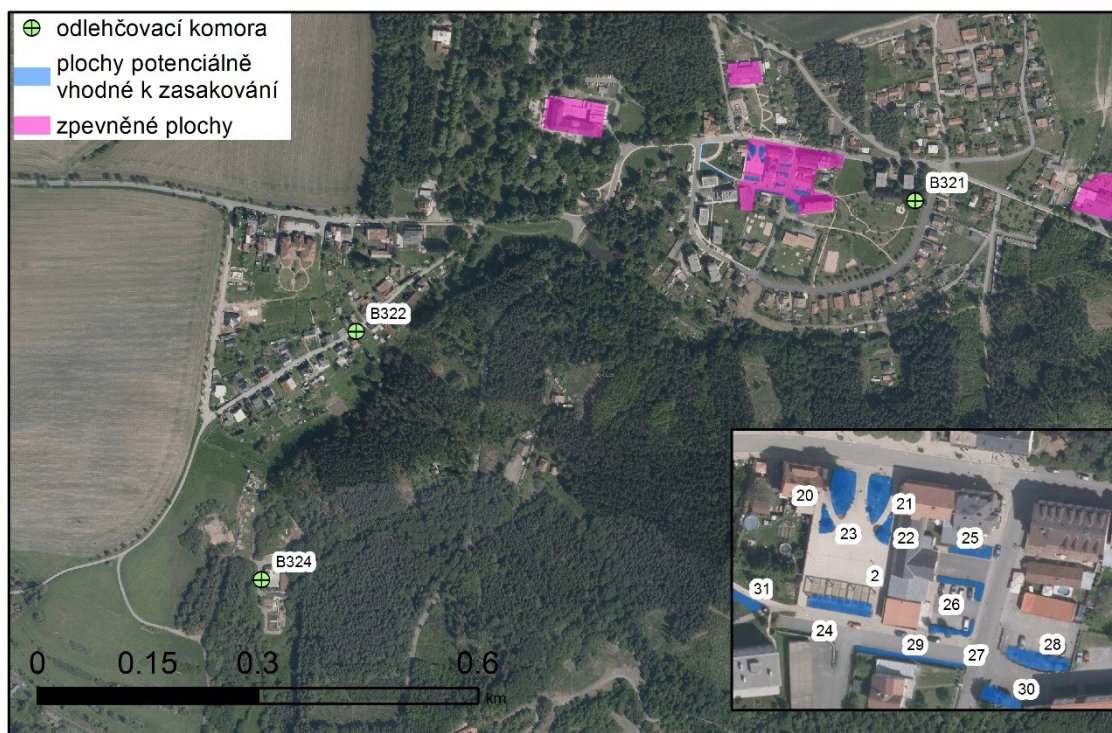
Tato menší města jsou z hlediska kanalizační sítě jeden celek, protože severněji položené Bezručice odvádějí své odpadní vody na ČOV v Konstantinových Lázních. V obou sídlech nejsou významnější zpevněné plochy. Výjimkou může být centrum, které je v obou případech zpevněno, vydlážděno. Většina bytové zástavby je individuální s dostatkem mezilehlých nezpevněných ploch.

Snížení podílu balastních vod v kanalizaci může být podpořeno individuálním hospodařením s dešťovou vodou. Na veřejných prostranstvích bylo vybráno několik ploch potenciálně využitelných k zasakování.

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky



Obr. 4.5-6 Odlehčovací komora a významné zpevněné plochy v Bezručičích



Obr. 4.5-7 Odlehčovací komora a významné zpevněné plochy v Konstantinových Lázních

4.5.3.10 Rekapitulace opatření v Konstantinových Lázních a Bezdručicích

- Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor (4 OK), návrh a realizace opatření na základě závěrů posouzení
- Zasakování dešťových vod z veřejných prostranství v Bezdručicích
- Zasakování dešťových vod z veřejných prostranství v Konstantinových Lázních
- Podpora individuálního hospodaření s dešťovou vodou

4.5.3.11 Tachov

Z hodnocení úniků na kanalizaci (viz předchozí) vychází nízké riziko úniků na kanalizaci. Jak bylo zmíněno, tento výpočet může být zkreslen například je-li na kanalizaci připojen zdroj s vysokým vnosem fosforu. Obecně platí, že všechny jednotné kanalizace představují riziko. Bez provedení kvalitní monitorovací kampaně nelze vyvozovat přesné závěry. Dle sdělení vodoprávního úřadu v Tachově mohou být ve městě potenciálně rizikové 4 odlehčovací komory.

Podle sdělení vodoprávního úřadu se daří zajistit, aby nová výstavba neodváděla srážkové vody jednotnou kanalizací. Na mapě níže jsou zvýrazněny největší souvislé areály zpevněných ploch. Ve městě se nachází/převažuje individuální bytová zástavba. V plochách určených k bydlení je dostatečně zastoupena zeleň. Plochy individuálního bydlení mohou být podporovány k efektivnějšímu hospodaření s dešťovou vodou. Bytové domy mohou být v tomto podporovány městem. Níže je na podkladu ortofotomapy zobrazen návrh potenciálních ploch vhodných k zasakování v okolí nejvýznamnějších zpevněných ploch veřejného nebo komerčního prostoru. Vzletem k velikosti sídla není v této studii detailně rozpracován návrh zasakování všech ploch. To by vyžadovalo vlastní detailněji zaměřený projekt. Nutnost takto široce pojatého opatření prozatím není prokázána. Měla by následovat v případě zjištění vážného problému na odlehčovacích komorách, případně může odpovídat na problém konkrétní komory a tedy řešit zasakování v určité vymezené oblasti (povodí kritické komory).

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky



Obr. 4.5-8 Odlehčovací komory a významné zpevněné plochy v Tachově

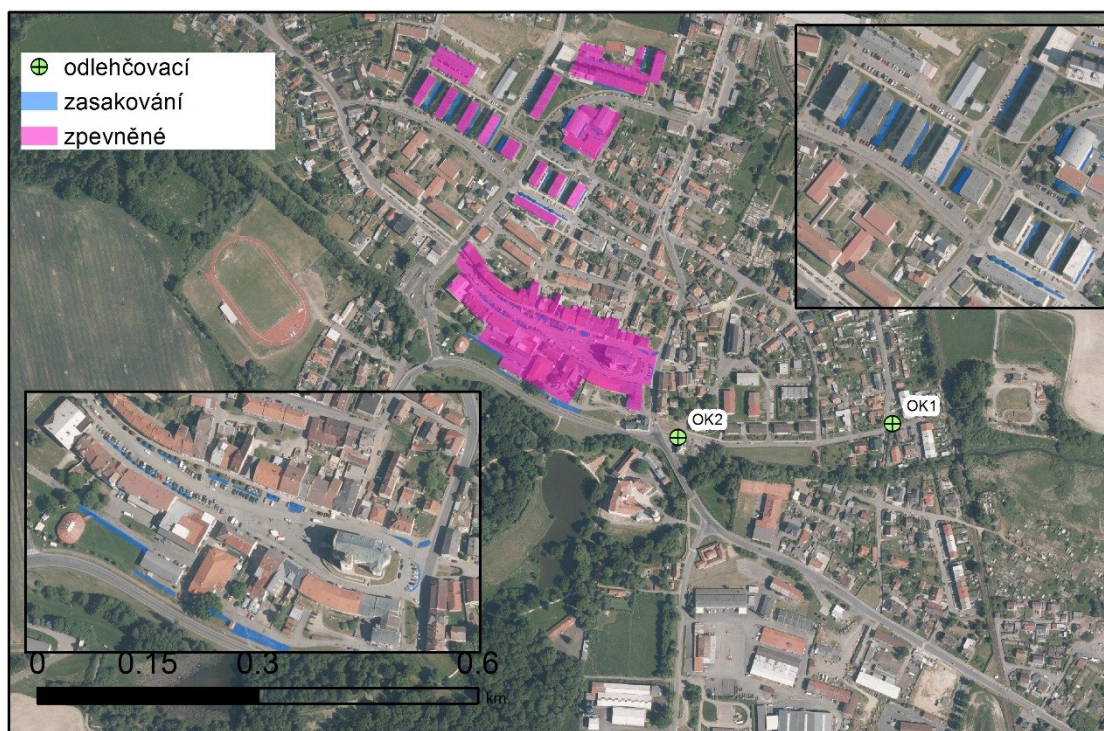
4.5.3.12 Rekapitulace opatření v Tachově

- Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor (4 rizikové komory vytipované vodoprávním úřadem), včetně odlehčení ČOV, návrh a realizace opatření doporučených v posouzení
- Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor (zbylé odlehčovací komory)
- Opatření na zasakování dešťových vod ve vybraných lokalitách
- Podpora individuálního hospodaření s dešťovou vodou
- Opatření na zasakování dešťových vod v dalších lokalitách podle potřeby zjištěné v posudcích funkcí odlehčovacích komor

4.5.3.13 Bor

Bor je menší město, z analýzy úniků z kanalizace vychází jako méně významný zdroj. Jak bylo výše popsáno. Tato analýza je pouhým odhadem a přesné závěry lze vydávat pouze na základě měřených hodnot. Na kanalizaci v Boru fungují 3 odlehčovací komory. Ve městě je několik oblastí s významným soustředěním zpevněných ploch. Tou nejvíce souvislou je centrum města s náměstím. Panelové sídliště na sever od centra disponuje dostatečnou zelenou plochou mezi jednotlivými domy. Voda ze střech a parkovišť je ale odváděna jednotnou kanalizací.

Je vhodné provést měření, ke zjištění hydraulické činnosti odlehčovacích komor, v kombinaci s odběrem vzorků odlehčované vody. Výsledky měření budou promítnuty do návrhu opatření na OK ale také na městské infrastruktuře. Cíl je snížit podíl balastních vod v kanalizaci, ukáže-li se že jde o významný problém. Předběžně bylo vybráno několik ploch potenciálně vhodných k zasakování dešťových vod ze zpevněných ploch.



Obr. 4.5-9 Odlehčovací komory a významné zpevněné plochy v Boru u Tachova

4.5.3.14 Rekapitulace opatření v Boru u Tachova

- Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor (3 OK), návrh a realizace opatření dle výsledků posudku
- Realizace zasakování dešťových vod ve významných oblastech zpevněných ploch (centrum města, panelové sídliště)
- Podpora individuálního hospodaření s dešťovou vodou v oblastech individuálního bydlení

4.5.4 Opatření na rybnících

V kapitolách I a II byl konfrontován výpočet bilance dle hlášených dat od provozovatelů rybníků s měřenými daty na profilech hladin a odtoků rybníků. Z tohoto porovnání vychází důležité poznatky. Za prvé rybníky s chovem drůbeže vykazují v jarní a letní sezóně výrazný nárůst koncentrace fosforu. Některé z těchto rybníků jsou skutečně významnou zásobárnou fosforu, s ohledem na měřené koncentrace a objem (zjištěný dle plochy hladiny). V případě výlovu jde o velmi významný epizodní zdroj vnosu fosforu, který je obtížně zachytitelný v rámci konvenčního způsobu monitoringu. Určitým zlepšením situace může být fakt, že výlovy jsou prováděny obvykle na podzim, tedy mimo hlavní vegetační období sinic.

Výpočty bilance živin v rybnících dokládají, že správně provozovaný rybník může být skutečným přínosem pro kvalitu vody v povodí. Bylo-li by dodržováno hospodaření v rozsahu nahlášeném rybáři, pak by provozované rybníky byly skutečně efektivním opatřením.

Měřená data ukazují, že tomu tak není. Současná podrobnost měření neumožňuje kvantifikovat podíl hnojení, chovu kachen nebo vnosu z komunálních zdrojů na celkovém nárůstu koncentrace fosforu. K takovýmto závěrům by byl nutný podrobnější monitoring.

Všechny rybníky s vydaným povolením k nakládání s vodami by měli být podrobeny revizi těchto povolení. Klíčové je dostat pod kontrolu v první řadě poslední rybníky soustav. S určitostí lze říct, že tyto rybníky je nevhodné využívat k chovu drůbeže. Rovněž jakékoliv zvyšování úživnosti těchto nádrží může být prováděno pouze na základě přesných vstupů do živinové bilance. Na vybraných rybnících v povodí VN Hracholusky je navržena změna hospodaření na extenzivní. Také je zde navržen další monitoring. Investičně náročná opatření jako odbahnění rybníka nejsou navrhována. Hlavním důvodem je, že bez zamezení vnosu fosforu do nádrže je takové opatření zcela zbytečné.

4.5.4.1 Rekapitulace opatření na rybnících

- Monitoring a terénní průzkum rybníka Mezholezský, cílem je zjistit příčiny enormně vysokých koncentrací fosforu v této nádrži a navrhnout další opatření, na zastavení vnosu do nádrže. Monitoring musí být rozšířen na oba přítoky z obce Mezholezy.
- Omezení chovu kachen na rybníku Sahara
- Rybník Dolní Skviřín - extenzivní hospodaření s cílem průměrné koncentrace P_{celk} 0.2 mg/l
- Horní Hlinenský – omezení chovu kachen
- Březový rybník – výrazné omezení chovu kachen. Extenzivní hospodaření s cílem průměrné koncentrace P_{celk} 0.2 mg/l
- Vinný rybník – výrazné omezení chovu kachen, možnost částečně přesunout na výš položené rybníky (Smutný, Lipový, Lihovarský), extenzivní hospodaření s cílem průměrné koncentrace P_{celk} 0.2 mg/l.

4.5.5 Individuální zdroje

Tato problematika je v různé míře řešitelná v celém povodí VN Hracholusky. V bezprostředním okolí nádrže jde o specifický problém. Ubytovací kapacity v chatách kempech a penzionech čítají v součtu téměř 9000 osob. Plná obsazenost nelze očekávat víc než několik týdnů v roce. Pro výpočet celkového vnosu fosforu v etapě II bylo uvažováno s redukcí na 27%. Tedy teoretické množství produkovaného fosforu v případě celoročně plně obsazených ubytovacích kapacit je zredukováno na pouhých 27%. Po této redukcí je roční vnos fosforu do nádrže roven přibližně 362 Kg. Přibližně u 80% tohoto množství lze předpokládat, že do nádrže přibude během hlavní letní sezóny.

Druhým specifikem je způsob likvidace odpadních vod. Většina chat akumuluje odpadní vody v bezodtokých jímkách. Teoreticky jde o velmi dobrý způsob likvidace OV, protože takřka úplně eliminuje fosfor vnášený do nádrže. Prakticky nelze očekávat, že všichni majitelé jímek jsou ukázněni a skutečně nechávají jímku vyvážet. Hypotetický neukázněný majitel jímky má dvě možnosti jak se vyhnout vývozu obsahu. Za prvé, může mechanicky poškodit dno tak, aby obsah jímky unikl do terénu. Za druhé může vybudovat přepad, svedený buďto do trativodu, nebo přepad svedený do vodního toku, příkopu nebo přímo do nádrže. Druhá možnost připadá v úvahu pouze u menší části objektů. Větší část individuální rekreační zástavby v okolí nádrže totiž nemá přístup ani k vodnímu toku, ani k příkopu a ani přímo k nádrži. Nejpravděpodobněji se tak jeví, že jímky jsou opatřeny netěsným dnem. Těsné jímky jsou tedy spíše výjimkou vzhledem k tomu, že přijaté odpadní vody z jímek na ČOV Stříbro dalece neodpovídají vypočtené produkci.

Současná kapacita ČOV Stříbro pro příjem externích vod je minimální. Čistírna se aktuálně potýká s přetížením jak hydraulickým, tak látkovým. Vedle obyvatel Stříbra jsou na kanalizaci připojeny i průmyslové podniky, z nichž největší produkci organického zatížení představuje mlékárna. ČOV může teoreticky přidávat externí vody z jímek v poměru přibližně 1:10, i když vždy záleží na místních podmínkách. Při překročení dovoleného poměru dochází ke zhoršení nebo i totálnímu zastavení procesů v biologické části čistírny. Jak potvrdil technolog ČOV ve Stříbře, čistírna aktuálně přijímá externí vody pouze z místních částí, administrativně náležících pod město Stříbro. ČOV s kapacitou 15000 EO teoreticky může denně přijmout externí vody od 1500 EO. V případě Stříbra toto neplatí. ČOV by vyžadovala celkovou intenzifikaci a dále investici do akumulací jímek externích vod. Toto opatření je posouzeno jako jedna z variant.

Jako alternativa ČOV Stříbro přichází v úvahu pouze ČOV v Plzni. Ta je kapacitně dostatečná, aby zvládla nápor externích vod i v hlavní letní sezóně. Vzdálenost od nádrže ale znamená vysoké náklady pro uživatele jímek a tedy minimální ochotu tento způsob využívat.

S novelou vodního zákona, která vstupuje platnost od 2. 1. 2021 (po odložení účinnosti z původně určeného 1. 1. 2019), se zásadně mění ustanovení § 38 odst. 8 tohoto předpisu. Text zákona nově říká, že *„Kdo akumuluje odpadní vody v bezodtokové jímce, je povinen zajišťovat jejich zneškodňování odvozem na čistírnu odpadních vod na výzvu vodoprávního úřadu nebo České inspekce životního prostředí předložit doklady o odvozu odpadních vod za období posledních dvou kalendářních let. Odvoz může provádět pouze provozovatel čistírny odpadních vod nebo osoba oprávněná podle živnostenského zákona. Ten, kdo provede odvoz, je povinen tomu, kdo akumuluje odpadní vody v bezodtokové jímce, vydat doklad, ze kterého bude patmo jméno toho, kdo akumuluje odpadní vody prokázat jejich zneškodňování v bezodtokové jímce, lokalizace jímky, množství odvezených odpadních vod, datum odvozu, název osoby, která odpadní vodu odvezla, a název čistírny odpadních vod, na které budou odpadní vody zneškodněny“.* Od 1. 1. 2018 ale platí, že *za legální způsoby likvidace OV budou považovány jen odvádění kanalizací na ČOV, individuální způsob čištění (DČOV), nebo akumulace OV v bezodtoké jímce.*

Tato úprava vodního zákona je velmi vítaným nástrojem pro snížení znečištění z malých komunálních zdrojů nepřipojených na kanalizaci. Samo o sobě redukcí vnosu znečištění do vodních toků nezajistí, je potřeba aby vodoprávní úřad s tímto nástrojem efektivně a smysluplně pracoval.

4.5.5.1 Rozvaha nad možnostmi vývozu jímek

Náklady na vývoz jímek se skládají z ceny za převzatý objem odpadní vody/kalu⁷ a dále ceny za dopravu. Dle informace pracovníka dopravy provozovatele VODAKVA, a.s., je cena za 1 m³ převzatého kalu 283 Kč. Náklady na dopravu jsou 50 Kč/km. ČOV Plzeň vyváží jímky za nižší cenu. Samotné převzetí kalu je za cenu stočného v Plzni (v roce 2018 to bylo 29,84 Kč bez DPH). Níže je v tabulce zpracována průměrná dojezdová vzdálenost mezi hlavními rekreačními oblastmi a nejbližšími ČOV.

Tab. 4.5-5 Dojezdová vzdálenost z rekreačních oblastí na ČOV

Rekreační oblast	Dojezdová vzdálenost ČOV [km]						
	Stříbro	Tlučná	Touškov	Líně	Chotěšov	Dobřany	Plzeň
Blahousty	12,7	37,6	37,5	42,6	37,2	43,8	47,5
Butov	8,1	32,9	29,6	38,0	32,5	39,1	47,1
Čerňovice	21,2	20,5	17,4	26,4	27,6	34,2	30,5
Dolany u Stříbra	15,9	18,3	15,2	24,2	25,4	32,0	28,3
Hracholusky	15,9	13,3	10,2	19,2	20,4	27,0	23,3
Lipno	27,6	17,5	10,1	24,7	27,2	38,3	27,6
Luhov	25,1	20,0	12,5	27,1	29,6	41,1	27,7
Malovice	11,5	36,4	36,3	41,3	36,0	42,6	46,3
Pňovany	16,8	19,3	16,2	25,3	26,4	33,0	29,3
Rájov	16,0	18,4	15,3	24,4	25,5	32,1	28,4
Stříbro	3,6	28,5	25,2	33,6	28,1	34,7	38,3
Sulislav	7,4	29,4	23,7	34,4	29,0	35,6	36,8
Těchoděly	29,1	19,0	11,6	26,2	28,7	39,8	29,1
Vranov	5,8	27,8	22,1	32,8	27,4	34,0	35,2

⁷ Přístup se liší u jednotlivých provozovatelů, například VODAKVA považuje obsah jímek spíše za kal, čemuž náležitě upravuje cenu. Plzeňská ČOV účtuje cenu jako za běžné stočné. Přístup se liší podle možností čistírny s obsahem jímek nakládat, není-li kapacita ČOV dostatečná, logicky si provozovatel pak účtuje vyšší cenu.

Na další tabulce jsou uvedeny orientační kapacity čistíren v blízkosti nádrže.

Tab. 4.5-6 Vypočtená kapacita příjmu externích vod pro vybrané ČOV v okolí nádrže

čistírna	Průměrný měsíční průtok v sezóně [m ³ /s]	Maximální denní teoretická kapacita [m ³]	Povodí nádrže Hracholusky
Stříbro	0,025	129,6	Ano
Tlučná	0,029	168,7	Ne
Město Touškov	0,007	42,3	Ne
Líně	0,009	56,1	Ne
Chotěšov	0,005	28,6	Ne
Dobřany	0,015	84,4	Ne
Plzeň	0,601	5196,5	Ne

Výpočet nákladů na odvoz jímky pro modelového uživatele

Za těchto podmínek zaplatí hypotetický uživatel jímky v okolí nádrže následující náklady za její vývoz na ČOV. Předpokládáme chatu v Rájově, kterou užívají 3 lidé, průměrná denní spotřeba je 120 l vody na osobu, chatu užívají celkem 30 dní v roce, odpadní vody akumulují v jímce s objemem 6 m³. nejbližší ČOV, přijímající externí vody je ČOV Plzeň.

Denní produkce	0,36 m ³
Roční produkce	10,8 m ³
Počet vývozů za rok	1,8
Odvezené množství	10,8 m ³
Průměrné roční náklady na vývoz jímky	5435 Kč

Stejný rekreační objekt připojený na veřejnou kanalizaci užívaný třemi lidmi po dobu 30 dní v roce by zaplatil 292 Kč (uvažováno průměrné stočné v Plzeňském kraji 27 Kč/m³)

4.5.5.2 Vybudování kanalizace a ČOV pro rekreační oblasti

S ohledem na co nejlepší účinek na odstranění fosforu vnášeného do nádrže, bylo navrženo centrálně orientované uspořádání. V hlavních rekreačních oblastech je navržena kanalizace, tyto oblasti jsou přivaděči (obvykle výtlačné) odváděny na centrální ČOV. Tyto centrální ČOV jsou navrženy v obcích Přovany, Lipno, Plešnice, Čerňovice, Blahousty a Erpužice. Podrobné charakteristiky jednotlivých opatření jsou uvedené v listech opatření. Souhrnné charakteristiky o kapacitách ČOV nebo délce navrhovaných kanalizací jsou níže v kapitolách věnovaných souhrnům. S ohledem na cíl studie tedy snížení vnosu živin do nádrže není uvažováno s řešením malých ČOV s vypouštěním do nádrže. Bylo již popsáno, že malé ČOV se vyznačují velmi nízkou účinností na odstraňování fosforu, jejich provoz na březích nádrží by pak vedl k soustředění odpadních vod což by zlepšilo transport živin do nádrže, výsledný efekt by pak byl spíše negativní.

Obecně je velmi obtížné rozhodnout o efektivitě tohoto opatření. Vzhledem k tomu, že základem infrastruktury odpadních vod v současném stavu jsou jímky, je celkový vnos do nádrže poměrně malý. Odkanalizování popsaných oblastí je velmi nákladné. Dalším úskalím by byl reálný počet připojených

obyvatel. Lze očekávat, že zájem o připojení bude z řad rekreaantů malý. Nařídít připojení na veřejnou kanalizaci může vodoprávní úřad pouze v případě, že majitel rekreačního objektu žádá o stavební povolení například na rekonstrukci stavby.

4.5.5.3 Vyvážení jímek a posílení kapacit externích vod

Vzhledem k očekávaným vysokým nákladům na zasíťování rozsáhlých rekreačních oblastí je vhodné posoudit také variantu, která umožní nadále využívat rekreační objekty spolu s bezodtokou jímkou. Novela vodního zákona sice umožní vodoprávnímu úřadu aktivněji zakročit proti nevhodnému užívání jímek, nelze ovšem předstírat, že situaci kolem nádrže je možné vyřešit bez posílení kapacit pro příjem externích vod u vybraných dopravně dostupných ČOV. Opatření přiřazuje konkrétní rekreační oblasti k vybraným ČOV. U těchto ČOV je navrženo posílení kapacity pro příjem externích vod. Technologicky jde o zajištění dostatečně velkého retenčního prostoru, ve kterém bude uložen obsah vyvezených jímek a postupně dávkován na přítok ČOV v dovoleném poměru vůči aktuálnímu přítoku z kanalizace.

4.5.6 Monitoring

Počínaje sběrem a analýzou dat přes sestavení matematického modelu až po vyhodnocování efektivity opatření vyvstaly při zpracování této studie nejistoty. I přes unikátní hustotu sítě monitorovaných profilů nebylo vždy možné kvalifikovaně rozhodnout o významnosti zdroje nebo potřebném řešení. V povodí je navržena síť profilů pro další monitoring. Mezi hlavní neznámé nadále patří rybníky, ale i menší komunální zdroje, u kterých je potřeba ověřit významnost a teprve poté případně přikročit k realizaci nákladných opatření na VH infrastruktuře.

4.6 Souhrn navržených opatření

Návrh opatření celkem zahrnuje 208 opatření z výše popsaných typů a kategorií. Jde o opatření investiční, organizační, nebo opatření ke zvýšení znalosti o procesech v povodí. V některých případech je vhodné opatření jasné na první pohled. Jindy je možné přistoupit k variantnímu řešení. Přehled všech navrhovaných opatření je uveden v přílohové tabulce (*Přehled všech navrhovaných opatření*). Ne všechna opatření vyšla z hodnocení jako doporučená k realizaci. Opatření doporučená k realizaci jsou kromě přehledných tabulek v kapitolách níže představena v příloze (*Katalog opatření*).

4.6.1 Variantní přístup k návrhu opatření

Do posouzení, ze kterého byl později vybrán soubor doporučených opatření, vstupovalo 208 opatření. Ta byla pro potřeby posouzení hodnocena ve dvou variantách. Přitom platí, že většina opatření je společná pro obě varianty. Variantní přístup byl uplatňován pouze v okrajových případech. Často šlo o variantu mezi ČOV a přírodě blízkým opatřením. Varianta 1 je obecně velkorysejší, zahrnuje opatření i pro menší a poměrně odlehlé zdroje, logicky je tedy také dražší. Další oblastí kde byl uplatněn variantní přístup, bylo okolí nádrže. Varianta 1 tuto oblast řešila odkanalizováním na několik centrálních ČOV. Varianta 2 počítala s vyvážením jímek na ČOV s posílenou kapacitou.

Tab. 4.6-1 Souhrn navrhovaných opatření před posouzením efektivit, dle variant

typ opatření	varianta 1	varianta 2
Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	108	71
ČOV	8	6
kanalizace a ČOV	27	11
modernizace ČOV	21	21
modernizace ČOV a kanalizace	9	7
připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace	4	3
zvýšení účinnosti ČOV	5	5
připojení na ČOV	34	18
Opatření přírodě blízká	15	22
mokřad s vertikálním půdním filtrem	7	9
revitalizace nebo mokřad	8	13
Hospodaření s vodou ve větších sídlech	24	24
vyjadřovací činnost vodoprávního úřadu	1	1
posouzení odlehčovací komory	9	9
generel odvodnění ⁸	1	1
úprava odlehčovací komory	1	1
zasakování dešťových vod	12	12
Opatření na rybnících	8	8
hospodaření na rybnících	8	9
Individuální zdroje	1	16
posílení kapacit externích vod	0	5
vyvážení jímek	1	11
Monitoring	1	1
celkem	157	142

⁸ Tento 1 generel odvodnění je navržen pro město Mariánské Lázně, po konzultaci s VPÚ. V ostatních větších městech je generel odvodnění přidán jako doporučená část opatření na zasakování dešťových vod.

4.7 Odhad nákladů navrhovaných opatření

Odhad nákladů je důležitou složkou hodnocení efektivity opatření. Zároveň je nutný k plánování výdajů na výhledové období. Odhad nákladů byl proveden dle jednotlivých typů opatření podle následujících pravidel.

4.7.1 Náklady opatření na VH infrastrukturu

V kapitole Typy opatření, bylo představeno 7 typů opatření v této kategorii. Z hlediska odhadu nákladů ale jde o kombinace čtyř základních akcí. Výpočet odhadu nákladů a použité zdroje jsou popsány u jednotlivých typů níže.

a) ČOV

Náklady na vybudování nových ČOV jsou odhadovány podle ceníku Ústavu územního rozvoje (ÚÚR) - aktualizace 2017 [16]. Tento ceník zahrnuje měrné cenové ukazatele typového objektu čistírny odpadních vod dle kategorií počtu ekvivalentních obyvatel. Měrný cenový ukazatel nezahrnuje další práce v souvislosti s výstavbou ČOV. Jsou to zemní práce, základová deska, provozní objekt, příjezdová komunikace. Tyto další práce byly orientačně naddimenzovány podle velikosti ČOV porovnáním s jinou stojící ČOV.

Tab. 4.7-1 Parametry pro odhad nákladů nových ČOV v kategorii do 2000 obyvatel

Počet ekvivalentních obyvatel	Měrný cenový ukazatel Kč/EO	Další náklady jsou uvažovány paušálně podle velikostní kategorie ČOV			
		zemní práce [Kč]	základová deska [Kč]	provozní objekt [Kč]	příjezdová komunikace [Kč]
200	33 500	30 000	11 000	244 800	83 400
300	29 000	32 000	12 000	244 800	83 400
400	23 700	51 000	19 000	244 800	83 400
500	20 100	61 000	29 000	244 800	83 400
800	17 000	126 000	60 000	1 632 000	83 400
1 000	15 500	185 000	88 000	1 632 000	83 400
1 250	14 000	258 000	123 000	1 632 000	83 400
1 500	13 400	331 000	158 000	1 632 000	83 400
1 750	13 000	360 000	171 000	1 632 000	83 400
2 000	12 500	389 000	185 000	1 632 000	83 400

a) Kanalizace

Podrobnost studie umožňuje navrhnout kanalizace jako liniový prvek se základními atributy. U navržených kanalizací jsou rozlišovány *typ* (gravitační nebo tlaková), *profil* (u gravitační kanalizace je uvažováno DN250 pro kanalizaci v obci, DN300 pro přivaděče, pro tlakovou kanalizaci je uvažováno DN50 pro kanalizaci v obci, DN100 pro přivaděče) a posledním parametrem je *druh povrchu*, tedy zpevněný nebo nezpevněný. Výsledná cena za metr běžný (mb) vychází z referenčního projektu⁹. Přihlíženo bylo také k ceníku ÚÚR.

⁹ *Nakládání s odpadními vodami v obci Klokočná, VRV, a.s., 2016*

Tab. 4.7-2 Parametry pro odhad nákladů navrhované kanalizace

druh	povrch	DN	cena mb [Kč]
gravitační	nezpevněný	250	7 200
		300	7 600
	zpevněný	250	7 800
		300	8 500
tlaková	nezpevněný	50	3 300
		100	3 300
	zpevněný	50	3 800
		100	3 800

a) Modernizace ČOV

Modernizací ČOV je v naprosté většině návrhů myšleno doplnění technologie srážení fosforu. Zde jsou náklady uvažovány paušálně 500 tis. Kč/ČOV. V případě ČOV, uvedených do provozu před rokem 1990, je uvažováno s kompletní rekonstrukcí, také náklady jsou pak počítány podle modelu výstavba ČOV, viz výše.

b) Zvýšení účinnosti ČOV

Toto opatření nevyžaduje ve většině případů investiční akci. Podle místních technologických podmínek sice může výjimečně nastat situace, že zvýšená účinnost srážení fosforu vyžaduje posílení kapacity kalové koncovky. S těmito výjimečnými případy není ve studii uvažováno a opatření zvýšení účinnosti ČOV tak generuje pouze provozní náklady. Provozní náklady jsou schematizovány podle spotřeby srážecího činidla. Uvažováno je s přípravkem na bázi síranu železitého $Fe_2(SO_4)_3$ při průměrném dávkování 1.25 kg/m^3 a průměrné ceně 4 Kč/kg srážedla.

4.7.2 Náklady na opatření přírodě blízká**a) Mokřad s vertikálním půdním filtrem**

Náklady jsou počítány analogicky k opatření kořenová čistírna. Na rozdíl od relativně běžných komunálních ČOV nejsou KČOV přehledně zpracovány například v ceníku ÚÚR [16], náklady na kořenové čistírny/ mokřady byly odhadnuty zjednodušeným položkovým rozpočtem ze základních položek, jako jsou zemní práce, a náplň filtračním materiálem, za předpokladu hloubky KČOV 1,5 m a plochy 5 m^2 na 1 EO. Zemní práce se uvažují dle ceníku ÚÚR ve 4. třídě těžitelnosti v ceně 206 Kč/m³. Filtrační materiál je uvažován frakce 16/32 v ceně 357 Kč/t, práce na uložení spolu s dopravou 150 Kč/t.

b) Revitalizace nebo mokřad

Revitalizace drobných vodních toků jsou opatření podporovaná například z Operačního programu Životní prostředí 2014 - 2020 (OPŽP). MŽP proto vydává ceník nákladů obvyklých opatření. Revitalizace koryta vodního toku, která spočívá v obnově nebo tvorbě přírodě blízkých koryt vodních toků, včetně výsadby doprovodných břehových porostů a včetně vyvolaných investic, je zde uváděna jednotkovou cenou 1100 Kč/m² revitalizovaného koryta.

4.7.3 Náklady na opatření hospodaření s vodou ve větších městech**a) Posouzení hydraulické funkce odlehčovací komory**

Náklady na posouzení hydraulické funkce OK se skládají z části měření, přibližně za 80 tis Kč, sestavení modelu 25 tis Kč, vyhodnocení přibližně 10 tis Kč. Celkem pak za 1 OK náklady dosahují cca 135 tis Kč. V případě sledování také jakostních ukazatelů může být cena výrazně vyšší. Základní odběr může zahrnout 3 vzorky celkem za odhadovaných 3x5 tis. Kč=15 tis. Kč. Pro zachycení a detailní popis

jakosti v odlehčení je potřeba vzorkovat v pravidelných intervalech například 15 min (v závislosti na velikosti povodí a rychlosti odezvy povodí). Celkový počet vzorků pak může být i 4 vzorky za hodinu po dobu trvání odlehčení, tedy například od 0.5 hodiny až po 4 hodinovou epizodu. Déle trvajícím odlehčením už jsou závažný problém na kanalizační síti. Pro potřeby odhadu nákladů je uvažována epizoda trvající 2 hodiny, tedy celkem 8 vzorků.

Celkové náklady na 1 OK jsou průměrně uvažovány 175 tis Kč.

b) Zasakování dešťové vody

V rámci studie je zasakování dešťové vody řešeno spíše ideově, a to výběrem ploch na veřejných prostranstvích, ve kterých by mohlo být zasakování realizováno. Odhad nákladů se liší podle způsobu zasakování. Od velikosti odvodňované plochy a hydraulických vlastností zeminy se odvíjí klíčová otázka, zda je zasakování možné pouze cestou terénní úpravy, vytvořením lokální prohlubně, zasakovacího průlehu a podobně, případně zda je nutné zasakování pomoci například zasakovacím blokem. Stejně tak záleží na místních podmínkách užívání zpevněné plochy, zde je nutné zasakování opatřit také oddělovačem ropných látek (př. parkoviště).

Pro potřeby studie bylo uvažováno, že 90% polovina plochy určené k zasakování v jednotlivých lokalitách je zasakována samovolně, zbylá část zahrnuje zasakovací boxy s hloubkou 2m. Zasakovací boxy jsou dodávány v blocích o objemu 300 l. Cena takového boxu se pohybuje okolo 1500 Kč.

c) Podpora individuálního hospodaření s dešťovou vodou

Potenciálně velmi efektivní opatření může být pouhá osvěta. Jako individuální opatření může být použito i přistavení barelu na zachytávání dešťové vody pod dešťovými svody. Sud o objemu 200 l lze pořídit do 400 Kč. Sofistikovanější způsoby s nádrží zakopanou pod zem jsou pochopitelně dražší. Viz předešlý oddíl. Na některá opatření je možno čerpat finanční prostředky z národních dotačních titulů (Dešťovka).

4.7.4 Náklady opatření na rybnících

Tato opatření nevyžadují žádnou investici. Omezením úživnosti na vybraných rybnících dojde k poklesu produkce rybníka. S ohledem na velkou nejistotu spojenou s reálným režimem hospodaření na rybnících není vhodné zde odhadovat případnou ztrátu pro provozovatele rybníků. Na místě je také čistě morální úvaha, zda by ztráta měla být nějak kompenzována, neboť princip znečišťovatel platí, je platný bez výjimky pro všechny uživatele vod.

4.7.5 Náklady opatření individuální zdroje

Toto opatření má náklady spojené s intenzifikací ČOV ve smyslu zvýšení kapacity pro příjem externích vod. Odhad nákladů na intenzifikaci ČOV byl popsán výše. Náklady na vyvážení jímek jsou závislé na vzdálenosti příjímací ČOV.

4.7.6 Náklady na opatření monitoring

Profil dodatečného monitoringu je uvažován paušální cenou 5 tis Kč za vzorek.

4.8 Hodnocení efektivity opatření a výběr opatření k realizaci

Opatření, navržená ve dvou variantách podle parametrů popsanych výše, byla hodnocena multikriteriální analýzou. Cílem bylo rozhodnout pro jednu z variant v případě variantních návrhů a vytvořit jediný výsledný balík opatření. Jak bylo výše popsáno, většina lokalit variantně řešená nebyla. Po sestavení výsledného balíku opatření bylo přistoupeno k hodnocení samotné efektivity. Jeho výsledkem je seznam opatření s bodovým hodnocením. Každé opatření je hodnoceno podle čtyř základních kritérií. Přičemž každé kritérium je hodnoceno škálou od 0 do 4 bodů. Nejeftektivnější hodnocení tak může teoreticky dosáhnout 16 bodů.

4.8.1 Hodnotící kritéria

Kritérium úbytku fosforu

Jde o základní kritérium, kdy je zjišťován rozdíl mezi vnosem fosforu z řešeného zdroje před a po návrhu opatření. Škálování je přibližně vymezeno těmito hranicemi: nad 100 Kg P_{celk} ročně hodnoceno 4 body, 50 až 100 kg P_{celk} ročně hodnoceno 3 body, 50 až 10 kg P_{celk} ročně hodnoceno 2 body, pod 10 kg P_{celk} ročně hodnoceno 1 bodem.

Komplexnost návrhu vylučuje zcela striktní přístup k hodnocení a proto bylo v některých případech přistupováno k subjektivnímu hodnocení. Hospodaření na rybnících nemá kvantifikovanou roční redukci, přesto se předpokládá, že potenciál tohoto opatření je značný, proto jsou tato opatření hodnocena 4 body. Opatření z kategorie hospodaření s vodou ve větších městech vychází z vypočtené produkce P_{celk} , na odstranění fosforu je proto třeba se dívat spíše jako na potenciál, než na tvrdá čísla. V případě opatření připojení na ČOV je hodnocena redukce v původním profilu. Přírodě blízká opatření (revitalizace a mokřady na vodních tocích) jsou hodnocena subjektivně a hodnocení se pohybuje nejčastěji mezi 2 a 3 body. Revitalizace a mokřady navrhované na malé ploše, nebo na úsecích toku s vyšším podélným sklonem či v sevřených profilech byla hodnocena 1 bodem. Revitalizace Hamerského potoka se naopak s ohledem na původní trasu toku jeví jako velmi efektivní a dostala hodnocení 4 body. Posílení kapacit externích vod je hodnoceno 2 body. Opatření z kategorie hospodaření s vodou ve větších městech jsou také hodnocena subjektivně. Posudky OK jsou hodnoceny 2 body, protože samotný posudek ještě zlepšení nepřinese, zasakování dešťových vod je hodnoceno 3 body. Je očekáváno výrazné zlepšení, ale kvantifikovat uvedená opatření na úbytek množství P_{celk} v tuto chvíli nelze.

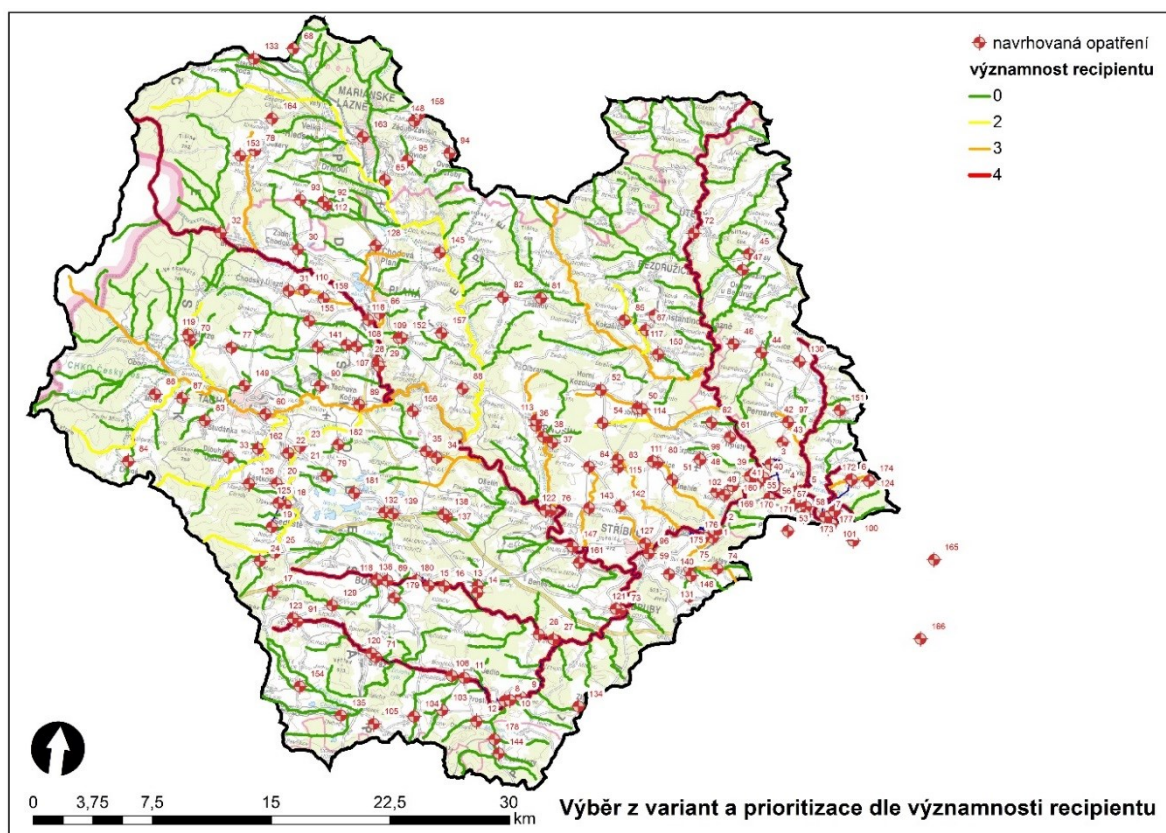
Kritérium retence fosforu v povodí

Této problematice se hlouběji věnuje popis jakostního modelu v kapitole 3. Zde postačí stručně uvést základní myšlenku. Obecně platí, že opatření navrhovaná blíže k nádrži nebo hlavnímu přítoku mají být hodnocena lépe, protože větší část vypouštěného fosforu se v krátké době dostane do nádrže. Delší cesta vypouštěného fosforu od zdroje k nádrži znamená, že část fosforu je v povodí zadržována. Přístup k této problematice je předmětem řady výzkumných úkolů (Hejzlar et. al. 2009, Hejzlar et al. 2010, Sýkora et. al. 2012, Hanák, Ryšavý 2015, Rosendorf et. al. 2017). V dlouhodobé perspektivě, například z pohledu roční bilance ale nejde o ztráty (fosforu) trvalé a fosfor krátkodobě zachycený v povodí nakonec do nádrže stejně doputuje. Určitým přínosem může být, že nemusí doputovat v době růstu sinic.

Opatření jsou škálována podle významnosti vodního toku, který je jejich recipientem. Obecně platí že významnost klesá s řádem vodního toku, i zde byli v některých případech aplikovány výjimky. V kapitole 1 a 2 byly určeny vodní toky, které jsou z tohoto pohledu významné. Jakostní model tyto předpoklady dále potvrdil. Například Kosový potok se svou vysokou samočisticí schopností je hodnocen

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

2 body, zatímco výše ležící Hamerský potok má 4 body. Níže je na přehledné mapě povodí zobrazeno použité hodnocení významnosti vodních toků.



Obr. 4.8-1 Významnost vodního toku z pohledu vnosu do nádrže

Kritérium nákladové efektivity

Kritérium vychází z jednoduchého podílu celkových investičních nákladů a prvního kritéria odstranění P_{celk} za rok. Jednotkou je tis Kč/rok/1kg P_{celk} . Pro většinu hodnocených opatření bylo možné vycházet z přesně stanovených hranic. Do 10 tis. Kč hodnoceno 4 body, od 10 do 50 tis. Kč hodnoceno 3 body, od 50 do 200 tis. Kč hodnoceno 2 body, od 200 do 500 tis. Kč hodnoceno 1 bodem. Opatření nad 500 tis Kč/ P_{celk} /rok jsou hodnocena 0 body.

I toto kritérium vyžadovalo v některých případech subjektivní přístup. Ten logicky vychází z nejistot popsanych u kritéria úbytku fosforu. U opatření revitalizace nebo mokřad bylo hodnoceno 2 nebo 3 body podle výše investičních nákladů s přihlédnutím k dosaženému hodnocení u prvních kritérií. Hospodaření na rybnících bylo hodnoceno 3 body, a to s ohledem na nejistotu, která u tohoto opatření panuje. V případě připojení na jinou ČOV je hodnocení vztaženo k redukci v původním profilu. Využití jímek bylo hodnoceno 2 body.

Kritérium realizovatelnosti

Jde o nejméně subjektivně hodnocenou oblast. Přihlíženo bylo k celkové náročnosti realizace. Opatření s minimem investičních akcí, jako jsou modernizace ČOV nebo zvýšení účinnosti ČOV, jsou hodnocena 4 body. Hodnocení 3 nebo 2 body dosahuje většina ostatních opatření s přihlédnutím k ochotě obce řešit svou VH infrastrukturu. Na toto byly obce dotazovány v dotaznících, případně lze tuto informaci vyčíst z PRVK. Nízké hodnocení 1 bodem dosahuje posílení kapacit externích vod.

Technologicky jde o značnou komplikaci procesu čištění OV, v některých případech by takové řešení bylo na hranici technických i prostorových možností vybraných čistíren.

4.8.2 Výběr a etapizace opatření

Výsledné hodnocení ze všech čtyř kritérií pomohlo rozhodnout ve variantních případech a tím vytvořit celkový soubor 174 opatření. Hodnotící kritéria byla dále použita, aby v tomto souboru pomohla vybrat opatření, která je vhodné realizovat s nejvyšší prioritou. Tomu slouží dělení do etap. Etapa 1 byla přibližně vymezena podmínkou dosažení 11 bodů v celkovém hodnocení. Etapa 2 přibližně odpovídala výsledku 9 nebo 10 bodů. Nižší hodnocení než 8 bodů zařadilo opatření do etapy 3. Výjimku tvořila opatření, která jsou buďto závislá na realizaci jiného opatření, nebo ještě lépe ta opatření, na jejichž realizaci závisí realizace jiného opatření. Typicky jde o připojení na ČOV.

Tab. 4.8-1 Výsledný výběr opatření a doporučení priority realizace

typ opatření	etapa 1	etapa 2	etapa 3	
Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	43	30	33	106
ČOV	3	4	1	8
kanalizace a ČOV	5	6	8	19
modernizace ČOV	17	4	1	22
modernizace ČOV a kanalizace	3	2	4	9
připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace	3	1	8	12
zvýšení účinnosti ČOV	5	0	0	5
připojení na ČOV	7	13	11	31
Opatření přírodě blízká	13	5	3	21
mokřad s vertikálním půdním filtrem	5	3	1	9
revitalizace nebo mokřad	8	2	2	12
Hospodaření s vodou ve větších sídlech	10	10	4	24
vyjadřovací činnost vodoprávního úřadu	1	0	0	1
posouzení odlehčovací komory	7	2	0	9
generel odvodnění	1	0	0	1
úprava odlehčovací komory	1	0	0	1
zasakování dešťových vod	0	8	0	8
Opatření na rybnících	8	0	0	7
hospodaření na rybnících	8	0	0	7
Individuální zdroje	2	9	3	13
posílení kapacit externích vod	2	2	1	4
vyvážení jímk	0	7	2	9
Monitoring	1	0	0	1
celkem	77	54	43	174

4.8.3 Náklady na realizaci opatření

Odhad nákladů byl součástí hodnotících kritérií. Opatření vybraná k realizaci vyvolávají investiční náklady souhrnně vyjádřené v následující tabulce. V kapitole č. 4.7 odhad nákladů navrhovaných opatření bylo popsáno, z jakých zdrojů bylo vycházeno při odhadu nákladů. Přestože je snaha vycházet z co nejaktuálnějších zdrojů současný vývoj cen ve stavebnictví vede k rychlému růstu. V horizontu příštích let lze očekávat zvýšení odhadovaných cen až o 30%.

Tab. 4.8-2 Odhad investičních nákladů na opatření v etapách dle priority realizace

náklady na opatření v jednotlivých etapách	etapa 1 [tis Kč]	etapa 2 [tis Kč]	etapa 3 [tis Kč]	
Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	257 500	275 530	277 890	810 920
ČOV	23 980	21 280	3 950	49 210
kanalizace a ČOV	83 360	65 830	67 720	216 910
modernizace ČOV ¹⁰	59 150	12 990	9 150	81 290
modernizace ČOV a kanalizace	1 500	25 060	14 580	41 140
připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace ¹¹	1 000	29 350	43 600	73 950
zvýšení účinnosti ČOV ¹²	0	0	0	0
připojení na ČOV	88 500	115 760	138 880	343 140
Opatření přírodě blízka	158 910	34 630	15 480	209 020
mokřad s vertikálním půdním filtrem	12 150	21 930	6 280	40 360
revitalizace nebo mokřad	146 770	12 700	9 200	168 670
Hospodaření s vodou ve větších sídlech	4 750	19 360	4 890	29 000
vyjadřovací činnost vodoprávního úřadu	0	0	0	0
posouzení odlehčovací komory	3 500	1 400	0	4 900
generel odvodnění	500	0	0	500
úprava odlehčovací komory	750	0	0	750
zasakování dešťových vod	0	17 960	4 890	22 850
Opatření na rybnících	14 480	0	0	14 480
hospodaření na rybnících	14 480	0	0	14 480
Individuální zdroje	22 420	62 750	13 080	98 250
posílení kapacit externích vod	22 420	62 750	13 080	98 250
vyvážení jímk	0	0	0	0
Monitoring	0	0	0	0
celkem	458 060	392 270	311 340	
Odhad při zvýšení cen stavebních prací o 30%	595 478	509 951	404 742	

¹⁰ V závorce jsou uvedeny odhady na zvýšení provozních nákladů

¹¹ V závorce je uvedena cena za přípojky

¹² V závorce jsou uvedeny odhady na zvýšení provozních nákladů

4.8.4 Náklady v nejbližším období

Opatření, která byla navržena a doporučena k realizaci mohou být postupně realizována. Na začátku této části věnované návrhům opatření bylo zdůrazněno, že převážná většina opatření je založena na principu dobrovolnosti, opatření kromě finanční stránky zatěžují obce také administrativně. Není důvod se domnívat, že opatření budou v dotčených obcích vždy vítána. Chce-li Plzeňský kraj zajistit co možná nejvyšší realizovatelnost, musí obce vhodným způsobem pobídnout. V nejbližším období pak podpořit předprojektovou přípravu.

V tabulce níže jsou představeny součty nákladů na předprojektovou přípravu nebo monitoring a zpracování projektových dokumentací pro územní řízení (DUR) a dokumentací pro vydání stavebního povolení (DSP) v nejbližším období. Pro odhad nákladů na DUR a DSP bylo použito sazebníku pro navrhování orientačních nabídkových cen projektových a inženýrských činností Unika 2017. Náklady na průzkumné práce a monitoring byly určeny analogicky podle prací zhotovitele na obdobných projektech v poslední době. Mezi náklady na projektové a průzkumné práce jsou započteny také posudky odlehčovacích komor a další monitoring ve vybraných profilech v povodí

Tab. 4.8-3 Náklady na projektové a průzkumné práce dle priority realizace

náklady v nejbližším období	etapa 1 [tis Kč]			etapa 2 [tis Kč]			etapa 3 [tis Kč]			
	DUR	DSP	ostatní	DUR	DSP	ostatní	DUR	DSP	ostatní	
typ opatření										
Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	4 900	4 720	890	4 750	4 673	590	3 460	3 700	520	28 203
ČOV	610	420	50	680	460	130	118	80	20	2 568
kanalizace a ČOV	1 890	1 290	260	1 780	1 210	210	1 934	1 300	260	10 134
modernizace ČOV	530	1 480	410	430	660	60	371	710	40	4 691
modernizace ČOV a kanalizace	0	150	0	810	1 630	80	50	1 040	40	3 800
připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace	50	50	20	550	370	50	984	570	150	2 794
zvýšení účinnosti ČOV	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100
připojení na ČOV	1 820	1 240	150	500	340	60	0	0	20	4 130
Opatření přírodě blížká	1 500	1 090	650	540	388	70	220	160	40	4 658
mokřad s vertikálním půdním filtrem	260	250	50	390	270	50	90	60	10	1 430
revitalizace nebo mokřad	1 240	840	600	160	120	20	129	100	30	3 239
Hospodaření s vodou ve větších sídlech	300	100	3 500	0	0	1 400	0	0	0	5 300
vyjadřovací činnost vodoprávního úřadu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
posouzení odlehčovací komory	150	50	3 500	0	0	1 400	0	0	0	5 100
generel kanalizace	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
úprava odlehčovací komory	150	50	0	0	0	0	0	0	0	200
zasakování dešťových vod	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Opatření na rybnících	960	400	130	0	0	0	0	0	0	1 490
hospodaření na rybnících	960	400	130	0	0	0	0	0	0	1 490
Individuální zdroje	620	420	20	2 250	1 170	170	590	300	20	5 560
posílení kapacit externích vod	620	420	20	1 210	820	170	291	200	20	3 771
vyvážení jímk	0	0	0	1 050	350	0	299	100	0	1 799
Monitoring	0	0	60	0	0	0	0	0	0	60
celkem	8 280	6 730	5 250	7 540	6 231	2 230	4 270	4 160	580	

4.8.5 Efekt opatření

Efekt navržených opatření doporučených k realizaci byl posouzen modelem v etapě III. Model udává výsledky s ohledem na degradaci fosforu v povodí. Z dlouhodobého hlediska je retence fosforu v povodí méně významná, protože s výjimkou fosforu biologicky vázaného, není retence trvalá. Ve skutečnosti ani fosfor biologicky vázaný není z koloběhu definitivně odstraněn. V kapitole popisující hodnotící kritéria byl popsán úbytek fosforu jako jeden z hlavních parametrů hodnocení opatření. Níže je v tabulce uveden souhrnem úbytku fosforu vlivem realizace opatření po etapách. U některých typů opatření je redukce fosforu zatížena větší či menší mírou nejistoty (viz kapitola č. 4.8.1), u většiny opatření hlavně na VH infrastruktuře lze ale redukci fosforu vyjádřenou v kg/rok odhadnout poměrně přesně.

Tab. 4.8-4 Odhad redukce fosforu vlivem realizace opatření

typ opatření	etapa 1 [kg/rok]	etapa 2 [kg/rok]	etapa 3 [kg/rok]	celkem
Opatření na vodohospodářské infrastrukturu	4 969	760	434	6 162
ČOV	245	176	22	443
kanalizace a ČOV	191	195	204	590
modernizace ČOV	2254	177	29	2 002
modernizace ČOV a kanalizace	205	138	65	407
připojení obyvatel nebo dostavba kanalizace	296	73	115	484
zvýšení účinnosti ČOV	1354	0	0	1 812
připojení na ČOV	424	0	0	424
Opatření přírodě blízká	99	54	0	153
mokřad s vertikálním půdním filtrem	99	54	0	153
revitalizace nebo mokřad ¹³	0	0	0	0
Hospodaření s vodou ve větších sídlech	1 151	507	100	1 758
vyjadřovací činnost vodoprávního úřadu	134	0	0	134
posouzení odlehčovací komory	750	86	0	836
generel odvodnění	134	0	0	134
úprava odlehčovací komory	134	0	0	134
zasakování dešťových vod	0	421	100	521
Opatření na rybnících	0	0	0	0
hospodaření na rybnících	0	0	0	0
Individuální zdroje	40	94	19	153
posílení kapacit externích vod	40	94	19	153
vyvážení jímek	0	0	0	0
Monitoring	10	0	0	10
celkem	6 269	1 415	552	

¹³ Revitalizace nelze ze své podstaty porovnávat s opatřením zaměřeným na bodový zdroj, korektní kvantifikace nelze za současné úrovně poznatků a pozorování z terénu provést, očekává se obecně pozitivní dopad opatření

IV. Návrh opatření a odhad jejich vlivů na vstup nutrientů do VD Hracholusky

Jak bylo výše zmíněno, některá opatření nesou při odhadech větší či menší míru nejistoty. Obecně je téměř nemožné vyčíslit v prezentované jednotce (Kg/rok P_{celk}) účinek revitalizací, tento poznatek se zatím spíše pohybuje v rovině výzkumných úkolů. Právě tak opatření na rybnících je možné vyčíslit pouze za předpokladu detailní znalosti bilance v rybnících, ta může být doplněna po dalším pozorování v navržených profilech monitoringu. Konečně opatření na individuálních zdrojích (zde zahrnuje výhradně řešení posílení kapacit externích vod a vyvážení jímek), zde je velmi problematické vyčíslit redukci fosforu kvůli již zmiňovaným nejistotám. Není přesně znám počet obyvatel rekreačních osad, roční vytiženosť rekreačních objektů ani způsob likvidace odpadních vod. Hlavní obtíž ale spočívá v tom, že současný stav, kdy se předpokládá hlavní způsob nakládání s OV jímka, je z hlediska vnosu fosforu do nádrže poměrně příznivý. Ani nedovolené nakládání, jako například odtok netěsným dnem, nemusí pro vnos fosforu do nádrže představovat riziko a v konečných číslech je tedy současná produkce fosforu z individuálních zdrojů poměrně nízká. Celkový dopad na životní prostředí ale není příznivý, neboť mohou být kontaminovány podzemní vody a není ani příliš etický, protože ponechat kolem nádrže status quo, zatímco v povodí je řešen téměř každý zdroj znečištění, jednoduše nejde. Návrhem opatření, ať již vybudováním VH infrastruktury nebo posílením kapacit externích vod situaci zlepšíme z celkového pohledu správného nakládání s odpadní vodou, v celkové bilanci ale nedojde k výraznému snížení vnosu P_{celk} do nádrže. Redukce P_{celk} se tak pohybuje okolo nuly, v některých případech může dokonce být i mírně záporná.

4.9 Realizovatelnost a financování opatření

Opatření navrhovaná ve studii zahrnují prvky vodohospodářské infrastruktury, které v České republice získávají podporu z několika dotačních programů. Nejznámější jsou programy podpory Ministerstva zemědělství (MZe), dále podpora z Operačního programu Životní prostředí (OPŽP), nebo národní fondy Státního fondu životního prostředí ČR (SFŽP ČR).

4.9.1 Dotační programy MZe

Dotační programy MZe jsou zaměřeny na obor vodovodů a kanalizací, na obnovu, odbahnění a rekonstrukce rybníků a výstavbu vodních nádrží, na odstranění následků povodní na státním vodohospodářském majetku, na stavby na ochranu před povodněmi, na ostatní opatření ve vodním hospodářství a na dotace pro majetkoprávní vypořádání majetku, dotčeného realizací vodohospodářsky významných vodních děl na základě usnesení vlády. K podpoře výstavby kanalizací a čistíren odpadních vod za účelem odkanalizování a zajištění potřebné úrovně čištění odpadních vod je určen podprogram 129 303.

Z programu jsou podporovány následující akce relevantní pro opatření navrhovaná ve studii

- výstavbu, dostavbu, modernizaci a intenzifikaci čistíren odpadních vod (dále jen ČOV), v obcích minimálně pro 50 obyvatel, kde po realizaci budou splněny ukazatele jakosti vypouštěné vyčištěné vody stanovené příslušným vodoprávním úřadem (v případě budování nové ČOV musí být v rámci akce zajištěno napojení minimálně 50 % obyvatel obce) (,
- výstavbu hlavních kanalizačních sběračů, kanalizační sítě a souvisejících objektů spojenou s výstavbou ČOV podle předchozího bodu,
- dostavbu kanalizačních systémů a souvisejících objektů (vyjma ČOV) minimálně pro 50 obyvatel, za předpokladu, že odpadní vody budou odváděny a následně čištěny na již existující, kapacitní a vyhovující ČOV
- odstranění volných výustí realizací komplexního opatření řešícího odkanalizování obce nebo místní (městské) části spojené s výstavbou ČOV podle bodu d) toho článku nebo za předpokladu, že odpadní vody budou odváděny a následně čištěny na již existující, kapacitní a vyhovující ČOV.

Financování z programů MZe má následující pravidla:

- při spolufinancování opatření z jiných Programů a fondů nutný souhlas MZe.
 - maximální výše dotace je 50 mil. Kč,
 - maximální uznatelné náklady se pro výpočet dotace stanoví tak, že na 1 připojeného trvale hlášeného obyvatele nepřekročí 80 tis. Kč bez DPH,
- celková výše nevratné podpory poskytnutá ze všech zdrojů zúčastněných na spolufinancování akce nepřekročí 80 % uznatelných nákladů,
 - podpora se poskytuje na základě počtu trvale hlášených obyvatel (k 31. 12. roku předcházejícího roku) s tím, že
 - pokud je žadatelem obec do 300 obyvatel, je dotace stanovena ve výši 70 % z uznatelných nákladů,
 - pokud je žadatelem obec s počtem obyvatel v rozmezí 301 až 500, je dotace stanovena ve výši 65 % z uznatelných nákladů,
 - pokud je žadatelem obec s počtem obyvatel v rozmezí 501 až 1000, je dotace stanovena ve výši 60 % z uznatelných nákladů,
 - pokud je žadatelem obec s více než 1000 obyvateli, je dotace stanovena ve výši 55 % z uznatelných nákladů,

- pokud je žadatelem vodohospodářská akciová společnost, je dotace stanovena ve výši 50 % z uznatelných nákladů.
- V případě, že žadatelem je svazek obcí, stanoví se výše dotace podle velikosti obce, v níž dochází k realizaci akce.

4.9.2 Dotační programy OPŽP

Hlavním dotačním programem v České republice je pak Operační program Životní prostředí, který v programovém období 2014 – 2020 v rámci Prioritní osy I podporoval oblast čistoty vody. Oblast podpory 1.1 byla zaměřená na snížení množství vypouštěného znečištění do povrchových i podzemních vod z komunálních zdrojů a vnos znečišťujících látek do povrchových a podzemních vod.

Typy podporovaných projektů jsou v aktuálním programovém období:

- výstavba kanalizace za předpokladu existence vyhovující čistírny odpadních vod v aglomeraci, výstavba kanalizace za předpokladu související výstavby, modernizace a intenzifikace čistírny odpadních vod včetně decentralizovaných řešení likvidace odpadních vod (domovní čistírny odpadních vod nebudou podporovány),
- výstavba, modernizace a intenzifikace čistíren odpadních vod,
- odstraňování příčin nadměrného zatížení povrchových vod živinami (eutrofizace vod) – podporovaná zejména u vodárenských nádrží, nádrží koupacích vod a na přítocích do těchto nádrží.

Příjemci podpory pak mohou být:

- Kraje
- Obce a města
- Svazky obcí
- Městské části hl. m. Prahy
- Organizační složky státu
- Státní podniky
- Státní organizace
- Příspěvkové organizace
- Obchodní společnosti a družstva

V současné době není zveřejněná ani plánovaná výzva z této oblasti podpory. Nyní je postupně připravován další navazující Operační program Životní prostředí pro období 2021+.

4.9.3 Dotační programy Plzeňského kraje

Z hlediska další realizace opatření navržených v této studii se předpokládá silná podpora přímo z Plzeňského kraje. Kraj vypisuje každý rok řadu dotačních titulů. Níže jsou představeny některé dotační tituly vypsání v roce 2018. Při tvorbě pravidel pro žadatele a příjemce uvedených dotačních titulů bude v následujících letech přihlédnuto k výstupům Studie na zlepšení jakosti ve vodním díle Hracholusky a navržená opatření budou při hodnocení projektů bodově zvýhodněna, příp. bude navržen samostatný dotační program, týkající se dotčené oblasti povodí VN Hracholusky.

Dotační program variantní studie odkanalizování obcí

Účelem dotačního programu je podpora zpracování studie variantního odkanalizování všech místních částí obce, která má obci napomoci nalézt optimální variantu řešení odkanalizování všech jejích místních částí.

Studie musí zahrnovat popis stávajícího stavu, všechny relevantní varianty odkanalizování všech místních částí obce s vyčíslením investičních a provozních nákladů a předběžné kalkulace stočného u každé varianty. U každé varianty musí být zpracováno schéma hlavních tras kanalizace a objektů se zakreslením do katastrální mapy. Studie musí být projednána s vodoprávním úřadem, správcem povodí a vodního toku a také s krajským úřadem. Závěr studie musí obsahovat doporučení zhotovitele k výběru optimální varianty odkanalizování a postup dalších kroků k realizaci.

Zpracovaná studie je podkladem pro aktualizaci Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje.

Podpora zpracování studie je v souladu s ustanovením § 4 odst. 1 a 2 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, ve kterém se uvádí, že plán rozvoje vodovodů a kanalizací musí být hospodárný a musí obsahovat technicky nejvhodnější řešení.

Objem finančních prostředků pro tento dotační program na rok 2018 činil 600 000 Kč. Výše dotace byla max. 70 % uznatelných nákladů na zpracování studie, maximálně však 25 000 Kč.

Dotační program podpora zpracování projektových dokumentací – vodohospodářská infrastruktura

Účelem dotačního programu je podpora zpracování dokumentace k záměrům na výstavbu vodohospodářské infrastruktury (vodovodů a vodárenských objektů, kanalizací a čistíren odpadních vod pro veřejnou potřebu) nebo případně na rekonstrukci (pokud se jedná o skutečné zhodnocení vodohospodářské infrastruktury, nikoli běžnou opravu) stávající vodohospodářské infrastruktury.

Dotace je poskytována formou investiční účelové dotace na vypracování projektové dokumentace v rozsahu vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění pozdějších předpisů. Dotace je určena pouze na projektovou činnost. Z dotace nebylo možné hradit inženýrskou činnost.

Celkový objem finančních prostředků alokovaných pro tento dotační program v roce 2018 činil 2 000 000 Kč. Maximální výše dotace byla 50 % uznatelných nákladů na zpracování projektové dokumentace, a to do výše 200 000 Kč.

Dotační program vodohospodářské infrastruktury 2018

Účelem dotačního programu je podpora výstavby zejména nové vodohospodářské infrastruktury sloužící veřejné potřebě formou investiční účelové dotace v rámci schváleného rozpočtu Plzeňského kraje na daný rok za účelem plnění schváleného Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje a Programu rozvoje Plzeňského kraje – Specifického cíle 6.1 – Zajistit ekonomicky efektivní a bezpečnou vodohospodářskou infrastrukturu s cílem zvýšit úroveň vybavenosti sídel, zlepšovat kvalitu vod jako významné složky životního prostředí, dosáhnout standardů EU v oblasti čištění odpadních vod a zlepšovat kvalitu zásobování obyvatel pitnou vodou (dále jen „dotace“). Podpora výstavby vodohospodářské infrastruktury je v souladu s ustanovením § 1 odst. 2 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, ve kterém se uvádí, že vodovody a kanalizace pro veřejnou potřebu se zřizují a provozují ve veřejném zájmu.

Dotace byla poskytována formou investiční účelové dotace, a to v oblasti ochrany vod na výstavbu, rekonstrukci a modernizaci čistíren odpadních vod a kanalizací zejména pro veřejnou potřebu. Druhou oblastí je zásobování obyvatel pitnou vodou.

Mezi uznatelné náklady z poskytnuté dotace patřily v roce 2018 náklady bezprostředně související s těmito akcemi:

- výstavba, rekonstrukce (technické zhodnocení) a modernizace čistíren odpadních vod, nebo zajištění přiměřeného čištění odpadních vod, včetně zavedení odstraňování dusíku a fosforu nebo vhodného řešení kalového hospodářství, výstavba převážně nových kanalizačních

systémů a dostavba kanalizací pro veřejnou potřebu tam, kde je zajištěno přiměřené čištění odpadních vod,

- výstavba kanalizace pro veřejnou potřebu v souvislosti s výstavbou nebo rekonstrukcí pozemní komunikace,
- úprava povrchů provedená v nezbytném rozsahu a šířce, která je bezprostředně nutná jako přímý důsledek výkopových prací v souvislosti s realizací akce.

Celkový objem finančních prostředků určených pro tento dotační program činil v roce 2018 celkem 67 000 000 Kč. Výše dotace dosahovala max. 70 % ceny uznatelných nákladů akce, až do výše maximálně 5 mil. Kč. Všechna navrhovaná opatření musí být v souladu s řešením v Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje.

Maximální částka podpory včetně již poskytnutých investičních dotací pro rozvoj vodohospodářské infrastruktury z rozpočtu Plzeňského kraje se vztahuje u akcí v oblasti ochrany vod na celkové řešení odkanalizování obyvatel obce, přičemž na výstavbu kanalizace a na výstavbu nebo intenzifikaci ČOV (včetně odstraňování dusíku a fosforu a kalového hospodářství) a činila max. 10 mil. Kč. Výjimkou může být řešení, kdy jednotlivé místní části obce jsou dle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Plzeňského kraje řešeny samostatnými systémy.

4.9.4 Role studie v procesu plánování v oblasti vod

Česká republika se vstupem do evropského společenství zavázala plnit podmínky Rámcové směrnice o vodách /2000/60/ES (RSV). Ty jsou implementovány do českého prostředí prostřednictvím Hlavy IV vodního zákona. Požadavky RSV jsou pak fakticky naplňovány v takzvaných plánech povodí. Přičemž plány povodí zahrnují 3 úrovně. Nejvyšší je mezinárodní a předpokládá spolupráci členských států. Na úrovni ČR jsou pak zpracovávány národní plány povodí, pro 3 úmoří, která se na území ČR vyskytují. Nejmenší jednotkou, ale zároveň tou nejdůležitější z pohledu návrhu opatření k dosažení dobrého stavu vodních útvarů jsou plány dílčích povodí (PDP). V případě povodí nádrže Hracholusky je relevantní Plán dílčího povodí Berounky, který podle zákona spolu pořizují Povodí Vltavy, s.p. a kraje Plzeňský, Karlovarský, Středočeský a Jihočeský.

Z hlediska dalšího vývoje opatření navržených v této studii je velmi důležité, aby se Plzeňský kraj skutečně aktivně zapojil do procesu návrhu PDP. Zpracováním Studie jakosti vod ve vodním díle Hracholusky disponuje unikátním materiálem, který umožní navrhnout opatření ve vysoké míře podrobnosti se zacílením na hlavní příčiny vnosu znečištění do nádrže. Je nutné, aby krajský úřad prosazoval opatření navržená v této studii do katalogu opatření, který bude v rámci PDP vytvořen. Zařazením do programu opatření se výrazně zvyšuje šance na získání podpory v rámci dotačních titulů.

5 ZÁVĚRY A VYHODNOCENÍ

Studie jakosti vod na vodním díle Hracholusky přinesla řadu poznatků, které je potřeba implementovat do dalších navazujících akcí. Monitorovací kampaň ukázala, že problémem v povodí je především fosfor, a to jak v celkové formě, tak ve formě fosforečnanů. Mnohem méně významný se ukázal dusík. Máme-li tento poznatek kvantifikovat, můžeme použít Metodiku hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu vodních útvarů povrchových vod tekoucích[1], podle které dosahuje většina profilů pravidelného monitoringu hodnocení střední stav (tedy 3. z 5 stupňů) u fosforu, u dusičnanového dusíku je mnohem častěji hodnoceno stupněm dobrý, jen 4 profily jsou ve stavu středním. Dlouhodobý vývoj zaznamenal období konstantního poklesu koncentrací fosforu i dusíku ve Mži v devadesátých letech, kdy byly provedeny nejdůležitější investiční akce na VH infrastrukturu. Po roce 2000 se již další snižování koncentrací dělo jen velmi mírně. V případě fosforu v profilu *Mže - Stříbro* se limitně blíží koncentraci 0,1 mg/l. Bohužel dlouholetý kontinuální přítok fosforu do nádrže na úrovni okolo 0.25 mg/l vytvořil na fosfor bohatý sediment, který je možno nazývat starou ekologickou zátěží.

Vliv sezonality na koncentrace fosforu a dusíku v hlavních přítocích do nádrže popsany v kapitole 2.3 poukázal na komunální zdroje, jakožto na hlavní zdroj fosforu v povodí. V případě plošných zdrojů pak potvrdil jejich význam pro vnos dusíku. Stejně závěry lze najít v řadě jakostních studií větších i menších povodí v ČR, které jsou popsány v kapitole 4.2. Detailní znalost užívání vod v sídlech, získaná během dotazníkové kampaně pomohla kvantifikovat hlavní zdroje fosforu v povodí. Celkový vnos fosforu do povodí od uživatelů vody byl vyčíslen přibližně na 22 t ročně za referenční období 2012 až 2017. Během referenčního období ale došlo k náběhu některých opatření (nové čistírny, srážení fosforu), předpokládán velký význam má také omezení fosfátových prostředků do myček nádobí. Tyto změny provedené během referenčního období byly reflektovány v takzvaném současném stavu, který vnos fosforu do povodí odhaduje na nižší úrovni asi 17 t ročně. Analýza dat od uživatelů poukázala na význam odlehčovacích komor, jakožto zdroje fosforu. Za použití dat o uživatelích vody a dat o přítocích na čistírny, byly vypočteny odhadované vnosi fosforu do recipientů mimo ČOV, v případě některých sídel i velmi významné v řádu stovek kg fosforu ročně. Zachycené srážkové události popsane v kapitole 2.1 tento předpoklad potvrdily. Z hlediska studií jakosti povodí nádrží často diskutované téma odlehčovacích komor získalo ve výstupech této studie unikátní a důležitá data.

Hustota sítě mimořádného monitoringu pomohla sestavit podélné profily koncentrací i látkových odtoků hlavních přítoků. Ty jsou prezentovány v kapitole 2.3.3. Tyto výstupy jsou sice zatíženy nejistotou, která vychází z krátkého období pozorování, přesto jde o velmi užitečné a především přehledné screeniny povodí které také pomohly nasměrovat návrh opatření tam, kde je ho nejvíce potřeba.

Jako problematické se ukázaly rybníky, a to nejen z hlediska vnosu fosforu do povodí, ale obecně z hlediska monitoringu a celkové bilance živin. Bilance živin v rybnících, vypočtená podle dat dodaných provozovateli rybníků, poukazuje na výrazný redukční potenciál rybníků. Vyčísluje celkovou bilanci na téměř - 1400 kg ročně. Data měřená na odtoku nebo i hladinách vybraných rybníků ale tento závěr nepotvrzují. Naopak ukazují, že některé rybníky fosfor do povodí prokazatelně vnášejí. Jednoznačně ukázat na původ znečištění v rybnících stále nelze. Zkušenosti z jiných studií říkají, že provozovatelé rybníků označují za původce znečištění komunální zdroje, anebo zemědělství. Jednoznačnou odpověď může přinést jedině důsledný pravidelný monitoring nejen na odtocích, ale také na přítocích problematických rybníků. Mimořádnou pozornost je potřeba věnovat hlavně spodním rybníkům soustav.

Vlastní vývoj koncentrací v nádrži ukázal jako eutrofně nejrizikovější horní část nádrže kolem Butova, kde se projevuje vliv přítoku Mží. Tento závěr je detailně rozepsán v kapitole 2.2.7. Dále lze rozlišit kaňonovitou oblast chráněnou před větrem (profily/lokality Dlouhá míle, Železniční most a Mezi mosty), kde sice dochází ke snižování obsahu fosforu v povrchových vrstvách vody, ale rozvoj rekreačně rizikového fytoplanktonu, zejména sinic, je stále velmi vysoký, a to zejména ve druhé polovině léta. Dolní, tzv. jezerní část nádrže se co do koncentrací sloučenin fosforu pohybuje blízko hranice 0,02 mg/l⁻¹, která je považována za mezní pro masový rozvoj sinicových vodních květů. Přitom právě dolní část nádrže je, co do využití individuální rekreací, velmi vytížená. Zde najdeme rozlehlé a hustou chatovou zástavbou pokryté oblasti jako Rájov nebo Techoděly. Podle analýzy uživatelů jsou chatové oblasti kolem nádrže zdrojem přibližně 300 až 400 kg fosforu ročně. Toto číslo je ale zatížené značnou nejistotou. Více než kdekoli jinde v povodí se kvantifikace vnášeného fosforu opírala o odhady co do počtu obyvatel, času tráveného v rekreačních objektech a v neposlední řadě způsobu nakládání s odpadní vodou. Pozorování i monitoring přímo v nádrži ani na přítocích z chatových oblastí významný podíl individuální rekreace na eutrofizaci nádrže spíše nepotvrdily. Určitý význam může mít transport živinového znečištění z netěsných jímek horninovým prostředím, k vyřešení této hypotézy by bylo potřeba zpracovat jiný druh studie, zaměřený na hydrauliku podzemních vod.

Mapy koncentrací a látkových toků pro referenční období, zpracované v etapě III, představují vhodný podklad pro doplnění a optimalizace měřicí sítě jakosti vod, zejména na menších tocích. Dále doporučujeme ověřit věrohodnost dat v profilech 8401 – Hamerský p. Červený Mlýn, 8402 – Kosový p. Chotěnov a 3057 – Kosový p. Dolní Kramolín.

Vzhledem ke zjištěním ze zachycených epizod může množství fosforu, protékající při těchto ohraničených epizodách, tvořit významnou část celoroční bilance. Vzhledem k současné frekvenci odběru vzorků ve většině profilů (12x za rok) nejsou tyto epizody obvykle zachyceny. Doporučujeme provést zhuštěné měření koncentrací P_{celk} ve vybraných profilech tak, aby bylo možno tento podíl věrohodně kvantifikovat (jak s ohledem na oddělovací komory kanalizačních systémů, tak ve vybraných profilech na vodních tocích).

Na vybraných rybnících různých stupňů trofie by bylo vhodné provést opakované pravidelné vzorkování tak, aby bylo možno výsledky (odhad bilance dusíku a fosforu) zobecnit.

Jedním ze závěrů etapy III je doporučení pokusit se sestavit model proudění a transportu živin v nádrži, včetně popisu základních procesů spojených s eutrofizací a zhoršenými podmínkami v nádrži. To povede k lepšímu pochopení faktorů, které vedou k těmto problémům. To je základem ke kvalifikovanému rozhodnutí o případných opatřeních přímo v nádrži.

Výše popsané závěry analytické části byly použity pro cílený návrh opatření. Snahou bylo řešit problém komplexně. Byl použit subjektivní přístup ke každému opatření, například bylo přihlíženo k charakteru zástavby, přítomnosti vodního toku, existenci kanalizace, nejen k velikosti obce. Vedle standardních opatření na VH infrastrukturu, jako výstavba ČOV a kanalizací, byla navrhována také opatření pro zlepšení samočisticích funkcí vodních toků. Jako velmi efektivní opatření mohou být realizovány modernizace ČOV spočívající v doplnění technologie na srážení fosforu i u menších komunálních čistíren. Právě tak u čistíren, kde se již srážení fosforu provozuje, ale jeho účinnost je nízká, je možné navrhnout poměrně levné opatření zvýšení účinnosti. Veškerá opatření na VH infrastrukturu jsou založena na důležitém předpokladu odstraňování fosforu s co nejvyšší účinností (nad rámec platné legislativy). To však není možné nijak vymáhat a jedná se pouze o dobrovolnou aktivitu. Kraj ale může vhodným nastavením dotačních podmínek ve vlastních dotačních programech požadovat srážení fosforu jakožto podmínku příjmu podpory.

Problematika odvodnění větších měst je velmi složitá, je však nutné zaměřit se zejména na tato opatření. Vhodný začátek je monitoring odlehčovacích komor, získání detailní znalosti jejich hydraulické

funkce a zpřesnění odhadů vnosu znečištění postupně z každé jednotlivé komory. Další opatření mohou navazovat. Některé odlehčovací komory bude možné upravit a zlepšit tak odlehčovací poměr, jinde bude nutné zapracovat na hospodaření s dešťovou vodou ve městech. Právě toto opatření je zde vhodné zdůraznit, protože může zapadnout v množství navržených čistíren a kanalizací. Z laického pohledu nemusí být patrná souvislost mezi zasakováním dešťové vody v historickém centru Stříbra nebo Tachova a kvalitou vody v nádrži Hracholusky, tato souvislost ale existuje. Hospodaření s dešťovou vodou je pro splnění cílů studie velmi důležité. Vyžaduje změnu pohledu na vodu ve městech. Ta se musí stát jejich aktivním prvkem, součástí života měst a ne jen živlem, který je třeba rychle odvést pokud možno potrubím zakrytým pod povrchem. Nejde jen o zasakování, velmi vhodné je i otevírání zatrubněných úseků vodních toků. Tyto akce vedou k soustavné vizuální kontrole od obyvatel měst a znesnadňují pokusy o nepovolené napojení odpadních vod do vodotečí. Přeměna měst v sídla správně hospodařící s vodou bude postupná a je potřeba na zásady popsané v kapitole 4.7.3 a v odkazovaných metodikách myslet pokaždé, když město připravuje projekt vyžadující zásah do povrchu chodníků, vozovek nebo jiných veřejných ploch.

Dalším krokem navazujícím na tuto studii by měla být výzva kraje směrem k obcím, spojená s podporou realizace doporučených opatření. Pro začátek je potřeba zahájit projektovou přípravu, aby potenciální investoři byli připraveni na vyhlášené výzvy nejen z kraje, ale i z jiných zdrojů podpory. Další život jednotlivých opatření už bude v kompetencích jednotlivých investorů, zejména obcí. Metodická podpora a určitý tlak na posun opatření k realizaci ze strany kraje jsou nadále velmi důležité. Ke zlepšení situace na nádrži je zásadní zapojit i obce od nádrže poměrně vzdálené.

6 SEZNAM PŘÍLOH

Etapa II

Tabulka: Přehled komunálního vypouštění referenční stav

Tabulka: Přehled komunálního vypouštění současný stav

Tabulka: Přehled průmyslového vypouštění referenční stav

Tabulka: Přehled průmyslového vypouštění současný stav

Etapa III

Mapa: Mapové výstupy modelu

Etapa IV

Mapa: Přehledná mapa opatření dle kategorie

Tabulka: Přehled všech navrhovaných opatření

Katalog opatření

7 SEZNAM ZDROJŮ

Seznam použité literatury etapa I:

- [1]. NV č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- [2]. ČSN 75 7221 Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod
- [3]. ČSÚ, šetření Energo 2015
- [4]. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č.259/2012 (kterým se mění nařízení (ES) č. 648/2004
- [5]. Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [6]. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice o vodách)
- [7]. Národní plán povodí Labe
- [8]. Plán dílčího povodí Berounky
- [9]. Jakostní model řeky Jihlavy nad VD Dalešice - Pöyry Environment a.s., 2013, Ryšavý a kol.,
- [10]. Studie zlepšení jakosti vody ve VD Vranov – AQUATIS a.s., 2014, Ryšavý a kol.,
- [11]. Hejzlar, J., Šámalová, K., Boers, P., a Kronvang, B. (2006): Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs.- *Water, Air, and Soil Pollution* 6(5-6): 487-494.
- [12]. Seitzinger, S., Harrison, J.A., Böhlke, J.K. et al. (2006): Denitrification Across Landscapes And Waterscapes: A Synthesis.- *Ecological Applications* 16(6): 2064-2090.
- [13]. Seitzinger, S.P., Styles, R.V., Boyer, E.W. et al. (2002): Nitrogen retention in rivers: model development and application to watersheds in the northeastern U.S.A.- *Biogeochemistry* 57-58(1): 199-237
- [14]. Duras, J. (2016). Jak se sucho 2015 projevilo v kvalitě stojatých vod. *Vodárenská biologie 2016*. In Říhová-Ambrožová J., Petráková-Kánská K. (Eds.), *Sborník konference Vodárenská biologie. 2016, Praha, 3. - 4. února 2016, s. 77-88.*
- [15]. Kontinuální monitoring VD Dalešice 2015, - Pöyry Environment a.s.,
- [16]. Hejzlar, J. (2010). *Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí*, 11 s., České Budějovice, 2010
- [17]. Hartman P., Bednářová D., Mikl R., 2012: *Management akvakultury*. FROV JU, 202 s.
- [18]. Rosendorf, P. (2011): *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva*. VÚV T. G. M., v. v. i., Praha, 20 s.
- [19]. Sklenář, J. (2013): *Analýza povodní v povodí Svratky nad Brněnskou přehradou*. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Brno, 215 s. vč. příloh.
- [20]. Netopil, R., Brázdil, R., Demek, J., Prošek, P. (1984): *Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 273 s.*
- [21]. Povodí Vltavy, s. p.: Evidenční list vodoměrné stanice Mže – Stříbro. <http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/Mereni.aspx?id=MZST&oid=3> , staženo dne 16. 4. 2018
- [22]. Český hydrometeorologický ústav: Evidenční list hlásného profilu č. 167. Mže - Stříbro. http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=2505282 , staženo dne 16. 4. 2018
- [23]. Povodí Vltavy s. p. (2003): *Zpráva o povodni v lednu 2003*. 28 s. vč. příloh. <http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2003-01-zprava-o-povodni.pdf> , staženo dne 16. 4. 2018
- [24]. [Český hydrometeorologický ústav (2007): *Hydrologická ročenka České republiky 2006*. Praha, 195 s. + CD. ISBN 978-80-86690-47-6
- [25]. Český hydrometeorologický ústav (2012): *Hydrologická ročenka České republiky 2011*. Praha, 142 s. + CD. ISBN 978-80-87577-10-3
- [26]. Český hydrometeorologický ústav (2003): *Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*.

- http://voda.chmi.cz/pov02/2etapa/hlavni_zprava/kap1.pdf , staženo dne 16. 4. 2018
- [27]. Český hydrometeorologický ústav (2014): Hydrologická ročenka České republiky 2013. Praha, 164 s. + CD. ISBN 978-80-87577-43-1
- [28]. Český hydrometeorologický ústav: Průměrný roční úhrn srážek za období 1981-2010. http://voda.chmi.cz/opv/obr/data/srazky_8110.jpg , staženo dne 16. 4. 2018
- [29]. Český hydrometeorologický ústav: Měsíční úhrny srážek ve srovnání s normálem 1981-2010 na území ČR a jednotlivých krajů. <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky> , staženo dne 16. 4. 2018
- [30]. Český hydrometeorologický ústav: Průměrný roční odtoková výška za období 1981-2010. http://voda.chmi.cz/opv/obr/data/odtok_8110.jpg , staženo dne 16. 4. 2018
- [31]. Povodí Vltavy, s. p.: Operativní informace ze srážkoměrů v povodí Berounky. <http://www.pvl.cz/portal/Srazky/cz/pc/?oid=3&data=1> , staženo dne 16. 4. 2018
- [32]. Povodí Vltavy, s. p.: Operativní informace z hladinoměřů v povodí Berounky. <http://www.pvl.cz/portal/SaP/cz/pc/?oid=3&data=1> , staženo dne 16. 4. 2018
- [33]. Povodňový informační systém Plzeňského kraje. http://www.dvt-info.cz/web_plzen/dvt_main/Main.aspx , staženo dne 16. 4. 2018
- [34]. Povodňový systém Karlovarského kraje. http://www.dvt-info.cz/web_krkv/dvt_main/ staženo dne 16. 4. 2018
- [35]. Český hydrometeorologický ústav: Hlásná a předpovědní povodňová služba. <http://hydro.chmi.cz/hpps/index.php?lng=CZE> , staženo dne 16. 4. 2018
- [36]. Český hydrometeorologický ústav: Hodinové úhrny srážek ze srážkoměrných stanic ČHMÚ. http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_act_rain.php , staženo dne 16. 4. 2018
- [37]. Lokální výstražné systémy měst a obcí. <http://hladiny.cz/cz/#lvs#map> , staženo dne 16. 4. 2018
- [38]. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých zákonů (zákon o odpadech), ve znění pozdějších předpisů
- [39]. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (zákon o vodovodech a kanalizacích)

Seznam použité literatury etapa II:

- [40]. NV č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- [41]. ČSN 75 7221 Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod
- [42]. ČSÚ, šetření Energo 2015
- [43]. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č.259/2012 (kterým se mění nařízení (ES) č. 648/2004
- [44]. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [45]. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice o vodách)
- [46]. Národní plán povodí Labe
- [47]. Plán dílčího povodí Berounky
- [48]. Jakostní model řeky Jihlavy nad VD Dalešice - Poyry Environment a.s., 2013, Ryšavý a kol.,
- [49]. Studie zlepšení jakosti vody ve VD Vranov – AQUATIS a.s., 2014, Ryšavý a kol.,
- [50]. Hejzlar, J., Šámalová, K., Boers, P., a Kronvang, B. (2006): Modelling phosphorus retention in lakes and reservoirs. - Water, Air, and Soil Pollution 6(5-6): 487-494.
- [51]. Seitzinger, S., Harrison, J.A., Böhlke, J.K. et al. (2006): Denitrification Across Landscapes And Waterscapes: A Synthesis. - Ecological Applications 16(6): 2064-2090.
- [52]. Seitzinger, S.P., Styles, R.V., Boyer, E.W. et al. (2002): Nitrogen retention in rivers: model development and application to watersheds in the northeastern U.S.A. - Biogeochemistry 57-58(1): 199-237

- [53]. Duras, J. (2016). Jak se sucho 2015 projevilo v kvalitě stojatých vod. Vodárenská biologie 2016. In Říhová-Ambrožová J., Petráková-Kánská K. (Eds.), Sborník konference Vodárenská biologie. 2016, Praha, 3. - 4. února 2016, s. 77-88.
- [54]. Kontinuální monitoring VD Dalešice 2015, - Pöyry Environment a.s.,
- [55]. Hejzlar, J. (2010). Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí, 11 s., České Budějovice, 2010
- [56]. Hartman P., Bednářová D., Mikl R., 2012: Management akvakultury. FROV JU, 202 s.
- [57]. Rosendorf, P. (2011): Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva. VÚV T. G. M., v. v. i., Praha, 20 s.
- [58]. Sklenář, J. (2013): Analýza povodní v povodí Svratky nad Brněnskou přehradou. Dizertační práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Brno, 215 s. vč. příloh.
- [59]. Netopil, R., Brázdil, R., Demek, J., Prošek, P. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 273 s.
- [60]. Mlejnská E., Rozkošný M., Baudišová D., Váňa M., Wanner F., Kučera J. (2011): Extenzivní způsoby čištění odpadních vod; Výzkumného ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
- [61]. Adáamek Z., 2016: Analýza hospodaření na rybnících v povodí řeky Jihlavy pod VD Dalešice s ohledem na zatížení živinami. Zpráva o výsledcích řešení, ÚBO AV ČR v.v.i., Brno, 5 s.
- [62]. Adáamek Z., Jurajda P., 2014: Analýza rybářského hospodaření na produkčních rybnících v povodí řeky Dyje v povodí VD Vranov a na vlastní nádrži s ohledem na její zatížení živinami. Zpráva o výsledcích řešení, ÚBO AV ČR v.v.i., Brno, 5 s.
- [63]. Adáamek Z., Všetická L., 2018: Analýza hospodaření na rybnících v povodí VN Brno s ohledem na zatížení živinami. Zpráva o výsledcích řešení, ÚBO AV ČR v.v.i., Brno, 5 s.
- [64]. Adáamek Z., Jurajda P., Všetická L., 2013: Analýza hospodaření na produkčních rybnících v povodí řeky Jihlavy nad VD Dalešice s ohledem na zatížení nádrže živinami. Zpráva o výsledcích řešení, ÚBO AV ČR v.v.i., Brno, 6 s.
- [65]. Adáamek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M., 2010: Aplikovaná hydrobiologie. FROV JU Vodňany, 350 s.
- [66]. Adáamek Z., Jurajda P., Všetická L., 2013: Analýza hospodaření na produkčních rybnících v povodí řeky Jihlavy nad VD Dalešice s ohledem na zatížení nádrže živinami. Zpráva o výsledcích řešení, ÚBO AV ČR Brno, 4 s.
- [67]. Adáamek Z., Rozkošný M., Hlaváč D., Sedláček P., 2015: Odnos fosforu a nerozpuštěných látek v průběhu výlovu kaprových rybníků. In: David V., Davidová T. (Eds): Rybníky – naše dědictví i bohatství pro budoucnost, Praha: 90-98.
- [68]. Adáamek Z., Hanák R., Ryšavý S., Konečná J., 2017: The impact of carp pond aquaculture on nutrient loading of the Vranov reservoir. Journal of Landscape Management, 8(2): 7-14.
- [69]. BC AV ČR, 2013: Sociální a ekonomické dopady zlepšování kvality vody v povodí nádrže Orlík. Informační materiály workshopu Písek, 10 s.
- [70]. Duras J., Potužák J., 2013: Rybníky jsou účinným nástrojem pro recyklaci živin v krajině. Fosfor by neměl být jen odpadem, ale i cennou surovinou. Rybníkářství, 2: 6-7.
- [71]. Hartman P., Regenda J., 2014: Praktika v rybníkářství. FROV JU Vodňany, 375 s.
- [72]. Hartman P., Bednářová D., Mikl R., 2012: Management akvakultury. FROV JU, 202 s.
- [73]. Hlaváč D., Hartman P., Adáamek Z., Másílko J., Bláha M., Pechar L., Baxa M., 2013: Vliv příkrmování kapra obilnými krmivými na kvalitu vody a bilanci živin. In: M. Urbánek (Ed.): Chov ryb a kvalita vody II., České Budějovice, Rybářské sdružení České Budějovice: 21–30.
- [74]. Hlaváč D., Hartman P., Anton-Pardo M.T., Bauer Ch., Regenda J., Adáamek Z., 2014a: Transport fosforu a nerozpuštěných látek při výlovcích českých a rakouských rybníků. Rybníkářství, 18:6.
- [75]. Hlaváč D., Másílko J., Hartman P., Bláha M., Pechar L., Anton-Pardo M., Adáamek Z., 2014b: Příkrmování tržního kapra upravenými obilovinami – vliv na kvalitu vody a bilanci fosforu. Rybníkářství, 17:6.
- [76]. Hlaváč D., Adáamek Z., Hartman P., Másílko J., 2014c: Effects of supplementary feeding in carp ponds on

- discharged water quality: a review. *Aquaculture International*, 22:299–320.
- [77]. Hlaváč D., Másilko J., Hartman P., Bláha M., Pechar L., Anton-Pardo M., Adámek Z., 2015: Effects of common carp (*Cyprinus carpio* L.) supplementary feeding with modified cereals on pond water quality and nutrient budget. *Journal of Applied Ichthyology*, 31 (Suppl. 2): 30–37.
- [78]. Mikšíková K., 2011: Sledování množství nerozpuštěných látek a celkového fosforu v průběhu vypouštění rybníční nádrže. JUNIORSTAV 2011, 3. Vodní hospodářství a vodní stavby: 1-7.
- [79]. Regenda J., 2014: Současný stav akvakultury v ČR a její perspektiva z pohledu intenzivního chovu ryb. FROV JU Vodňany.
- [80]. Všeticková L., Adámek Z., Rozkošný M., Sedláček P., 2012: Effects of semi-intensive carp pond farming on discharged water quality. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 42 (3): 223–231.
- [81]. Všeticková L., Adámek Z., 2013a: The impact of carp pond management upon macrozoobenthos assemblages in recipient pond canals. *Aquaculture International*, 21(4): 897-925.
- [82]. Všeticková L., Adámek Z., Rozkošný M., Sedláček P., 2013b: Environmental impacts of carp pond farming on discharged water quality. *World Aquaculture*, 44(4): 46-49.
- [83]. Fisher D., Faina R., 2009, Analýza vlivů VKP na rybník, Voltuš, pro Ministerstvo životního prostředí ČR

Seznam použité literatury etapa III:

- [1]. Hejzlar J. a kol. (2010): Bilance zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík, BC AV ČR. Zpráva pro Povodí Vltavy, s.p.
- [2]. Fiala, D. a Rosendorf, P. (2011): Variabilita odnosu fosforu ze zemědělské půdy v měřítku mikropovodí.- VTEI 53(6): 27-31, příloha Vodního hospodářství 12/2011
- [3]. Kvítek T., Bystřický V., Peterková J., Žlábek P. a Moravcová J. (2012): Dynamika koncentrací a interakce odnosu dusičnanů a fosforu na malých zemědělsko lesních subpovodích v povodí VN Švihov na Želivce, Vodní hospodářství 6/2012
- [4]. Hejzlar J. (2009) Metodika bilanční analýzy zdrojů živin v povodí. BC AV ČR
- [5] Ryšavý (2018): osobní komunikace. Data na základě studie: Hanák R, Ryšavý, S. (2015): Jakostní model povodí VD Vranov. Příspěvek konference Vodní nádrže 2015 (ed. Kosour. D.), ISBN 978-80-260-8726-7

Seznam použité literatury etapa IV:

- [1] Borovec, J.; Hejzlar, J.; mošnerová, P. (2010): Eutrofizační potenciál různých zdrojů fosforu v povodí VN Římov. Revitalizace Orlické nádrže 2010, 12.-13.10.2010, ČR, Písek, Borovec J.; Očásková, str. 47-52.
- [2] Borovec, J.; Hejzlar, J.; Krása, J.; Rosendorf, P. (2012): Eutrofizační potenciál erozních částic v nádržích. Vodní nádrže 2012, 26.-27.09.2012 Brno, ČR, Kosour D., str. 57-61.
- [3] Rychtr, J.; Hejzlar, J.; Semančíková, E. (2009): Koncentrace a formy fosforu v odtoku z malých zemědělských povodí nádrže Orlík. Revitalizace Orlické nádrže, 06.-07.10.2009, ČR, Písek, VŠTE v Českých Budějovicích, str. 65-74.
- [4] Fiala, D.; Rosendorf, P. (2011): Variabilita odnosu fosforu ze zemědělské půdy v měřítku mikropovodí. Vodní hospodářství, VTEI 6/2011, str. 27-31.
- [5] Duras, J.; Potužák J. (2012): Látková bilance fosforu v produkčních a rekreačních rybnících. Vodní hospodářství 6/2012, str. 14-20.
- [6] Hejzlar, J.; Polívka, J.; Žaloudík, J. (2009): Analýza hierarchie významu bodových a difúzních zdrojů fosforu v povodí řeky Lomnice pro eutrofizaci nádrže Orlík. Revitalizace Orlické nádrže, 06.-07.10.2009, ČR, Písek, VŠTE v Českých Budějovicích, str. 87-96.

- [7] Hejzlar, J.; Borovec, J.; Mošnerová, P.; Polívka, J.; Turek, J.; Volková, A.; Žaloudík, J. (2010): Bilance zdrojů fosforu a dusíku v povodí nádrže Orlík. Studie pro Povodí Vltavy, státní podnik. Biologické centrum AVČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav, České Budějovice.
- [8] Sýkora L.; Hanák R.; Duras J. (2012): Snížení eutrofizace v povodí VN Slezská Harta. Vodní nádrže 2012, 26.-27.09.2012 Brno, ČR, Kosour D. (Edit.), str. 93-97.
- [9] Hanák, R.; Ryšavý, S. (2015): Jakostní model povodí VD Vranov. Vodní nádrže 2015, 06.-07.10.2015 Brno, ČR, Kosour D. a kol. (Edit.), str. 73-77.
- [10] Rosendorf, P.; Fiala, D.; Beneš, J.; Duras, J.; Potužák, J.; Liška, M. (2017): Komplexní analýza emisí fosforu ze všech obcí v povodích Lomnice, Skalice, loděnice a Želivky a jejich vliv na stav vodních toků.
- [11] NV č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- [12] Rozkošný, M., Umělé mokřady pro čištění vod z malých a difúzních zdrojů, project TAČR ČOV pro objekty v horách, 2013
- [13] Novotná, J. et., Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích ČR, GEOTest, Sweco, 2015, dostupné on-line http://www.povis.cz/mzpl/132/vsak_destovych_vod.pdf
- [14] Heisigová, M, et al., Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území, MS Architekti, HI. město Praha, 2014, dostupné online: https://www.msgroup.cz/architekti/upload/vedecke_prace/destove_vody.pdf
- [15] Kahůn, D., Holanová, A., Sýkora P., Posouzení hydraulické funkce odlehčovacích komor v Mariánských Lázních, Útvar technické podpory a metrologie, PVK, a.s., 2016
- [16] Šimková H., et. Al., Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury, MMR, 2017
- [17] ad hoc skupina expert NP; Strategie ke snížení obsahu živin ve vodách v mezinárodní oblasti povodí Labe; verze ve stavu k 15.8.2018

Seznam použité literatury etapa V:

- [1] Rosendorf, P. (2011): Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích. Závěrečná zpráva. VÚV T. G. M., v. v. i., Praha