

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Marie Bejčková

**ZMĚNY KONCENTRACÍ ORGANICKÝCH LÁTEK V KONTEXTU
HYDROLOGICKÝCH EXTRÉMŮ V PRAMENNÝCH OBLASTECH**
Changes of natural organic substances within hydrological extremes in headwater areas

Diplomová práce

Praha, 2022

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Zadání diplomové práce

Název práce:

Změny koncentrací organických látek v kontextu hydrologických extrémů v pramenných oblastech

Cíle práce:

Cílem práce je analýza změn koncentrací organických látek (DOC) ve vazbě na hydrologické extrémy, vybrané extrémní srážko-odtokové epizody a zároveň studium vzájemných vztahů vybraných parametrů kvality vody. Nedílnou součástí práce je rešerše domácí a zahraniční odborné literatury, studium aktuálních publikovaných výsledků výzkumu dané problematiky. Základní část diplomové práce tvoří výzkum v experimentálních pramenných povodích KFGG, konkrétně na horní Vydře. Je zde snaha objasnit vztahy mezi koncentracemi organických látek a odtokem s ohledem na hydrologické extrémy.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:

- rešerše aktuální zahraniční a domácí odborné literatury na danou problematiku
- terénní průzkum, odběr vzorků vody, měření základních fyzikálně-chemických parametrů
- laboratorní analýzy organického uhlíku (DOC)
- příprava dalších vstupních datových podkladů z různých zdrojů
- statistická analýza
- diskuse a shrnutí výsledků

Datové zdroje:

Odborná literatura, mapové a datové podklady, vlastní odběry vzorků povrchové, srážkové a podzemní vody, laboratorní analýzy, data z experimentálních povodí KFGG, data podniku Povodí Vltavy

Datum zadání: 28. listopadu 2019

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Jméno studenta: Bc. Marie Bejčková

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma Změny koncentrací organických látek v kontextu hydrologických extrémů v pramenných oblastech vypracovala samostatně a s použitím uvedených zdrojů.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci knihovny.

V Praze dne 27. 7. 2022

.....

Bc. Marie Bejčková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za vedení, připomínky a cenné rady při vypracování této diplomové práce. Dále bych ráda vyjádřila díky doc. RNDr. Zdeňkovi Klimentovi za sběr dat v terénu. Také bych chtěla velmi poděkovat Mgr. Kateřině Fraindové a RNDr. Vojtěchu Vlachovi za pomoc při sběru dat v terénu, cenné rady a připomínky během konzultací při zpracovávání práce. Mé díky také náleží RNDr. Lukáši Vlčkovi, Ph.D. a RNDr. Michalu Jeníčkovi, Ph.D. za poskytnutí dat, která byla v této práci analyzována.

Téma této diplomové práce bylo řešeno v návaznosti na projekt GAUK č. 1168820: "Hydrologické extrémny a jejich vliv na kvalitu povrchové vody v pramenných oblastech Česka".

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá změnami koncentrací organických látek v kontextu hydrologických extrémů v pramenných oblastech horní Vydry. Nárůst těchto koncentrací a zvýšený transport do povrchových vod může negativně ovlivňovat environmentální a sociální prostředí. Hlavním cílem práce je analýza množství a variability koncentrací organických látek ve vazbě na vybrané odtokové události s objasněním těchto vztahů. Změna množství koncentrací a variabilita rozpuštěného organického uhlíku (DOC) byla vyhodnocována s ohledem na prekondici povodí (po dobu 14 dní) a vlivu hydroklimatických podmínek v průběhu epizod. Sledována je také závislost parametrů (teplota vody, konduktivita, průtok, pH, rozpuštěný kyslík, koncentrace rozpuštěného organického uhlíku) v rámci kampaní a následná podobnost jednotlivých profilů. Data pro tuto diplomovou práci byla poskytnuta převážně Katedrou fyzické geografie a geoekologie PřF UK. Pro vyhodnocení vztahů a procesů byla využita například analýza hlavních komponent (PCA analýza), hysterezní smyčky či Pearsonův korelační koeficient. Největší vliv na změnu koncentrací a variabilitu organického uhlíku ve vodních tocích měla změna výšky hladiny podzemní vody a průtoku. Větší doba zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálním průtokem a vyšší průměrné hodnoty koncentrací DOC během epizody byly dány především předchozími podmínkami bez srážko-odtokové události.

Klíčová slova: organické látky, rozpuštěný organický uhlík (DOC), rašeliniště, vodní tok, hydro-klimatické podmínky

Abstract

Diploma thesis is focused on changes of natural organic matter within hydrological extremes in headwater areas of the upper Vydra. The increase in these concentrations and increased transport to surface waters negatively affect the environmental and social environment. The main aim of this work is to analyse the amount and variability of organic matter in relation to selected runoff events with clarification of these relationship. The change in the amount of concentrations and variability of Dissolved Organic Carbon (DOC) was evaluated with respect to the preconditioning of the catchment (over a period of 14 days) and the influence of hydroclimatic conditions during the episodes. The dependence of each variable on DOC concentrations was also examined. The dependence of parameters (water temperature, conductivity, flow rate, pH, Dissolved Oxygen, Dissolved Organic Carbon concentration) within the campaigns and the subsequent similarity of the profiles were also investigated. The data for this work were provided by the Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University. The evaluating of relationship and processes was determined, for example, using Principal Component Analysis (PCA Analysis), hysteresis loop or Pearson's correlation coefficient. The greatest influence on the change in concentrations and variability of organic carbon in watercourses was the change in groundwater level and streamflow. The greater lag time of maximum DOC concentrations behind maximum streamflow and the higher mean DOC concentrations during the episode were primarily due to previous conditions without a precipitation-runoff event.

Key words: organic substances, Dissolved Organic Carbon (DOC), peatland, water flow, hydro-climatic conditions

Obsah

Úvod	16
1 Organické látky.....	18
2 Změna koncentrací organických látek	20
2.1 Potenciální faktory ovlivňující změny koncentrací látek.....	23
2.1.1 Biochemické procesy	23
2.1.2 Hydro-klimatické faktory	24
2.1.2.1 Sezonalita	29
2.1.3 Půdní prostředí	33
2.1.4 Land use / land cover	36
2.2 Hydrologická funkce a vliv šumavských rašelinišť na variabilitu a transport organických látek	38
2.3 Environmentální a společenské dopady organických látek	40
3 Metody zkoumání změn koncentrací organických látek v povrchových vodách.....	42
3.1 Dynamika změn parametrů a látek v podélném profilu.....	46
4 Vliv prekondice povodí na změnu koncentrací a transport organických látek – užití hysterezních smyček.....	50
5 Charakteristika zkoumaného území.....	56
5.1 Experimentální povodí horní Vydry	56
5.1.1 Geomorfologické, geologické a půdní poměry	59
5.1.2 Hydro-klimatické poměry	60
5.1.3 Vegetační poměry	62
6 Metody a zdroje dat	66
6.1 Mapové výstupy.....	66
6.2 Sběr dat v terénu	66
6.3 Laboratorní analýza	69
6.4 Použité analytické nástroje	70
6.4.1 Vyhodnocení variability organického uhlíku (doba zpoždění) s jednotlivými proměnnými	70
6.4.1.1 Klasifikace epizod na základě variability organického uhlíku (doba zpoždění) pomocí hysterezních smyček	71
6.4.2 Vyhodnocení závislostí DOC s jednotlivými proměnnými v rámci epizod.....	72
6.4.3 Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného DOC v průběhu epizod a klasifikace epizod pomocí analýzy hlavních komponent	73
6.4.4 Vyhodnocení vlivu průtoku na množství transportovaného DOC v průběhu epizod	75

6.4.5	Vyhodnocení závislosti parametrů sledovaných v rámci kampaní.....	75
6.4.6	Vyhodnocení podobnosti jednotlivých kampaní (profilů) na základě sledovaných parametrů pomocí PCA analýzy	76
7	Výsledky.....	77
7.1	Klasifikace epizod na základě variability organického uhlíku (doba zpoždění) - hysterezní smyčky	77
7.1.1	Zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximem průtoku	77
7.1.1.1	Vzorová epizoda č. 7 - 19. 9. - 28. 9. 2020, ROK-R1	81
7.1.1.2	Vzorová epizoda č. 15 - 16. 8. - 24. 8. 2021, ROK-R1	83
7.1.1.3	Hysterezní smyčky – kategorie zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálním průtokem	84
7.1.2	Maximální koncentrace DOC časově předběhly průtoková maxima	85
7.1.2.1	Epizoda č. 8 - 28. 10. - 1. 11. 2020, ROK-R1	86
7.1.2.2	Hysterezní smyčky – kategorie maximální koncentrace DOC časově předběhly průtoková maxima.....	88
7.1.3	Kombinovaný typ chování organických látek	89
7.1.3.1	Vzorová epizoda č. 2 - 5. 6. - 11. 6. 2020, ROK-R1	90
7.1.3.2	Vzorová epizoda č. 6 - 23. 8. - 13. 9. 2020, ROK-R1	92
7.1.3.3	Hysterezní smyčky – kategorie kombinovaný typ chování organických látek	94
7.1.4	Koncentrace DOC sledované mezi srážko-odtokovými událostmi (klidové období)	96
7.1.4.1	Epizoda č. 3 - 13. 6. -29. 6. 2020, ROK-R1	96
7.1.4.2	Epizoda č. 4 - 9. 7. - 28. 7. 2020, ROK-R1	99
7.1.4.3	Hysterezní smyčky – kategorie koncentrací DOC sledovaných mezi srážko-odtokovými událostmi.....	100
7.2	Vyhodnocení závislosti koncentrací organických látek na ostatních proměnných v rámci epizod	102
7.3	Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného DOC v průběhu epizod – PCA analýza.....	103
7.4	Klasifikace epizod na základě vlivu prekondice na množství transportovaného DOC	106
7.4.1	Epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné průtoky, hladinou podzemní vody a výškou sněhové pokrývky	106
7.4.2	Epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami.....	107
7.4.3	Epizody se zvýšeným a vysokým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami	108
7.4.4	Epizody se zvýšenými a vysokými koncentracemi DOC ovlivněné průtokem a hladinou podzemní vody.....	109

7.5 Vyhodnocení vlivu průtoku na množství transportovaného DOC v průběhu epizod	109
7.6 Vyhodnocení závislosti vybraných parametrů chemismu sledovaných v rámci odběrových kampaní.....	112
7.7 Vyhodnocení podobnosti jednotlivých profilů na základě sledovaných parametrů v rámci kampaní.....	114
8 Diskuse	117
9 Závěr.....	123
Zdroje	125
Přílohy	141

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Koncepční model procesů podílejících se na tvorbě rozpuštěné organické hmoty.....	18
Obrázek č. 2: Schéma znázorňující vstup atmosférického anorganického dusíku do fluvialního systému rašelinišť.....	21
Obrázek č. 3: Predikovaná roční produkce DOC (a), DON (b) a DOP (c)	22
Obrázek č. 4: Změny vybraných parametrů během suchých událostí.....	28
Obrázek č. 5: Graf znázorňující průtok a koncentrace DOC během tání sněhové pokrývky (1996) v povodí řeky Deer Creek a Snake River (Colorado)	32
Obrázek č. 6: Průměrné hodinové a denní koncentrace DOC jednotlivých měsíců ve vztahu k odtoku pro řeku Glenamong.....	33
Obrázek č. 7: Boxplot změn koncentrací DOC (mg.l^{-1}) ve zkoumaných půdních typech.....	34
Obrázek č. 8: Vývoj HPV a povrchového odtoku v závislosti na srážkách (Rokytecká slat')	39
Obrázek č. 9: Skattegram fyzikálních a chemických parametrů kvality vody v povodí Biala (Polsko) v období hydrometeorologických extrémů (suché epizody, výrazné srážko-odtokové epizody)	43
Obrázek č. 10: Simulované průměrné měsíční proměnné pro povodí Elbow (Alberta) v letech 2001-2015.....	45
Obrázek č. 11: Znázornění konceptu Bending DOM na řece Fluvia (severovýchod Španělska)	47
Obrázek č. 12: Výsledky Anselin Local Moran's I statistického testu během základního odtoku a bouřkových situací (New River, Západní Virginie)	48
Obrázek č. 13: Dynamika změn měřených parametrů a látek ve sledovaném úseku podélného profilu řeky Colorado (Colorado, Utah)	49
Obrázek č. 14: Typy hysterezních smyček.....	51
Obrázek č. 15: Hysterezní smyčky zobrazující vztahy proměnných DOC, FI a průtoku během bouřkových událostí (povodí Rio Grande, Nové Mexiko)	52
Obrázek č. 16: Hysterezní smyčka znázorňující vztah průtoku a koncentrací dusičnanů (m.g N L^{-1}) v zemědělsky využívaném povodí toku Hugerford Brook (Vermont)	53
Obrázek č. 17: Boxplot znázorňující vliv předchozích podmínek vlhkosti půdy v povodí řeky Neuse (Severní Karolína) na hysterezi po a proti směru ručiček (dusičnany)	54
Obrázek č. 18: Odběrný profil CIK.....	58
Obrázek č. 19: Odběrný profil ROK.....	58
Obrázek č. 20: Měření parametrů multimetrickou sondou.....	66

Obrázek č. 21: Automatický vzorkovač ISCO na sledovaném profilu ROK – R1.....	67
Obrázek č. 22: TOC-L CSH analyzátor Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i.	70

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Vybrané základní charakteristiky sledovaných povodí.....	58
Tabulka č. 2: Charakteristika sledovaných povodí z hlediska geologických a půdních poměrů.....	60
Tabulka č. 3: Vybrané hydrologické charakteristiky sledovaných povodí (2014–2020).....	61
Tabulka č. 4: Procentuální zastoupení jednotlivých typů krajinného pokryvu v rámci sledovaných povodí.....	64
Tabulka č. 5: Přehled sledovaných epizod a jejich prekondic.....	70
Tabulka č. 6: Typy hysterezních smyček v rámci sledovaných epizod.....	72
Tabulka č. 7: Kategorie síly závislosti.....	73
Tabulka č. 8: Kategorizace epizod na základě průměrných koncentrací DOC.....	74
Tabulka č. 9: Kategorie epizod podle zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálním průtokem včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění.....	78
Tabulka č. 10: Kategorie epizod podle kombinovaného typu chování organických látek včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění.....	89
Tabulka č. 11: Kategorie epizod sledující DOC mezi srážko-odtokovými událostmi včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění.....	96
Tabulka č. 12: Pearsonův korelační koeficient a statistická významnost pro DOC a jednotlivé proměnné v rámci sledovaných epizod.....	102
Tabulka č. 13: Hlavní komponenty a jejich variabilita v rámci PCA analýzy.....	103
Tabulka č. 14: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice ep. č. 9, 14, 10 a 18 včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod.....	106
Tabulka č. 15: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice ep. č. 3 a 4 včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod.....	107
Tabulka č. 16: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 16.....	108
Tabulka č. 17: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod 13, 15 a 17.....	109
Tabulka č. 18: Maximální průtoky (Q_{max} – více průtokových maxim) a minimální průtoky (Q_{min} – jedno průtokové minimum) s příslušnými koncentracemi DOC.....	110

Tabulka č. 19: Průměrné hodnoty sledovaných parametrů v rámci kampaní u jednotlivých profilů.....114

Tabulka č. 20: Hlavní komponenty a jejich variabilita v rámci PCA analýzy.....114

Seznam grafů

Graf č. 1: Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek za období 2010–2021, povodí Březnického potoka.....61

Graf č. 2: Regrese s mocninnou funkcí pro průtok Q na profilu ROK a ROK–R1 pro období 24. 7. – 8. 8. 2021 (ep.č. 14)68

Graf č. 3: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 7.....81

Graf č. 4: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 7.....82

Graf č. 5: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 7.....82

Graf č. 6: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 15.....83

Graf č. 7: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 15.....84

Graf č. 8: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 15.....84

Graf č. 9: Hysterezní smyčky ep. č. 1, 9, 10 – kategorie zpoždění DOC_{max} za Q_{max}.....85

Graf č. 10: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 8.....86

Graf č. 11: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 8.....87

Graf č. 12: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 8.....87

Graf č. 13: Hysterezní smyčky ep. č. 8 – kategorie maximálních koncentrací DOC dosažených v průběhu narůstajícího průtoku.....88

Graf č. 14: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 2.....90

Graf č. 15: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 2.....91

Graf č. 16: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 2.....92

Graf č. 17: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 6.....92

Graf č. 18: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 6.....93

Graf č. 19: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 6.....94

Graf č. 20: Hysterezní smyčky ep. č. 5, 6, 12 – kategorie kombinovaného typu chování organických látek.....95

Graf č. 21: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 3.....97

Graf č. 22: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 3.....98

Graf č. 23: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 3.....98

Graf č. 24: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 4.....	99
Graf č. 25: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 4.....	100
Graf č. 26: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 4.....	100
Graf č. 27: Hysterezní smyčka ep. č. 3 – kategorie koncentrací DOC sledovaných mezi srážko-odtokovými událostmi.....	101
Graf č. 28: Biplot vyhodnocení vlivu prekondice na množství koncentrací DOC v průběhu epizod.....	104
Graf č. 29: Korelační mapy (Pearsonův korelační koeficient) sledovaných parametrů za jednotlivé odběrné profily v rámci kampaní.....	112
Graf č. 30: Biplot vyhodnocení podobnosti jednotlivých profilů na základě sledovaných parametrů v rámci kampaní.....	115

Seznam mapových výstupů

Mapa č. 1: Lokalizace experimentálních povodí v rámci České republiky.....	56
Mapa č. 2: Experimentální povodí horní Vydry a sledovaná povodí s odběrnými profily..	57
Mapa č. 3: Geologická mapa povodí horní Vydry.....	59
Mapa č. 4: Krajinný pokryv povodí Javořího potoka.....	62
Mapa č. 5: Krajinný pokryv povodí Rokytky.....	63
Mapa č. 6: Krajinný pokryv povodí Cikánského potoka.....	63
Mapa č. 7: Krajinný pokryv povodí Březnického potoka.....	63
Mapa č. 8: Krajinný pokryv povodí Ptačího potoka.....	64

Seznam příloh

Příloha 1: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 1.....	141
Příloha 2: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 1.....	141
Příloha 3: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 18.....	141
Příloha 4: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 5.....	142
Příloha 5: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 5.....	142
Příloha 6: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 5.....	142
Příloha 7: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 9.....	143
Příloha 8: Průměrná výška sněhové pokrývky SCE, ep. č. 9.....	143
Příloha 9: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 9.....	144
Příloha 10: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 10.....	144
Příloha 11: Průměrná výška sněhové pokrývky SCE, ep. č. 10.....	145

Příloha 12: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 10.....	145
Příloha 13: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 11.....	146
Příloha 14: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 11.....	146
Příloha 15: Průměrná denní teplota vzduchu (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 11.....	146
Příloha 16: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 12.....	147
Příloha 17: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 12.....	147
Příloha 18: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 12.....	147
Příloha 19: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 13.....	148
Příloha 20: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 13.....	148
Příloha 21: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 13.....	148
Příloha 22: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 14.....	149
Příloha 23: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 14.....	149
Příloha 24: Průměrná denní teplota vzduchu (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 14.....	149
Příloha 25: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 16.....	150
Příloha 26: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 16.....	150
Příloha 27: Průměrná denní teplota vzduchu (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 16.....	150
Příloha 28: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 17.....	151
Příloha 29: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 17.....	151
Příloha 30: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 17.....	151
Příloha 31: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 18.....	152
Příloha 32: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 18.....	152
Příloha 33: Průměrná denní teplota vzduchu (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 18.....	152
Příloha 34: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil CIK.....	152
Příloha 35: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil BRE.....	153
Příloha 36: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil JAV.....	153
Příloha 37: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil PTA.....	153
Příloha 38: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil ROK.....	153

Příloha 39: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil ROK–R1.....	154
Příloha 40: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil ROK–R2.....	154

Seznam použitých zkratk

NOM	Přírodní organická hmota
DOM	Rozpuštěná organická hmota
OC	Organický uhlík
TOC	Celkový organický uhlík
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
SCE	Výška sněhové pokrývky
HPV	Hladina podzemní vody
CO	Rozpuštěný kyslík
EC	Elektrická konduktivita
CO ₂	Oxid uhličitý
D. z.	Doba zpoždění

Úvod

Diplomová práce se zabývá změnami koncentrací organických látek v kontextu hydrologických extrémů v pramenných oblastech horní Vydry. Organické látky v tomto případě představuje rozpuštěný organický uhlík (DOC), který svými koncentracemi vyjadřuje zatížení vodního toku. Koncentrace DOC se ve vodních zdrojích liší. Nejvyšší koncentrace nalezneme u vod organického původu, vod odvodňujících mokřady a rašeliniště a u vodních toků s nízkým průtokem, kde dochází k velkému nárůstu koncentrací (Evans, 2005). Nárůst koncentrací organických látek byl v posledních letech zaznamenán například v Evropě, Severní Americe a Velké Británii. Budoucí scénáře některých studií ze Spojeného království naznačují nárůst koncentrací DOC téměř o polovinu (Evans, 2005; Xu et al., 2020; Fenner et al., 2021; Ferretto et al., 2021). Na tyto nárůsty a dynamické změny mohou mít vliv například biochemické procesy, jako je změna pH, hydro-klimatické faktory v podobě zvýšené teploty vzduchu (sucho) či zvýšení atmosférického CO₂ nebo eutrofizace (Clay, 2009; Worrall et al., 2004).

Zvýšené koncentrace organických látek mohou mít značné environmentální i sociální dopady. Mají významný vliv na sladkovodní biotu, kvalitu pitné vody, pobřežní a mořské ekosystémy a uhlíkovou bilanci. Vysoké koncentrace také mobilizují kovy a znečišťující látky a omezují pronikání světla (Kneale et al., 1999). V případě, kdy se dostanou vyšší koncentrace DOC do vodního prostředí, představují problém pro společnost a úpravny pitné vody. Organické látky jednak zbarvují vodu (zejména v rašelinných oblastech), což s sebou přináší estetické problémy. Větší problém však představuje samotné odstranění těchto látek z pitné vody. Voda obohacená o vyšší koncentrace DOC s sebou transportuje mikropolutanty a vede k nárůstům množství bakterií. Takto znečištěná voda posléze působí jako prekurzor (chemická reakce, při které vzniká jiná sloučenina) během chlorace, kdy v kombinaci s chlorem může produkovat karcinogenní sloučeniny (Clay, 2009; Fenner et al., 2021; Chowdhury et al., 2009).

Tato práce se nejprve zabývá rešerší domácí a zahraniční odborné literatury. Rešeršní část se věnuje environmentálním a společenským dopadům organických látek, novodobým výzkumům zkoumající tuto problematiku a potenciálním faktorům ovlivňující změny koncentrací a variabilitu organických látek. Za tyto faktory lze považovat biochemické procesy, hydro-klimatické faktory, půdní prostředí a land use/land cover (využití půd/krajinný pokryv). Dále je zde uvedena charakteristika pěti dílčích experimentálních povodí

KFGG PřF UK nacházejících se v pramenných oblastech horní Vydry. Jedná se o povodí Rokytky, Březnického potoka, Ptačího potoka, Javořího potoka a Cikánského potoka.

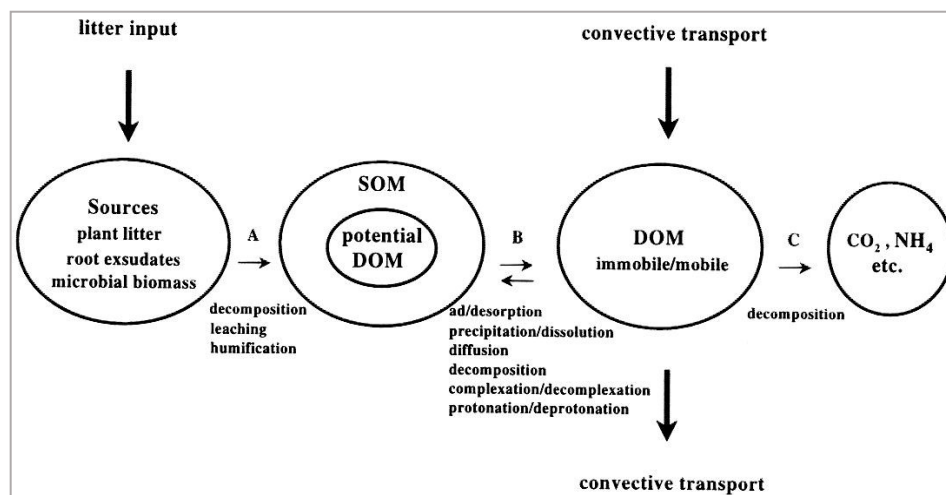
Cílem praktické části práce je analýza změn množství koncentrací a variability organických látek ve vazbě na hydrologické extrémny a objasnění těchto vztahů. Tyto změny jsou sledovány pomocí předchozích podmínek (14 dní před epizodou). Předchozí podmínky a podmínky v průběhu epizod jsou vyhodnocovány pomocí proměnných srážek, teploty vzduchu, výšky hladiny podzemní vody, průtoku a výšky sněhové pokrývky. Řešena je také závislost jednotlivých proměnných na rozpuštěném organickém uhlíku.

Dále je sledován vliv průtoku na množství transportovaných organických látek (jaké průtoky generují jaké koncentrace) a vliv počtu srážko-odtokových událostí (dílčích průtokových maxim) v průběhu epizod na množství transportovaného DOC. Na závěr je zkoumána závislost parametrů měřených během odběrů vzorků (teplota vody, konduktivita, průtok, pH, rozpuštěný kyslík, koncentrace rozpuštěného organického uhlíku) v rámci kampaní a následná podobnost jednotlivých profilů.

1 Organické látky

Organické látky (NOM – Natural Organic Matter) jsou součástí biochemických cyklů a také povrchových vod. Jsou významným zdrojem energie organismů. Dělí se na látky vznikající přímo ve vodním prostředí, tzv. autochtonní, které jsou spojené s činností rostlinných a živočišných organismů, bakterií a přeměnami odumřelých buněk. Naopak látky alochtonní jsou do vodního prostředí transportovány odjinud. Řadíme mezi ně výluhy ze sedimentů a půd (výluhy z listů, rašelinný humus apod.). Původ těchto organických látek může být i antropogenní (zemědělství, průmysl). NOM jsou také děleny na základě svých vlastností na huminové (tvořeny převážně uhlíkem, kyslíkem, dusíkem a sírou) a nehuminové (polysacharidy a proteiny). Obsah huminových látek v povrchových vodách je podstatně vyšší (60–75 %) než u nehuminových (Pivokonský *et al.*, 2010; Porcal *et al.*, 2009). Podle velikosti částic NOM jsou děleny na rozpuštěné (DOM – Dissolved Organic Matter), které nabývají z hlediska výzkumu důležitějšího významu a jsou tvořeny huminovými látkami (fulvokyseliny, huminové kyseliny), a nerozpuštěné (POM/SOM – Particulate/Suspended Organic Matter). Hranice velikosti těchto látek je stanovena na 0,45 μm (Porcal *et al.*, 2009).

DOM ovlivňují fungování vodních ekosystémů v podobě stopového transportu kovů, absorpce světla a fotochemie, zásobování energií a živinami (Evans, 2005). Nejvíce mobilní jsou ve formě půdní organické hmoty a přispívají k procesům formování půd (Kalbitz *et al.*, 2000). Zdroje a stáří DOM jsou různé. Čerstvá organická hmota vstupuje do horních vrstev půdy především shora, a to během intenzivní biologické činnosti. Do hlubších vrstev se dostává například splachem, při intenzivních deštích, vylučováním organického uhlíku kořeny či rozkladem rostlinných opadů (Köhler, 2009).



Obrázek č. 1: Konceptní model procesů podílejících se na tvorbě rozpuštěné organické hmoty (upraveno dle Kalbitz *et al.*, 2000)

Rozpuštěné organické sloučeniny se mohou mísit i s frakcí rozpuštěného uhlíku tzv. DOC (DOC – Dissolved Organic Carbon), (Fryčová, 2012). Celkový obsah organických látek ve vodním prostředí lze tedy stanovit pomocí rozpuštěného organického uhlíku. U vodních toků vyšších zeměpisných šířek bylo zjištěno, že rozpuštěný organický uhlík tvoří více než 90 % celkového organického uhlíku (TOC – Total Organic Carbon), (Sarkkola, 2009). Metody zjišťující jeho přítomnost jsou založeny na oxidaci organických látek a CO₂. Pomocí výsledků (ne)přítomnosti TOC se pak může spolehlivě určit například kvalita vody (Černá, 2011). Zvýšené koncentrace TOC a kovů, jako je hliník či železo, může mít negativní dopad na jakost vody. Dále je organický uhlík velice důležitou energetickou podporou organismů (Parsa, 2020). Koncentrace TOC mohou být výrazně ovlivněny změnou teplotních podmínek, pH, vlhkostí půdy, srážkami a s nimi souvisejícím odtokem.

Koncentrace DOC se ve vodních zdrojích liší (od <1 do >50 mg/l). Nejnížší hodnoty nalezneme v oceánech a také u podzemních a pramenných vod. Naopak nejvyšší koncentrace nalezneme u vod organického původu, vod odvodňujících mokřady a rašeliniště a u vodních toků s nízkým průtokem (Evans, 2005). DOC mohou ovlivňovat export a toxicitu kovů. V případě sníženého pH se zvyšuje mobilita hliníku ve vodním prostředí, která se následně mění v toxičtější formu (Ågren, 2007).

V současné době dochází k velkému nárůstu koncentrací DOC především v těchto oblastech. Nárůst byl zaznamenán například v Evropě, Severní Americe, Velké Británii. Budoucí scénáře některých studií ze Spojeného království naznačují nárůst koncentrací DOC téměř o polovinu (Evans, 2005; Xu et al., 2020; Fenner et al., 2021; Ferretto et al., 2021). S vyššími koncentracemi DOC se také potýkáme v zaledněných oblastech, kde díky klimatickým změnám dochází k rapidnímu tání, díky kterému je organická hmota více přístupná (Monteith et al., 2007). Na změnu koncentrací také poukazují Freeman et al. (2001), McDonough et al. (2020) a Houle et al. (2020), kteří potvrzují myšlenku změn koncentrací organických látek v souvislosti s oteplováním. Na zvyšující se koncentrace může mít vliv například změna pH, zvýšená teplota vzduchu, změna odtoku, zvýšení atmosférického CO₂, silná sucha a eutrofizace (Clay, 2009). Výše zmíněné procesy a vztahy jsou detailněji řešeny v následujících kapitolách.

2 Změna koncentrací organických látek

Změny koncentrací DOM a dalších látek ve vodních tocích jsou přímo závislé na procesech spojených se suchozemskými ekosystémy (Hejzlar, 2003). Z výsledků mnoha studií vyplývá, že v rámci změn koncentrací DOC dochází v posledních letech především k jejich nárůstům. To bylo například sledováno v posledních 15 letech na několika lokalitách ve Velké Británii, kde došlo k nárůstům a na některých tocích ke stagnaci koncentrací DOC. Přičemž k největším nárůstům zde docházelo především v 80. letech. Pro analýzu trendů evropských povrchových vod byl dokonce vytvořen program UNECE ICP Waters. Ten po patnácti letech sledování také potvrzuje nárůsty koncentrací DOC nejen na Britských ostrovech, ale i v dalších severských zemích Evropy a napříč Severní Amerikou včetně Kanady (Monteith et al., 2015; Musolff et al., 2018; Evans et al., 2005; Xu et al., 2020; Meshesha et al., 2020; Kropáček et al., 2015). Pro střední Evropu však stále neexistuje souvislé pozorování trendů vývoje změn koncentrací. Nicméně Hejzlar et al. (2003), jehož zájmové povodí byla řeka Malše, uvádí, že stejně jako u předchozích zmíněných regionů i Česká republika od 80. let zaznamenává nárůsty koncentrací DOC. Naopak jiná studie na řece Vltavě zjistila, že koncentrace DOC se od 60. do 90. let 20. století spíše snižovaly, a to v důsledku lepšího čištění odpadních vod. Poté však koncentrace začaly narůstat v reakci na změnu klimatu (Kropáček et al., 2021).

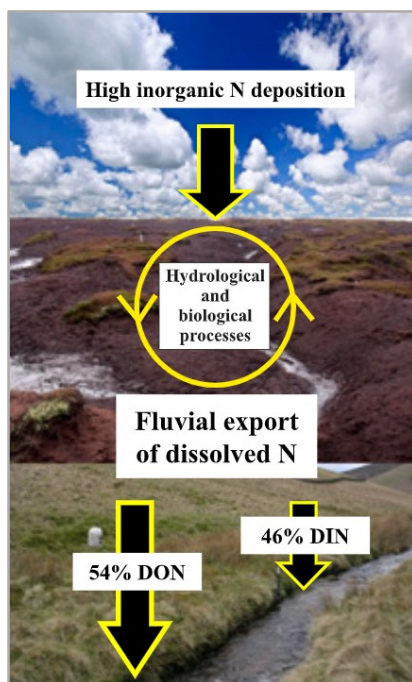
Nárůsty koncentrací organického uhlíku potvrzují i německé studie, které také potvrzují nárůst koncentrací DOC s důrazem na klimatické podmínky (Musolff et al., 2018; Smith et al., 2020). Smith et al. (2020) tyto změny zkoumal v souvislosti se změnou jakosti vod zhruba 30 let na tocích v oblastech východně od Berlína (nížinný region v mírném přechodném pásu).

Ačkoliv většina zkoumaných trendů v mnoha regionech vykazuje výrazný nárůst koncentrací DOC, u některých povodí v posledních letech dochází naopak k jejich významnému snížení. Pokles koncentrací se například týkal řeky Tamar (Velká Británie). Menší poklesy koncentrací pak byly pozorovány i v celé jihozápadní Anglii, Walesu, severní Anglii a Skotsku (Worrall, 2007).

Přestože je k dispozici mnoho studií sledujících rostoucí koncentrace DOC, stále neznáme jasné příčiny těchto trendů. Jeden z možných problémů spočívá například v existenci mnoha nejistot spojených především s chybějícími daty (Sarkkola et al., 2009).

Sledují se i koncentrace dusíkatých látek, jejichž změny jsou většinou spojovány s depozicí atmosférického anorganického dusíku. Například horské oblasti řeky Kinder

s dominantními rašeliništi (Spojené království, jižní Pennines) zaznamenávají za poslední období jejich nárůst. Především z důvodu zvýšené atmosférické depozice. Díky vzorkům odebraným z vodního toku bylo zjištěno, že rozpuštěné organické látky dusíku (DON – Dissolved Organic Nitrogen) představují ~ 54 % celkového ročního rozpuštěného dusíku ($14,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) (TDN - Total Dissolved Nitrogen) a rozpuštěné anorganické látky dusíku představují (DIN – Dissolved Anorganic Nitrogen) ~ 46 %. Výzkum tedy ukazuje, že DON je významnou složkou TDN ve fluvialních systémech rašelinišť.

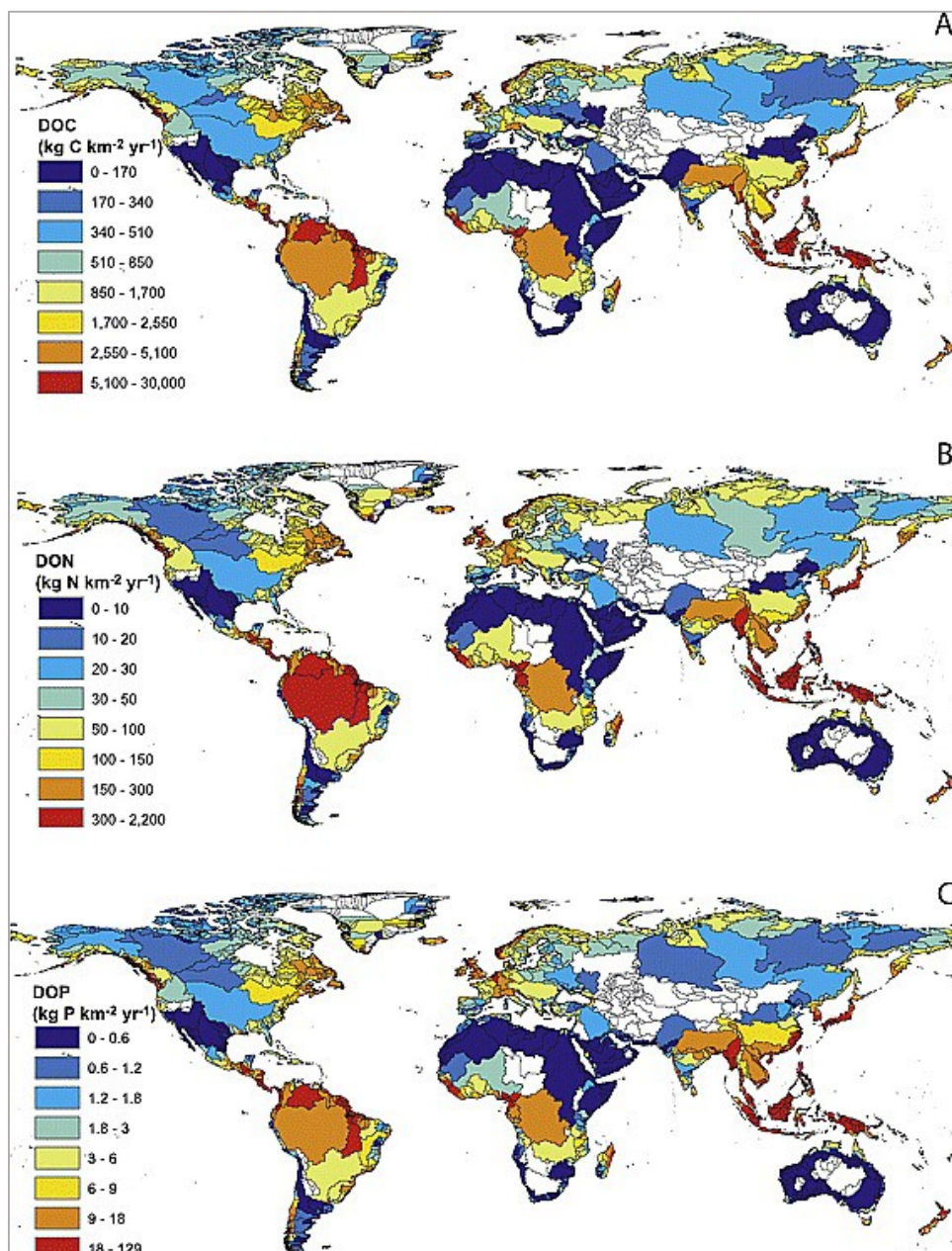


Obrázek č. 2: Schéma znázorňující vstup atmosférického anorganického dusíku do fluvialního systému rašelinišť (Edokpa et al., 2015)

Nicméně i zde v oblasti řeky Kinder se setkáváme s nejasnými vzorci chování koncentrací DON, které jsou s každým vodním tokem či povodím odlišné, jelikož hlavní roli ve změnách hraje charakter povodí, půdní typ, vegetační pokryv apod. (Edokpa, 2015). Kromě sledování DON (např. Evans et al., 2000; Curtis et al., 2004; Helliwell et al., 2007a; Helliwell et al., 2007b) se mnoho dalších studií zaměřilo i na rozpuštěný anorganický dusík (DIN – Dissolved Inorganic Nitrogen). Zde je změna ročních koncentrací opět podmíněna klimatem, přičemž teplota a vlhkost vzduchu hrají klíčovou roli.

Regionální rozdíly hodnot organických látek DOC, DON a rozpuštěného organického fosforu (DOP – Dissolved Organic Phosphorus) sledoval a predikoval pomocí modelů Harrison et al. (2005). Do modelu v případě DOC zahrnul proměnné, jako jsou například plocha mokřadů, průměrný roční odtok, které následně sledoval v souvislosti s exportem DOC. Proměnné pro DON a DOP spočívaly například ve vstupech N/P z anorganických hnojiv, ve vstupech z odpadních vod (i bodové) a také v průměrném ročním odtoku.

Z výsledků vyplývá, že zvýšené hodnoty DOC lze hledat především v tropických oblastech jihovýchodní Asie, Indonésie, západní Afriky nebo na západním a východním pobřeží Kanady. Nízké hodnoty se pak typicky vyskytují převážně v oblastech s nízkým odtokem. V případě DON jsou obecně vyšší hodnoty v regionech s intenzivním zemědělstvím a vyšší hustotou obyvatel. To se týká například Evropy a jihovýchodní Asie. Naopak u nízkých hodnot DON obecně platí, že se jedná o relativně suché regiony s nízkým antropogenním vlivem.



Obrázek č. 3: Predikovaná roční produkce DOC (a), DON (b) a DOP (c) (Harrison et al., 2005)

Kromě celkových trendů změn koncentrací organických látek se sleduje změna i z pohledu sezonality. Finské a severoamerické studie (Evans, 2005; Mattson et al., 2015)

potvrzují trend zvyšujících se koncentrací organických látek. Kromě tohoto trendu však sledovaly i vliv změny klimatu na roční změny koncentrací DOC a celkového organického dusíku (TON - Total organic nitrogen). *Mattson et al. (2015)* tyto změny sledoval v boreálních oblastech na 30 finských tocích. Zde byly nejvyšší průměrné roční koncentrace TOC naměřeny na podzim a na jaře (v době zvýšeného průtoku díky tání sněhové pokrývky). Průměrné nejnižší měsíční koncentrace TON byly zjištěny v zimě s tím, že narůstaly s příchodem léta a podzimu. U povodí s převahou rašelinišť činil podíl jarního tání sněhové pokrývky na ročním exportu látek přibližně 30 %, zatímco u ostatních povodí (zemědělská, lesní) zhruba 20 %. Také *Sarkkola (2009)*, sleduje nárůst koncentrací TOC v zalesněných povodích ve východním Finsku, kdy byl tento trend nejzřetelnější v poslední dekádě sledovaného období (1978–2006), a to především v jarních měsících. Je tedy zřejmé, že na změnu koncentrací má vliv roční období a hydro-klimatické podmínky. Touto problematikou se více zabývá kapitola č. 2.1.2.

2.1 Potenciální faktory ovlivňující změny koncentrací látek

Změnu koncentrací organických látek a dalších látek ovlivňuje několik faktorů, které mohou být přírodního i antropogenního charakteru. Jak již bylo výše popsáno, jedná se především o klimatickou změnu, která je spojena s mnoha ukazateli. Mezi nejdůležitější patří například teplota vzduchu, srážky, vlhkost půdy či tání sněhové pokrývky. Dále pak také změna land use / land cover (využití půdy / krajinný pokryv) a předchozí podmínky v daném povodí, které budou řešeny v následujících kapitolách (*Bieroza et al., 2015; Kalbitz, 2000*).

2.1.1 Biochemické procesy

Za první potenciální faktory ovlivňující změnu koncentrací organických látek lze považovat biochemické procesy. V důsledku zvyšujících se vstupů minerálních kyselin (anorganické kyseliny – nejčastěji kyselina sírová, chlorovodíková a dusičná) se může do půdy uvolňovat menší množství organických kyselin, což následně způsobuje snížení organických kyselin v odtokovém procesu. Koncentrace DOC by v tomto případě byly snižovány (vysoké koncentrace kyselých iontů). Tuto hypotézu podpořily i paleolimnologické výzkumy, jak uvádí *Evans et. al. (2008)*. Z laboratorních analýz je potvrzena závislost chování DOM na pH. Je známo, že zvýšené pH hodnoty způsobují uvolňování DOM, avšak nejsou známy přesné hodnoty (množství) uvolňování. K poklesu pH ve vodním prostředí dochází během jarních povodní a podzimní bouřkové činnosti

(Curtin et al., 2016; Ågren et al., 2010). Vztah pH a organického uhlíku v půdním prostředí zkoumala studie Oulehle et al. (2018) prováděná v České republice. Zde se jednalo o experiment na dvou lesních povodích (smrkové a bukové), kde docházelo k umělému okyselování. Výsledky prokázaly, že se snižujícím se pH dochází k poklesu průměrných ročních koncentrací organického uhlíku u obou povodí, i když s rozdílnými hodnotami. Vztah změn koncentrací organických látek a pH však nemohou potvrdit například Stoddard et al. (2003) či David et al. (1999). Tato závislost tedy zůstává stále nejasná.

Dalším faktorem, který může způsobovat změnu koncentrací organických látek, je zvýšený nebo snížený obsah síranů v půdě. Díky sníženým vstupům síranů může dojít k většímu uvolňování DOC. Naopak snižování DOC je spojeno se zvýšenými vstupy (Worrall, 2007). Bylo zjištěno, že okyselení způsobené oxidací redukované S na SO₄ během suchých epizod je spojeno s poměrně velkým snížením DOC. Dále byla pozorována změna koncentrací TOC v souvislosti s atmosférickými depozicemi SO₄, NH₄ a NO₃, zde však byla zjištěna také nejednotná (Sarkkola, 2009).

2.1.2 Hydro-klimatické faktory

Změny koncentrací látek a procesů organické hmoty, jako je rozklad či produkce, ovlivňují především hydro-klimatické faktory. Mezi ně řadíme například teplotu vzduchu, suchá období, bouřkové nebo povodňové události spojené s vydatnými dešti a zvyšujícím se průtokem. Tyto faktory pohání mechanismy, jako je změna koncentrací, doba zpoždění a transport látek (Pekel et al., 2016; Gleeson et al., 2012; Edokpa, 2015). Obecně je přijímán princip, že za vyšších teplot a nižších průtoků dochází k nahromadění látek v povodí (Larsen et al., 2011). Následně za zvýšeného průtoku během silných dešťů dochází ke zvýšenému transportu těchto nahromaděných látek do vodního toku (Rostami et al., 2018). Proto je nezbytné sledovat změny chování látek ve vztahu k hydro-klimatickým změnám (Cawley et al., 2018).

Existuje řada hydro-klimatických procesů, které dynamicky ovlivňují procesy látek ve vodních tocích. Jedním z nich je snížený průtok, který může mít za následek zvýšení koncentrací organických látek ve vodním toku. Toto však nemusí být nutně podmínkou. Ke zvýšeným koncentracím látek může docházet i za zvýšených průtoků, což dokládá většina studií. Dokazuje to například Hejzlar et al. (2003), kdy na řece Malší při silné srážko-odtokové události v červenci roku 1999 došlo ke zvýšení koncentrací DOM. Možné vysvětlení je, že během zvýšeného průtoku je vodní tok více v kontaktu se svrchními půdními horizonty bohatými na organické látky, což může vést k vyšším koncentracím

organických látek. Také sušší předchozí podmínky mohou hrát významnou roli pro množství koncentrací organických látek v průběhu srážko-odtokové události.

Zajímavé je sledovat tento mechanismus v povodích s rašeliništi. Akrotelm představuje povrchovou vrstvu rašelinišť, která je nejvíce aktivní, propustná, a proto uvolňuje většinu látek během srážko-odtokových událostí (spodní část katotelm – odumřelé sedimenty, málo propustný). Díky vysoké pórovitosti a opakujícímu se zvyšování či snižování vodní hladiny dochází k provzdušňování. To následně vede k vysoké biologické aktivitě spojené se zvýšenými hodnotami organických látek. Tento proces byl sledován například v podmáčených oblastech Odersprung (pohoří Harz) v nadmořské výšce 800 m n. m. s průměrnými ročními srážkami 1500 mm. Zde byly nejnižší koncentrace DOC zaznamenány v polovině dubna během tání sněhové pokrývky (ředění, nízké nahromadění látek v zimním období). Naopak nejvyšší hodnoty DOC byly naměřeny během léta a podzimu za předpokladu předchozího suchého období, během kterého se látky nahromadily (Broder *et al.*, 2015). Nižší koncentrace DOC mohou ovlivnit i srážky, pomocí kterých dochází k procesu ředění. Vysoké koncentrace organických látek uvolňované z akrotelmu za předchozích suchých podmínek a následné delší srážko-odtokové události tedy nemusí být pravidlem (ředění srážkami). Ke zvýšenému uvolňování organických látek ze svrchních vrstev může také docházet i během opětovného zvlhčení. Tento proces však stále zůstává neobjasněn.

Nasadě je i hypotéza, že při zvýšených průtocích dochází k vytlačování vody ze spodních vrstev rašelinišť. Díky těmto spodním vrstvám pak dochází ke zvýšenému transportu látek do vodního toku během srážko-odtokových událostí (v případě DOC přibližně s tříhodinovým zpožděním). Následně po takovýchto intenzivnějších srážko-odtokových epizodách, kdy se organické látky vyplavují díky zvýšené hladině podzemní vody, hodnoty organických látek klesají (Broder *et al.*, 2017; Quassim *et al.*, 2014). Touto problematikou se zabýval například Kocum *et al.* (2016; 2018) v experimentálním povodí Rokytka, pramenné oblasti Vydry. Byl zjištěn snížený transport koncentrací DOC z katotelmu během suchých epizod. Naopak zvýšený transport DOC z akrotelmu byl zaznamenán v létě během výrazných srážko-odtokových událostí. V rašelinných povodích, kde jsou půdy permanentně nasycené vodou, ale může nastat i zcela jiná reakce. Zvyšující se průtok zamezí přímému kontaktu hladiny vody s půdními vrstvami bohatými na organické látky. To má za následek nižší export látek do povodí a výrazné ředění koncentrací.

Najdeme i studie popírající jakékoliv dynamické změny koncentrací látek související s hydro-klimatickými faktory. Například *Clark et al. (2008)*, zkoumající povodí v severní Anglii, poznamenává, že v případě nasycení půdy vodou během významných srážko-odtokových událostí koncentrace látek nemusí vykazovat žádné navýšení či snížení hodnot. Nedochozí zde totiž ke změně odtokových cest mezi organickými a minerálními vrstvami. Naopak *Holden et al. (2012)* tvrdí, že rašeliniště působí jako bodový zdroj s konstantními koncentracemi rozpuštěných iontů během základního odtoku. Za zvýšeného odtoku pak dochází k typickému poklesu koncentrací. Takovéto chování látek bylo zkoumáno v severní Anglii (Moor House – Severní Pennines), v povodí s charakteristickým subarktickým oceánským klimatem s hojným výskytem vřesovišť a rašelinišť. Nicméně i zde se setkáváme s výzkumy, které oponují. Některé uvádí, že koncentrace DOC během bouřkových událostí naopak vzrostly ve srovnání se základním odtokem. Toto bylo zaznamenáno například výzkumem *Austnes et al. (2010)* v severním Walesu v povodí s rašeliništi, kde byly vzorky vody odebírány na podzim, jelikož se v tomto období očekávaly vyšší koncentrace DOC.

Kromě výrazných srážko-odtokových událostí jsou pro dynamiku změn koncentrací a transportu látek velmi významná i suchá období. Zde bychom se měli mít na pozoru, jelikož klimatické modely předpovídají zvýšenou frekvenci letních suchých epizod a zvýšenou evapotranspiraci. Což by způsobilo snížení odtoku, které by pravděpodobně vedlo k menším transportním procesům uhlíku a dalších látek z půdního prostředí. Mnoho novodobých studií říká, že při suchých epizodách dochází k nárůstu oxidačních procesů (sníží se hladina podzemní vody – HPV, což vede k lepšímu okysličení), zejména v povodích s rašeliništi. Pokud po delším období sucha přijdou přívalové srážky (výrazná srážko-odtoková událost v podobě bouřek), dojde k nárůstům DOC a dalších látek ve vodních tocích (*Novák et al., 2013*). Dalším faktem je, že tyto hydro-klimatické změny (evapotranspirace, snížený vodní stav) urychlují biologický rozklad. A následně látky jako DON, DOC a další se do fluvialního systému dostávají především díky bouřkovým událostem.

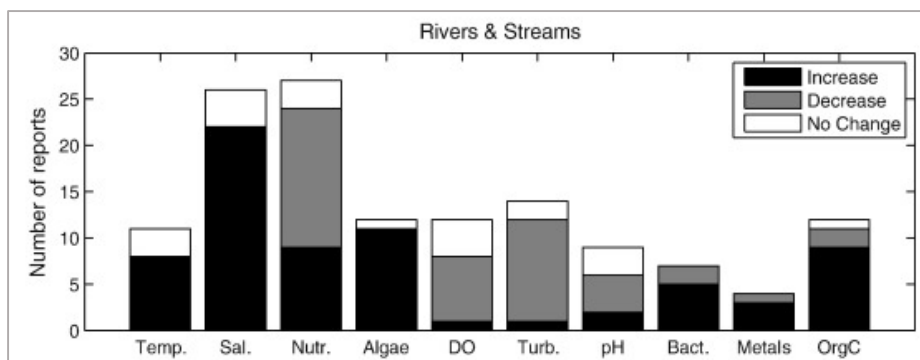
Spojitosť změn chování látek a bouřkových událostí sleduje a potvrzuje mnoho studií, podle kterých za bouřkových událostí dochází k dynamickým změnám koncentrací a transportu látek (*Wagner et al., 2019; Lee et al., 2019*). Tuto skutečnost dokládá například studie z předalpského povodí Oberer Seebach v Rakousku, kde byly zvýšené hodnoty látek naměřeny především v období tání sněhové pokrývky či při výrazných letních a podzimních

srážko-odtokových situacích. Z toho vyplývá pozitivní reakce látek na bouřkové události, kdy hodnoty látek narůstaly s průtokem (*Caillon et al., 2020*).

Pozitivní vztah zvýšeného průtoku nalezneme například v případě chemické spotřeby kyslíku (CHSK). Vlivem změny klimatu dochází i ke zvýšení koncentrací CHSK. Díky nárůstům teploty vzduchu dochází k tání sněhové pokrývky. To pak způsobuje vyšší průtoky v lednu a únoru. Naopak díky menším sněhovým zásobám v březnu a dubnu dochází ke snížení průtoku. Výše uvedené změny hydro-klimatických podmínek v zimním období vedou k nárůstu CHSK (+ 7 %). Tuto skutečnost potvrdily například studie z experimentálního povodí horní Rolavy (*Kočárková, 2016; Hejzlar, 2003*).

Dosažení maximálních koncentrací látek po nebo před kulminací průtoku závisí na předchozích podmínkách daného povodí či podmínkách v průběhu sledované události (ředění srážkami apod.). Touto problematikou se více zabývá kapitola č. 4. Množství a načasování dosažení maximálních hodnot koncentrací v rámci průtoku se liší se sledovanou látkou, předchozími podmínkami v povodí a množstvím uložených zásob v povodí (*Worrall, 2002*).

Dalším faktorem ovlivňující změnu koncentrací organických látek jsou teplotní poměry vzduchu. Studie založené na sledování oteplování rašelinných oblastí ukázaly zvýšenou citlivost DOC na změnu teploty vzduchu. To znamená, že jakákoliv teplotní změna může vyvolat změnu koncentrací DOC ve vodním prostředí (*Broder et al., 2015; Edokpa, 2015*). V rámci pozorovaných rostoucích trendů koncentrací DOC a dalších látek autoři tvrdí, že právě tento trend je způsoben rostoucí teplotou vzduchu. Důvodem mohou být rozkladné procesy, které obecně probíhají mnohem rychleji za teplejších a sušších podmínek, což následně ovlivňuje množství DOC v povodí (*Freeman, 2004*). Příkladem přehledové studie, která řeší změnu látek a dalších parametrů s teplotou vzduchu, je *Mosley (2015)*, který potvrzuje dynamické změny v jejich chování v souvislosti s touto proměnnou. Studie byla založena na vyhodnocování studií týkajících se problematiky kvality vody, změny teploty vzduchu, sucha apod. z několika vědeckých databází. Z výsledků práce vyplývá, že většina vybraných studií dokládá například snížení hodnot CHSK, zvýšení koncentrací organického uhlíku apod. Studie také potvrzuje nahromadění látek během suchých období, které jsou následně s příchodem srážko-odtokové události mobilizovány, a dosažení maximálních koncentrací DOC trvá delší dobu.



Obrázek č. 4: Změny vybraných parametrů během suchých událostí (Mosley, 2015)
 Vysvětlivky: Temp. (teplota), Sal. (salinita), Nutr. (živiny), Algae (řasy), DO (rozpuštěný kyslík), Turb. (zákal), Bact. (bakterie), Metals (kovy), OrgC (organický uhlík), černá barva značí nárůst, šedá pokles a bílá značí žádné změny parametrů.

Ne však všechny studie tento fakt potvrzují. Některé terénní a laboratorní analýzy naznačují, že koncentrace DOC nejsou na teplotu natolik citlivé, aby její zvyšování zodpovídalo za 65 % navýšení koncentrací v některých povodích. K dosažení tak velkého nárůstu DOC by bylo zapotřebí navýšení teploty vzduchu o více než 10 °C.

Porovnává se také vliv suchého období se zvýšeným atmosférickým CO₂ na uvolnění DOC z rašelinišť, jelikož zvýšený CO₂ mobilizuje uložený uhlík v rašeliništích a zvyšuje primární produkci. Tuto problematiku zkoumala například studie v povodí pramenné oblasti řeky Wye ve velšských horách v blízkosti Plynlimonu. Výsledky odhalily, že uvolňování DOC je mnohem citlivější na atmosférický CO₂ než na oteplování či změny v podobě sucha (Freeman, 2004). Tyto atmosférické depozice podle některých výzkumů poskytují jediné regionálně konzistentnější vysvětlení vzestupných trendů koncentrací DOC u povrchových vod (Monteith et al., 2007).

Dalším možným vysvětlením změn koncentrací a chování organických látek je zvýšený výskyt požárů, který taktéž souvisí s klimatickou změnou (Yu et al., 2019; Loiselle et al., 2020). Tyto skutečnosti sledovala studie na řece Elbow (po ústí přehrady Glenmore) v horských oblastech Skalistých hor na jihozápadě Albery. Pramenné oblasti se nacházejí v průměru v nadmořské výšce 3 205 m n. m. a tok protéká oblastmi boreálních lesů. Studie potvrzuje fakt, že nárůst koncentrací TOC, a to jak v současnosti, tak v budoucnosti, mohou způsobovat právě požáry spojené s klimatickou změnou. Vlivem požárů dochází k většímu nahromadění organických látek a následně díky zvýšenému odtoku dochází i ke zvýšenému transportu TOC do vodních toků (Loiselle et al., 2020).

Procesy změn dynamiky koncentrací a transportu látek včetně transportních cest se publikace od publikace velmi liší. Ojedinele se setkáváme i s názory, že vlhkostní podmínky nemají vliv na změny koncentrací DOC (Guggenberger et al., 1994). Také závislost změn

koncentrací pouze na suchých podmínkách není jednoznačně potvrzená, jelikož významnou roli hrají počáteční a následující vlhkostní podmínky (Mattson, 2015; Edokpa, 2015). Na čem se ale autoři vesměs shodují, je to, že organické látky jsou jednoznačně citlivé na srážko-odtokové a suché epizody (Mattson, 2015; Hejzlar et al., 2003). Tyto skutečnosti potvrzuje i Raymond et al. (2010) na 30 lesních povodích (s minimální plochou mokřadů) na východním pobřeží USA (státy Pensylvánie, New York apod.), který také za hlavního hybatele zvýšených koncentrací DOC a dalších látek považuje srážko-odtokové události. Podle některých studií však stále není objasněna otázka, zda by dlouhodobé změny srážek, odtoku a teplot přispívaly ke zvyšujícím se trendům hodnot DOC (Mattson, 2015). Zásoby DON a DOC může také totiž ovlivňovat například atmosférická depozice dusíku. Ta může měnit zpracovávání organické hmoty a následnou dostupnost organických substrátů vedoucích k tvorbě DON či DOC. Vše se poté projeví na nedostatku těchto látek ve fluvialním prostředí za bouřkových událostí (Pregitzer et al., 2004; Clark et al., 2007; Inamdar a Mitchell, 2007).

Drought-rewetting

Cykly tzv. drought-rewetting byly určeny jako hlavní faktory ovlivňující produkci (akumulaci) a transport DOC. Během suchých epizod dochází ke zvýšenému rozkladu a nahromadění organických látek v důsledku provzdušňování. Následuje transport těchto nahromaděných látek s příchodem srážko-odtokové události, během kterého se vyplaví velké množství organického materiálu. Zvýšená reakce DOC je tedy pozorována nejen za aerobních podmínek, ale i anaerobních (Lundquist et al., 1999; Mattson, 2015).

2.1.2.1 Sezonalita

Dynamiku TOC a dalších látek řídí hydro-klimatické procesy, jako jsou srážky, tání sněhové pokrývky, povrchový odtok apod., které významně ovlivňují i meziroční zatížení látek ve vodních tocích (Du et al., 2020). Lze říci, že se koncentrace látek mění i v rámci ročních období (Ågren, 2010; Dawson, 2008). Většina nynějších klimatických modelů, které predikují budoucí vývoj, předpokládá, že dojde k hydro-klimatickým změnám především ve výše položených horských oblastech. S rostoucí teplotou vzduchu se zvýší podíl kapalných srážek a zkrátí se doba trvání sněhové pokrývky. Tyto změny pravděpodobně povedou k vyšším zimním koncentracím TOC a dalších látek ve vodních tocích. Především díky intenzivnímu tání sněhové pokrývky, které způsobuje zvýšený transport látek. Proces akumulace spolu s táním sněhové pokrývky poskytují jedinečnou příležitost, jak sledovat změnu koncentrací a transport DOC a dalších látek (Brooks, 1999). Například v případě řeky

Leny některé studie uvádí, že tání sněhové pokrývky spolu s kapalnými srážkami mohou představovat až 84 % celkového ročního transportu DOC. Zde však musíme přihlížet k velikosti povodí apod. (Juhls et al., 2020). Proto by měla být této problematice týkající se sněhové pokrývky věnována větší pozornost z hlediska shromažďování dat apod. (Ågren et al., 2010).

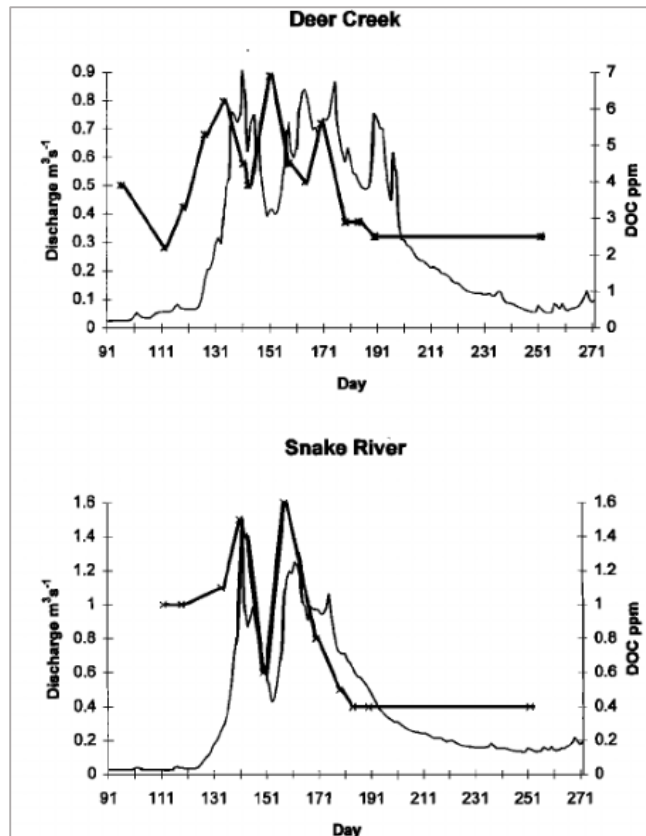
Kolísání koncentrací DOC během tání sněhové pokrývky souvisí především se změnou průtoků. Celý proces je tedy ovlivněn teplotními poměry a také předchozím charakterem transportu látek v povodí. Jestliže během letních a podzimních událostí předchozího roku dominoval vysoký export organického uhlíku, při tání pokrývky následujícího jara by měly být koncentrace nižší. To právě poukazuje na závislost koncentrací látek na předchozích podmínkách v povodí (Brooks, 1999). Touto problematikou se zabýval Strååt et al. (2018). Kolektiv autorů sledoval chování DOC a nerozpuštěného organického uhlíku (POC – Particular Organic Carbon) u řek ústících do Baltského moře. Výsledky potvrzují nejen sezónní výkyvy ve změnách chování látek během tání sněhové pokrývky (zvýšeného odtoku), ale i vliv předchozích podmínek.

Předpokládaná změna klimatu se podle některých také projeví ve vyšších zeměpisných šířkách. Proto byla ve studii Laudon et al. (2013) shromážděna data o průměrných ročních zimních teplotách z vybraných povodí Švédska (povodí Krycklan – mírně vlhké klima, boreální lesy), Skotska (Strontians, SZ Skotska), Kanady (Wolf Creek v Yukonu – nejchladnější ze sledovaných povodí s kontinentálně-subarktickým klimatem (průměrná roční teplota -2.2 °C, zimní -11.6 °C); Harp Lake, Ontario (vlhké kontinentální klima)) a USA (Sleepers River, Vermont – vlhké kontinentální klima; Mack Creek, Oregon)). U těchto povodí bylo následně prozkoumáváno, jak teplejší zimy ovlivňují chování dynamiky změn DOC. Výsledkem bylo zjištění, že povodí s chladnějšími zimami (průměrná teplota cca -5 °C) zaznamenala zvýšený export látek především na jaře. Naopak povodí s teplejšími zimami (> 0 °C) vykazovala rovnoměrnější rozložení koncentrací během roku. Výzkum dále predikuje zvýšení podílu ročního exportu látek na jaře a naopak snížení exportu během léta (Laudon et al., 2013).

K dlouhodobě zvýšeným koncentracím látek může docházet během postupného (déle trvajícího) rozmrazování půdy bohaté na organické sloučeniny, ovšem opět za podmínek sníženého předchozího transportu. Během rozmrazování půdy a tání sněhové pokrývky, kdy stoupá hladina vody, je pravděpodobné, že počáteční koncentrace budou vyšší, dokud se zdroje DOC a dalších látek z určité půdní vrstvy nevyčerpají. Pokud jsou všechny půdní horizonty odvodňovány více či méně současně, budou počáteční koncentrace velmi vysoké

a následně budou rapidně klesat. Naproti tomu, když by tání a rozmrzání trvalo delší dobu, jedna vrstva půdy by v tomto případě byla snadno „proplachovatelná“, což by vedlo k transportu sníženého množství koncentrací organických látek. Zdroje organických látek jsou v tomto případě zakonzervované v půdách. Zakonzervováním se myslí naakumulované látky, které byly vyprodukovány během vegetačního období (Koblitz, 2000).

Problematikou změn koncentrací DOC v půdních vrstvách v souvislosti s jejím promrzáním se zabývala studie v severním Švédsku v povodí Västrabäcken. Jedná se o zalesněné experimentální povodí s typickými podzoly a břehovými rašeliništi, které se rozkládají na 12 ha. Během zimy, kdy byla půda po dobu 72 dní promrzlá, byly koncentrace DOC v hloubce 10 cm průměrně o 10 mg.l^{-1} vyšší než ve srovnání se scénářem, kdy půda promrzlá nebyla. Během zimy s promrzlou půdou přibližně 144 dní a bez sněhové pokrývky se koncentrace DOC zvýšily zhruba o 50 mg.l^{-1} . Přičemž průměrný roční export DOC ve vodních tocích mírných a boreálních oblastí se obecně pohybuje mezi 10 a $100 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Nárůst koncentrací během déle trvající zimy může být způsobeno zakonzervováním, fyzikálními procesy (mráz naruší půdní prostředí a následně může učinit dříve sorbovanou organickou hmotu dostupnější pro vyluhování), ale i biologickými procesy (adaptace organismů na nižší teploty) (Ågren, 2010). Skutečnost, že během déle trvající zimy (promrzlá půda) se zvýšily koncentrace DOC, potvrzuje i Haei et al. (2010) v povodí Krycklan (severní Švédsko) o rozloze 50 ha s charakteristickým smrkovým porostem a rašeliništi. Ukázalo se tedy, že délka zimy, co se týče koncentrací, je rozhodujícím faktorem. Během déle trvajících zim jsou koncentrace DOC vyšší než v případě období s kratší zimou. Koncentrace nezávisí pouze na délce trvání zimního období, ale také na hloubce promrzání půdy a charakteru předchozích podmínek. Například v případě vyššího transportu látek během předchozích vlhkých podmínek je následný transport během tání sněhové pokrývky snížený. Další vliv má také rychlost tání sněhové pokrývky a rozmrzávání půdy (Vance et al., 1991; Dosskey et al., 1997; Koblitz, 2000; Ågren, 2010).

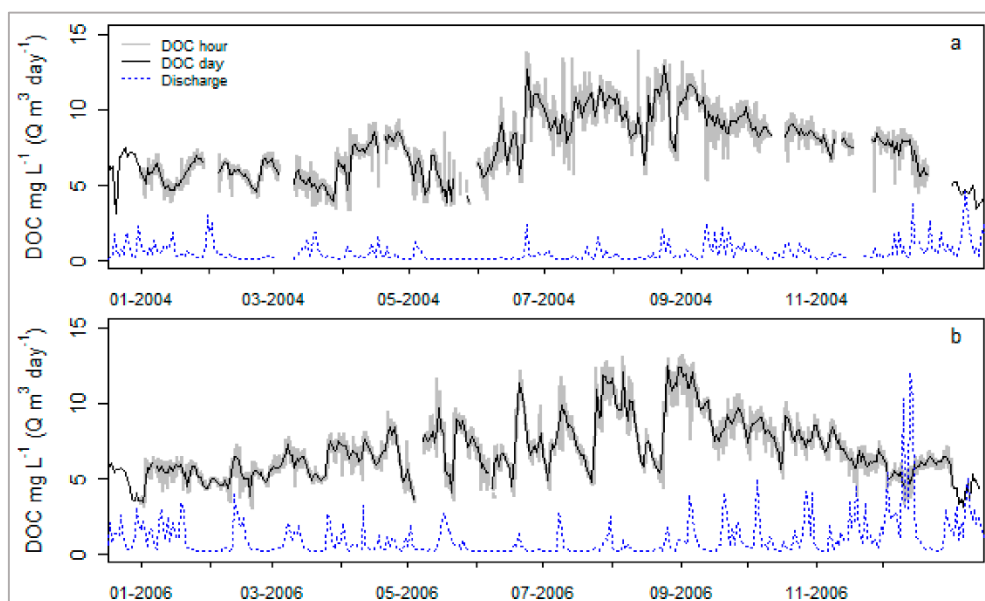


Obrázek č. 5: Graf znázorňující průtok a koncentrace DOC během tání sněhové pokrývky (1996) v povodí řeky Deer Creek a Snake River (Colorado) (Brooks *et al.*, 1999)
 Vysvětlivky: průtok (slabá linie), koncentrace DOC (tučná linie).

Z obrázku č. 5, který znázorňuje průběh průtoku a koncentrace DOC během tání sněhové pokrývky, lze vidět jasné dosažení maxim koncentrací DOC před kulminací průtoku. To je pravděpodobně způsobeno táním sněhové pokrývky (ředění) a množstvím naakumulovaných koncentrací DOC před zimním obdobím.

Akumulaci organických látek a následný transport ve vodních tocích může ovlivňovat proces perkolace (voda z nasycené zóny pomocí puklin pronikne skrz relativně nepropustné podloží do větších hloubek a následně může vyvěrat v jiném povodí, než ve kterém spadla příčinná srážka (Stary, 2005)). V případě, kdy probíhá v povodí celoročně perkolace, nedochází k akumulaci látek, a tudíž během tání sněhové pokrývky nedojde k významnému zvýšení koncentrací. Dále má vliv na množství koncentrací látek i doba vegetačního období, během které dochází k nahromadění látek. Následně během počátečního odtávání sněhové pokrývky či jiných výrazných srážko-odtokových událostí jsou tyto látky transportovány do vodního toku a poté se jejich koncentrace postupně snižují. Zajímavé také je, že k rozkladným procesům v půdních organických horizontech dochází i pod sněhovou pokrývkou. Čili nahromadění látek je možno pozorovat i za těchto podmínek (Strååt *et al.*, 2018; Brooks, 1999; Koblitz, 2000; Liechty *et al.*, 1995).

K dynamickým změnám chování látek však nedochází pouze v zimních měsících během tání sněhové pokrývky. Studie zkoumající jedno z dílčích povodí řeky Glenamong o ploše 18.21 km² (západní Irsko), které je charakteristické vrchovištními rašeliništi a mírným klimatem (blízkost Atlantského oceánu), se zabývala právě změnami chování látek v rámci jednotlivých měsíců. Z hodinových dat byly pozorovány nejvyšší koncentrace DOC od července do září. Následoval pokles hodnot v podzimním a zimním období. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány většinou počátkem léta. Nicméně i toto letní období může být charakteristické poklesem koncentrací (ředění srážkami) (Jennings *et al.*, 2020). Touto problematikou se zabývali i Du *et al.*, 2020 v povodí řeky Elbow. Povodí je charakteristické nižšími úhrny srážek, jelikož se nachází ve srážkovém stínu Skalistých hor v jižní části provincie Alberta. Zde se potvrdily, stejně jako u předchozí studie, nárůsty koncentrací látek již od dubna (tání sněhové pokrývky) s maximy v červnu (letní srážko-odtokové epizody). A právě v období od května do července podle této studie dochází k 68,8 % ročnímu transportu TOC.



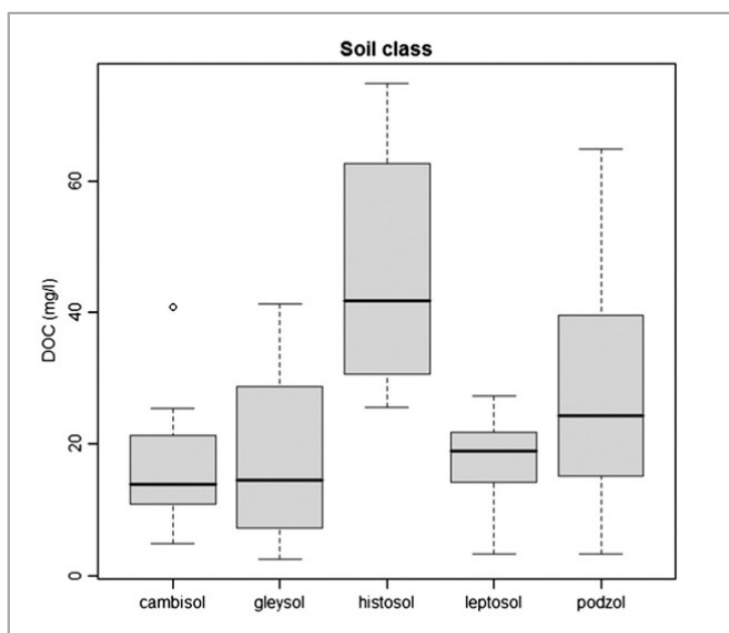
Obrázek č. 6: Průměrné hodinové a denní koncentrace DOC jednotlivých měsíců ve vztahu k odtoku pro řeku Glenamong (upraveno dle Jennings *et al.*, 2020)
 Vysvětlivky: průměrné hodinové (šedá linie) a denní (černá linie) koncentrace DOC ve vztahu k odtoku (přerušovaná modrá linie) pro řeku Glenamong a) 2004, b) 2006.

2.1.3 Půdní prostředí

I půdní prostředí hraje důležitou roli při porozumění dynamiky chování koncentrací a transportu organických látek (Cronan, 1990). Kromě propustnosti závisí koncentrace DOC v půdním prostředí na míře produktivity vegetace, půdní organické hmotě a její spotřebě půdními organismy (Van den Berg *et al.*, 2012). Zdrojem organického uhlíku v půdách je

především rostlinný odpad, půdní organická hmota a rozpad kořenového systému. Laboratorní i terénní výzkumy ukazují, že opad a humus jsou nejdůležitějšími zdroji DOM v půdě. Je však téměř nemožné kvantifikovat příspěvky jednotlivých zdrojů (*Kalbitz et al., 2000*). Vysoké koncentrace DOM také podporuje mikrobiální aktivita, velké množství hub a podmínky zvyšující mineralizaci půd (*Lamparter et al., 2014*).

Důležitým aspektem je charakter půd (*Yang et al., 2017*), takže změny koncentrací DOC souvisejí i s půdními typy (*Billett, 2006*). Půdní typ je zvláště důležitý u povodí horského charakteru, kde se předpokládá, že vstupy DOC pochází především ze suchozemských organických zdrojů (*Ågren, 2010*). Histosoly jsou klasifikovány jako půdy s organickým horizontem > 50 cm. Skládají se z dobře vodou nasycené rašeliny a obsahují nerozloženou Sphagnum (rašeliník), která je patrná do hloubky 20 cm. Histosoly se také obecně považují za půdy s nejvyšším obsahem uhlíku (*Batjes, 2002*), což je jedním z důvodů, proč produkují velké množství DOC. Takové půdy se běžně vyvíjejí nad podzoly. Je tedy zřejmé, že DOC hraje důležitou roli i u podzolů, kde podle dostupné literatury byly uvedeny průměrné hodnoty koncentrací $38,8 \text{ mg.l}^{-1}$ (*Van den Berg et al., 2012*). Podzoly, na rozdíl od rašelin, mají schopnost zadržet DOC v půdním profilu fyzikálně-chemickou adsorpcí, takže zvýšený výskyt těchto půd může přispět i ke sníženému vyluhování DOC v povodí (*Billett, 2006; Lundström et al., 2000*). Naopak nejnižší koncentrace DOC se většinou vyskytují u glejových půd ($15\text{--}18 \text{ mg.l}^{-1}$) a kambisolů ($17\text{--}32 \text{ mg.l}^{-1}$). Podzoly ($24\text{--}38 \text{ mg.l}^{-1}$) a histosoly ($21\text{--}46 \text{ mg.l}^{-1}$) pak dosahují vyšších hodnot (*Van den Berg et al., 2012*).



Obrázek č. 7: Boxplot změn koncentrací DOC (mg.l^{-1}) ve zkoumaných půdních typech (*Van den Berg et al., 2012*)

Koncentrace látek se mohou měnit v půdních horizontech s hloubkou, což je sledováno například pomocí pH, kde se adsorpce organické hmoty zvyšuje s klesajícím pH. Toto tvrzení se však neshoduje s výzkumem *David et al. (1990)*, kde byly sledovány tyto procesy ve východní části Maine (USA), přibližně 60 km od Atlantského oceánu. Výsledky této studie zaznamenaly naopak klesající adsorpci DOC se snižujícím se pH v horizontu B u kyselých lesních půd. Hlavní příčinou těchto změn jsou pravděpodobně půdní minerály, které mají své maximální adsorpční kapacity při různých hodnotách pH. Setkáváme se i s myšlenkami, že pH u většiny půd (obvykle v rozmezí 3,5 až 6) nemá významný vliv na adsorpci DOM, protože adsorpční kapacita je podstatně snížena pouze při pH vyšším než 6,0 nebo nižším než 4,5 až 3,5 (*Kaiser, 1996*). Z pohledu meziročních změn v rámci půdních horizontů B jsou zjištěny relativně konstantní koncentrace DOC během letních měsíců. To potvrdily i závěry studie *Qualls et al. (1991)* u povodí v Severní Karolíně na jihu Apalačských hor a též *Chapman et al. (1995)* u povodí s vyvinutými podzoly a charakteristickými vřesovišti ve středním Walesu.

Se změnou pH souvisí i proces acidifikace. Právě nárůsty koncentrací organického uhlíku v půdě a následně ve vodním prostředí jsou často spojovány s procesem odstranění acidifikace (*Löfgren et al., 2011; Erlandsson et al., 2010; Kang et al., 2018*). Vliv na okyselení mají bazické kationty (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), které se do půd uvolňují zvětráváním podloží (magnezit, vápence). Obecně platí, že půdy bohatší na tyto prvky jsou mnohem méně náchylné k okyselování. Opakem jsou například oblasti s charakteristickým žulovým či rulovým podložím. Okyselování souvisí nejen se změnami organického uhlíku, ale také se změnami hodnot některých dalších prvků. Příkladem může být hliník, který se s okyselením mobilizuje a stává se toxickým (*Říhová, 2014*). Vliv okyselení na chování organického uhlíku potvrzuje *Oulehle et al. (2013)*. Tuto skutečnost sleduje na povodí v severní Anglii s typickými rašeliništi, podzoly a výraznou acidifikací. Druhé experimentální povodí této studie se nachází v severním Walesu (opět s rašeliništi a podzoly), kde ovšem docházelo k menší depozici síry. Výsledky naznačují, že na zvyšující se trendy DOC mají spíše větší podíl hydro-klimatické události než právě zmírňování acidifikace.

Půdní horizonty se liší teplotou ve svrchních a spodních vrstvách, což se může odrážet na změnách koncentrací organických látek. Právě teploty ovlivňují mikrobiální aktivitu v půdách (*Yang et al., 2017; Maia et al., 2019*). Vyšší teploty totiž způsobují zvýšenou mikrobiální aktivitu v půdách, která je v létě specifická pro svrchní půdní horizonty (*Kalbitz et al., 2000; Freeman et al., 2001; Tipping et al. 1999*). Obecně řečeno, hodnoty DOC, DON a dalších, klesají v půdním prostředí s hloubkou (*Kaiser et al., 1997*).

Neopomenutelnou součástí potenciálních faktorů ovlivňující změny koncentrací organických látek je samotný transport. V případě DOC je uhlík transportován především z organických půd a rašelinišť do vodních toků (Hejzlar, 2003). Vliv na zvýšený transport organických látek v půdním prostředí má přítomnost makropórů (Kalbitz, 2000).

Organické látky se mohou transportovat pomocí erozních procesů. Studie Rieckh et al. (2014) sledovala transport organických látek u povodí v severovýchodním Německu, které je typické ornou půdou s průměrnými ročními srážkami kolem 485 mm. Z výsledků je patrné, že transport DOC je ovlivněn především erozními procesy (vodní), které transportují látky do vodních toků. Tuto skutečnost potvrzují i další studie, které tvrdí, že právě půdní eroze hraje hlavní roli transportu látek. S rychlostí a měrou transportu jsou spojeny i postupy hospodaření s půdou, kdy jejich nevhodná aplikace může následně podpořit zvýšenou erozi. Pro transport má také významný vliv změna výšky hladiny podzemní vody (HPV), která ovlivňuje směr a velikost toku látek (Berhe et al., 2013).

Procesy a faktory způsobující transport DOC do svrchních půdních vrstev jsou obtížně definovatelné. Nicméně potvrzuje se zde závislost především na využití půdy a hydrogeologii povodí, kde roli hrají již zmíněná HPV či vsakovací procesy (Van Gaelen, 2014). V případě rašelinišť je transport látek také poměrně složitou záležitostí, jelikož se zde projevuje vliv jednotlivých vrstev. Jasný vzorec transportních cest tedy nelze určit.

2.1.4 Land use / land cover

Změny land use / land cover mohou také výrazně ovlivnit změnu koncentrací DOC a dalších látek. Vliv má především pastva, jehličnaté porosty a intenzifikace zemědělství, konkrétně pak zhutňování půdy či její odvodňování a další degradační procesy. Změny a postupy ve využívání půdy podstatně mění vlastnosti a dynamiku exportovaného DOM a dalších látek. Může docházet například ke změně kvality substrátu či vstupům organických látek (rychlosti, množství) (Stedmon et al., 2006; Kalbitz, 2000).

Vliv změny využití půdy na změnu koncentrací potvrzuje Stedmon et al. (2006), jenž tuto záležitost sledoval u ústí řeky Horsens na pobřeží Jutského poloostrova. Z výsledků vyplývá, že zvyšující se podíl lesních ploch a pastvin vede ke zvýšení exportu DOC a DOM v povodí. Změny koncentrací jsou odlišné v rámci jednotlivých lesních porostů (ekosystémů), které produkují zhruba 45 % celkového terestrického uhlíku. Zejména u povodí s jehličnatými porosty dochází k nárůstům DOC, a to díky mocné vrstvě opadu a mineralizaci (Evans, 2005; Currie et al., 1997). Vyšší hodnoty DOC i DON nalezneme i u smíšených porostů, zatímco u listnatých jsou naopak hodnoty nízké. Z jehličnatých

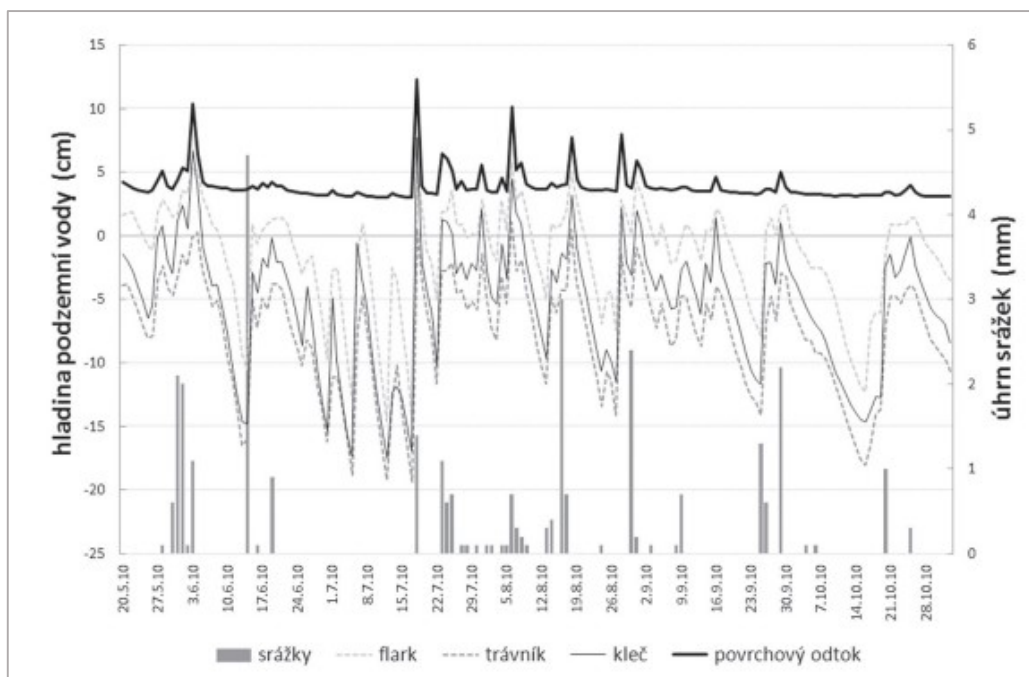
porostů je transport DOC oproti listnatým zhruba o 50 % vyšší (Cronan, 1990; Kuiters, 1993). Vysoké hodnoty DOC samozřejmě platí i pro rašelinné oblasti. Vliv krajinného pokryvu na dynamiku změn koncentrací organických látek sledovala například Špringerová (2019), v experimentálním povodí horní Vydry, Blanice a Rolavy. Studie potvrdila zásadní vliv krajinného pokryvu na koncentrace DOC a dalších látek. U profilů s největším zastoupením rašelinišť hodnoty vykázaly nejvyšší průměrné koncentrace $CHSK_{Mn}$ (chemická spotřeba kyslíku pomocí oxidačního činidla manganistanu draselného), DOC apod. ze všech sledovaných povodí. Důvodem naopak nižšího množství koncentrací transportovaných látek může být i rychlé odvodnění ploch, kvůli kterému se zkracuje doba kontaktu vody s půdním organickým materiálem (Stedmon, 2006).

Aby bylo možné sledovat změnu koncentrací s ohledem na land use, je vhodné rozdělit zájmová povodí do skupin dle převažujícího pokryvu a využití. Pro účely studie Harrison *et al.* (2005) byla zájmová oblast rozdělena na zemědělská povodí, kde je podíl zemědělské půdy > 20 %, rašeliništní povodí (podíl rašelinišť > 30 %), a lesní povodí (podíl lesů nad 45 %). Povodí s vysokým procentem rašelinné půdy se v této studii nacházejí v severním Finsku, kde je pro zimní sezónu typická trvalá sněhová pokrývka. Ta vede v jarním období (tání sněhové pokrývky) k vysokému transportu TOC a TON do fluviálního systému. Zde je třeba upozornit, že vysoké koncentrace jsou zde pravděpodobně podmíněny převážně polohou povodí, a nejen půdním krytem. Naopak zemědělská povodí mají na jaře nižší maxima v porovnání s rašelinnými, zde však vyšší hodnoty dosahuje DON. Samotnou kapitolou jsou povodí s vysokým podílem jezer či jiných vodních nádrží, jelikož čím vyšší je jejich procento zastoupení, tím nižší jsou koncentrace a export látek v samotném vodním toku. Dochází zde totiž k zadržování látek. Vztah hydro-klimatických faktorů a land use na kvalitu vody byl sledován ve studii Yu *et al.* (2016) na řece Wie (přítok Žluté řeky) v Číně během období sucha a dešťů. Z výsledků studie vyplývá, že vzhledem k suchým či srážkově bohatým událostem se vliv land use více projevil za suchých podmínek.

Z výše zmíněného je patrné, že vliv na transport a změnu koncentrací nemají pouze změny klimatu, biochemismus a hydrologické procesy, ale i způsoby využití půdy (Mattson, 2015) a topografické charakteristiky (průměrný sklon, orientace svahů, nadmořská výška či vzdálenost ploch od vodních toků) (Yu *et al.*, 2016).

2.2 Hydrologická funkce a vliv šumavských rašelinišť na variabilitu a transport organických látek

Rašeliniště představují přibližně 20–30 % celosvětové zásoby OC v půdě a jsou důležitou zdrojnicí DOC vodních toků. S tímto pak souvisí fakt, že větší plocha rašelinišť ve sledovaném povodí způsobuje vyšší koncentrace a transport DOC do vodních toků. Díky přítomnosti rašelinišť jsou koncentrace DOC v tocích, které rašeliniště odvodňují velmi proměnlivé a vykazují sezónní výkyvy. Studie sledující tyto procesy v rašeliništích Bernadouze ve východní části francouzských Pyrenejí odhalila, že na tyto dynamické změny má vliv především teplota, srážky a hladina podzemní vody (HPV) a další již výše zmíněné faktory. Výsledky také potvrdily, že zvyšující se koncentrace DOC v toku souvisí převážně se stoupající hladinou podzemní vody, na kterou mají vliv srážky či tání sněhové pokrývky (Rosset et al., 2020; Jutras et al., 2011). HPV v rašelinných oblastech má výraznou sezónní (meziroční) rozkolísanost, a to především u vrchovišť či zalesněných vrchovišť, které jsou dotované srážkovou vodou. V případě přítomnosti srážek HPV začne reagovat téměř okamžitě. Naopak poměrně vyrovnaná hladina HPV je vázána na pramenné oblasti. Co se týče rychlosti poklesu hladiny, jsou udávané hodnoty 2–3 cm/den (Vlček et al., 2012). Během suchých epizod, kdy je HPV snížena, dochází k provzdušňování, zvýšené produktivitě a následnému nahromadění organických látek, které se s příchodem významné srážko-odtokové epizody aktivují a transportují do vodního toku. Nicméně, jak již bylo zmíněno, zvýšené koncentrace organických látek se mohou transportovat i v případě nasyceného povodí, kdy je HPV zvýšená. V tomto případě hrají roli jednotlivé vrstvy rašeliny. Zvýšená produktivita ovlivněna aerobními podmínkami však neplatí u všech rostlinných společenstev. Například mechy jsou naopak produktivnější za vlhkých podmínek (Zhong et al., 2020; Vlček et al., 2012).



Obrázek č. 8: Vývoj HPV a povrchového odtoku v závislosti na srážkách (Rokytecká slat') (Kučerová et al., 2009)

Tato diplomová práce se zaměřuje na experimentální povodí horní Vydry na Šumavě. Na Šumavě se vyskytuje mnoho rašelinišť, což je podmíněno především vlhkým klimatem a reliéfem. Horská rašeliniště či vrchoviště podobná šumavským jsou k nalezení například ve Skotsku či Skandinávii (Kocum, 2018).

Na dynamické změny koncentrací a transportu organických látek mají vliv již zmíněné hydro-klimatické faktory. V této souvislosti se Čurda (2009) zabýval odtokovými režimy v pramenných oblastech Vydry se zaměřením na hodnocení povodňových epizod. Z výsledků je patrné, že na velikost povodňových extrémů má v této oblasti vliv například půdní pokryv, lesní porosty, sněhová pokrývka a morfologické charakteristiky. Řešena je také otázka hydrologické funkce rašelinišť a jejich vliv na utváření extrémních hydrologických událostí (Kocum et al., 2008). Rašeliniště mají tendenci při vysokých srážkách vodu zadržovat, a naopak v období sucha jsou schopna nadlepšovat průtoky. Na tomto principu je postavena tzv. houbová teorie. Nicméně objevují se i studie opačného názoru (Conway et al. 1960; Holden et al., 2001), které tvrdí, že toky odvodňující rašeliniště se vyznačují značnou rozkolísaností průtoků. Při naplnění kapacity rašelinišť dochází k rychlému vzestupu průtoků a během období sucha se zmiňovaný „dotační proces“ také příliš neprojevuje. V tomto případě bylo doporučeno snížit hladinu podzemní vody podmáčených oblastí (Ferda et al. 1971; Bufková et al., 2008). Díky tomu se zvýší mocnost povrchové retenční vrstvy rašelinišť, což následně podporuje zachycení většího podílu vody ze srážkových úhrnů a snížení kulminace povodňové vlny. Odvodnění sice snižuje hladinu

podzemní vody, ale také zvyšuje a urychluje odtok vody z území. Důsledkem toho pak je vyšší předpoklad k výskytu povodňových vln a rozkolísanosti průtoků. Dále negativně ovlivňuje erozní procesy, ve smyslu degradace rašelinového půdního horizontu (*Hais, 2004*). Také se uvádí negativní dopad z hlediska větší rozkolísanosti průměrných denních teplot vzduchu (*Brom et al., 2006*).

Z výše uvedeného je patrné, že rašelinisté mají vliv nejen na průtoky, ale i na kvalitu vody v tocích, které je odvodňují, jelikož se během suchých období vliv rašeliníšť v rámci vodních toků snižuje. To má za následek snížení koncentrací látek vyplavovaných z rašeliníšť. Nicméně může docházet ke zhoršení některých jiných parametrů, jako je biochemická spotřeba kyslíku (BSK) či CHSK, které reagují na zvýšené teploty. Naopak během výrazné srážko-odtokové události či tání sněhové pokrývky dochází ke zvýšené dotaci látek z rašeliníšť do vodního toku. Celková maximální dotace rašeliníšť na výtoku konkrétně v povodí Rokytky byla zjištěna na 10 % (*Kocum et al., 2016*).

2.3 Environmentální a společenské dopady organických látek

Kromě faktorů ovlivňující změnu a transport organických látek je vhodné se zmínit i o jejich dopadech, které mohou mít v případě dlouhodobého zvyšování DOC značné environmentální a sociální důsledky. Zvyšování koncentrací DOC může mít rozsáhlé dopady na sladkovodní biotu, kvalitu pitné vody, pobřežní a mořské ekosystémy a uhlíkovou bilanci (*Evans et al., 2005*). Významné zvýšení koncentrací také vede k sekundární degradaci životního prostředí, protože DOC mobilizuje kovy a znečišťující látky, omezuje pronikání světla a má potenciál produkovat karcinogenní sloučeniny (*Kneale et al., 1999*). DOC navíc obsahuje velký podíl huminových látek, tudíž zvyšující se koncentrace vážně ovlivňují kvalitu vody, protože významně mění její vlastnosti. Změny spočívají v barvě či chuti vody (*Mitchel, 1990*). Jedním z účinných způsobů snižování koncentrací DOC a dalších látek, a tím pádem snížení zbarvení vod, je tzv. blokovaný odtok, který dokáže úspěšně snížit hodnoty DOC, a poté i barvu vody přibližně o 60 % až 70 % (*Wallege et al., 2006*). Asi největší problém pak způsobují úpravnám pitné vody. Odstraňování DOC z pitné vody je velmi nákladná záležitost (zvyšuje se například spotřeba chloru, filtrů apod.). Voda obohacená o vyšší koncentrace DOC transportuje mikropolutanty a vede k nárůstům bakterií, navíc působí jako prekurzor (chemická reakce, při které vzniká jiná sloučenina) během chlorace. V kombinaci s chlorem pak může produkovat karcinogenní sloučeniny. V neposlední řadě se zvyšujícími se koncentracemi DOC dochází k celkové změně uhlíkové bilance (*Clay, 2009; Fenner et al., 2021; Chowdhury et al., 2009*).

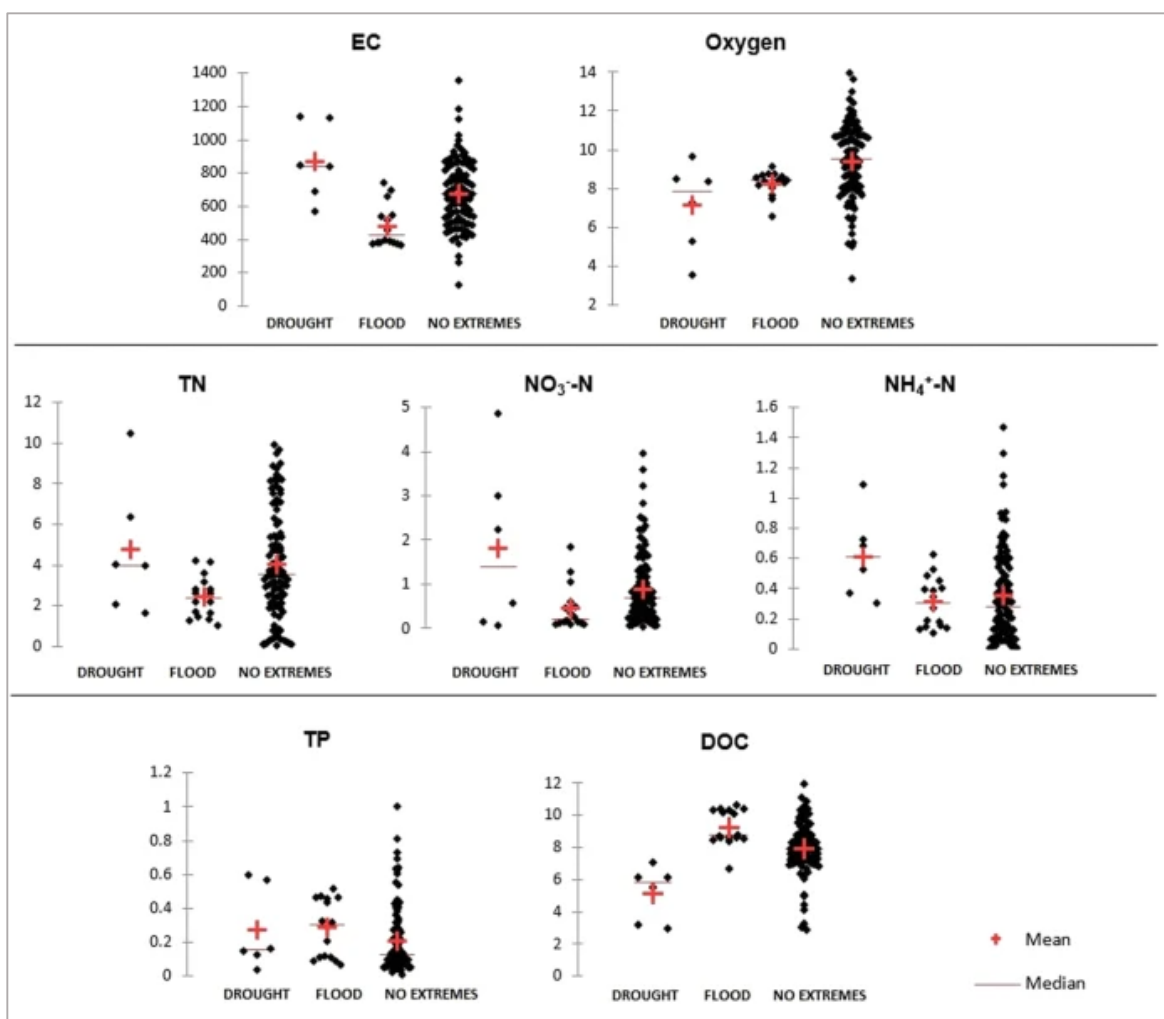
Zvýšené koncentrace DOC ovlivňují dále i mnoho chemických proměnných. To vyplynulo z průzkumů monitorující jezera a vodní toky ve Velké Británii, kde byl zaznamenán zvýšený transport kovů, zejména pak organického Al. Anorganický Al oproti tomu zaznamenal pokles se zvyšujícími se koncentracemi DOC (*Patrick et al., 1991*). Vzhledem ke schopnosti DOC ovlivňovat pronikání světla, energii, živiny a toxicitu kovů ve vodních tocích lze s jeho narůstajícími koncentracemi očekávat i biologické reakce. Zde se jedná například o účinky toxicity Al na ichtyofaunu a další biotu (*Roy et al., 1997; McCartney et al., 2003*).

3 Metody zkoumání změn koncentrací organických látek v povrchových vodách

Tato kapitola se zabývá novodobými studii zkoumajícími změny koncentrací organických látek a jejich užitými metodami. Cílem je poukázat na různé možnosti, přístupy a metody zkoumání v oblasti této problematiky v uplynulých letech.

Jeden z možných a v současné době hojně využívaných přístupů je použití matematických modelů. K určení reakce organických látek na extrémní srážko-odtokové události mohou pomoci především geoprostorové, hydrologické a geochemické modely. Pomocí nich lze například stanovit objem zaplavených mokřadů a následně vypočítat koncentrace DOM (*Rudolph et al., 2020*). K tomu je možné využít například povodňový model založen na GIS (Geografický informační systém), který je, mimo jiné, možno aplikovat i v případě kvantifikace příspěvků DOM uvolněných z různých zdrojových oblastí. Výsledky modelu mohou být dále ověřeny tzv. Bayesianským směšovací model, který je užitečný právě při určování dílčích příspěvků sledovaných látek z různých zdrojových oblastí (*Arend et al., 2015; Bhatia et al., 2011; Rudolph et al., 2020*). Touto problematikou se zabýval *Rudolph et al. (2020)*, v oblasti řeky Neuse (mokřady) na východě Severní Karolíny během významné srážko-odtokové události spojené s hurikánem Matthew. Z výsledků vyplývá, že primárním zdrojem organické hmoty během této události se staly právě mokřady. DOC vyplavovaný z mokřadů se podílel na 48 % z celkového ročního transportu a zhruba 16 % DOC se pak dále vyplavovalo po dobu 30 dní po události. Výsledky také poukazují na to, že ve střední části sledovaného toku jsou zaznamenána maxima koncentrací DOC 8. listopadu s tím, že srážko-odtoková událost proběhla již 18. října. Poté následoval pokles koncentrací, až o 50 % během následujících dvou týdnů. Dále studie potvrzuje již výše několikrát zmíněnou hypotézu, že se zvyšující intenzitou a frekvencí extrémních srážko-odtokových událostí může docházet ke zvýšenému transportu DOM do vodních toků. Tyto výrazné hydrometeorologické události mají dopad na změnu fyzikálně chemických vlastností toku, přičemž k největším změnám dochází druhý den po srážko-odtokové události. Toto zjištění vychází ze studie *Puczko et al. (2020)* pro povodí Biała (16.2 km²) protékající intravilánem města Bělostok v severovýchodním Polsku. Studie sledovala tuto problematiku pomocí Spearmanovy korelační analýzy, pomocí které je možné určit vztahy mezi proměnnými (kvalita vody, srážky, průtok). Následně lze využít vícerozměrnou statistickou metodu, a to analýzu hlavních komponent (PCA analýza), která se užívá především k vizualizaci a porovnání rozdílů kvality vody. Výsledky fyzikálních

a chemických parametrů kvality vody v rámci hydrometeorologických extrémů byly ve studii zobrazeny pomocí tzv. skattegramů, které bodově znázorňují dvě proměnné (např. hodnota vybrané látky a suchá epizoda), přičemž vztah je nejsilnější tam, kde jsou body k sobě nejbližší. Z výsledků je patrné, že suché epizody měly za následek snížení koncentrací kyslíku. Dále suché epizody zvýšily koncentrace dusíkatých látek na rozdíl od výrazných srážko-odtokových událostí, během kterých hodnoty těchto látek spíše klesaly. V případě DOC byla situace opačná. Během suchého období docházelo k poklesům koncentrací (akumulace), a naopak během srážko-odtokových událostí k jejich nárůstům.



Obrázek č. 9: Skattegram fyzikálních a chemických parametrů kvality vody v povodí Biała (Polsko) v období hydrometeorologických extrémů (suché epizody, výrazné srážko-odtokové epizody), (Puczko et al., 2020)

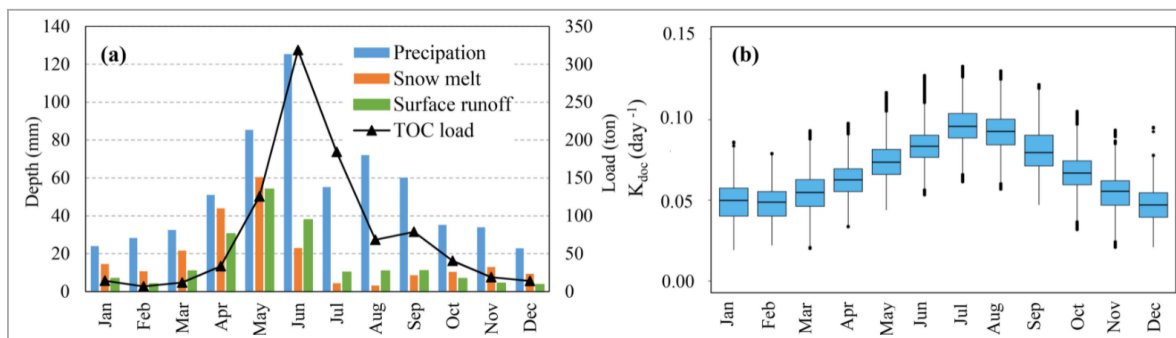
Vysvětlivky: EC – konduktivita, Oxygen – kyslík, TN – celkový dusík, $\text{NO}_3\text{-N}$ – dusičnanový dusík, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ – amonný dusík, TP – celkový fosfor.

PCA analýza je obecně hojně využívaným a spolehlivým přístupem z pohledu monitorování kvality vody. Například studie Nguyen et al. (2020) řešící kvalitu vody v Sasku používala pro vyhodnocení výsledků tuto analýzu včetně Pearsonova korelačního

koeficientu. Studie zkoumala celkem 23 parametrů kvality vody včetně celkového organického uhlíku. Výsledky poukazují na fakt, že organický uhlík je ve zvýšeném množství přítomen především díky přirozeným rozkladným procesům organického materiálu a v červnu a září nejvíce přispívá ke zvýšené variabilitě kvality vody. Pomocí PCA analýzy lze také rozlišit vlivy (míru vlivů) jednotlivých faktorů, které jsou zodpovědné za hydrochemické změny v povodí. Tímto se nabýval *Lehmann-Konera et al. (2019)*, který tuto problematiku sledoval v povodí řeky Scott (Svalbard). Na základě výsledků z analýzy hlavních komponent byly vytyčeny dvě hlavní složky, které nejvíce ovlivňovaly hydrochemické změny v povodí. V první řadě se jednalo o hydrometeorologické vlivy (především ablace ledu) a v druhém případě nejvíce ovlivňovaly hydrochemické změny toku biochemické vlivy (geologie, biologické podmínky). Dále bylo zjištěno pomocí korelačního koeficientu, že změny fyzikálně chemických parametrů (pH, elektrická vodivost) a DOC souvisely se změnami teploty vzduchu a průtoku.

Modelování OC ve vodním toku je možno sledovat například nástrojem Soil and Water Assessment Tool (SWAT), (*Du et al., 2020*). SWAT je založený na procesech souvisejících s erozí půdy, transportem, dynamikou sedimentů a v případě uvedených studií i dynamikou změn fosforu a dusíku (*Worku et al., 2017; Shrestha et al., 2018; Wei et al., 2018*). Pomocí tohoto přístupu lze simulovat procesy OC v krajině i vodním prostředí. Slouží k pochopení fyzikálních, biogeochemických procesů a hnacích sil ovlivňujících zatížení a transport OC a TOC z vnějšího (terestrického) prostředí do vodních toků. Umožňuje vytvořit základ pro analýzu budoucích změn chování sledovaných látek (*Du et al., 2018; Malagó et al., 2017; Shrestha et al., 2018*), ke kterým dochází vlivem změny klimatu a extrémních srážko-odtokových událostí. Nedostatkem tohoto přístupu je však tendence podhodnocování hodnot sedimentů, chemického zatížení a odtoku během krátkých a intenzivních bouřkových událostí. To následně vede k modelové nejistotě, se kterou se musí v tomto případě počítat (*Mehan et al., 2019; Asadzadeh et al., 2016; Du et al., 2019; Zeiger et al., 2016*). Tento přístup byl využit například ve studii *Du et al. (2020)* v povodí řeky Elbow, které je charakteristické rozmanitou krajinou (lesy, pastviny apod.), proměnlivým klimatem a poměrně velkým převýšením (1040–3200 m). Průtoky jsou významně ovlivňovány táním sněhové pokrývky ze Skalistých hor. Výsledky studie ukazují, že na dynamiku TOC má vliv jarní období spojené s táním sněhové pokrývky a také letní odtokové epizody, které jsou hlavní hybnou silou TOC. Také se potvrdilo, že terestrické i vodní prostředí (procesy) řídí dynamiku TOC v povodí, a tudíž je vhodné obě prostředí integrovat. Do modelu byla zahrnuta i rychlost mineralizace DOC (K_{doc}), která je ovlivněna změnou teploty vody. Bylo

zjištěno, že za vyšších teplot roste rychlost mineralizace DOC. Na rychlosti pak závisí celková bilance OC, na kterou mimo jiné působí rychlost růstu a odumírání řas (ovlivňuje světlo, teplota, živiny). Z toho vyplývá, že je velmi důležité při sledování dynamiky toku uhlíku v povodí podrobně sledovat teploty vzduchu.



Obrázek č. 10: Simulované průměrné měsíční proměnné pro povodí Elbow (Alberta) v letech 2001-2015 (Du et al., 2020)

Vysvětlivky: a) hydrologické proměnné a změny hodnot TOC, b) kolísání rychlosti mineralizace DOC (K_{doc}) způsobené změnou teploty vodního toku.

Dalším hojně využívaným přístupem v rámci problematiky chování DOC na srážko-odtokové události je přístup užívající srážko-odtokový model Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning (HBV). I zde z výsledků jedné ze studií horského povodí v subarktickém klimatu řeky Wolf Creek, Yukon, kde se půdy vyznačují silnými organickými horizonty, vyplývá jasná vazba změny koncentrací DOC (nárůstů) během tání sněhové pokrývky. Tento fakt potvrzuje jak simulovaná situace, tak skutečné pozorování (Lessels et al., 2015).

Organické látky mohou být transportovány nejrůznějšími „cestami“. Tímto se zabýval Son et al. (2019), jenž pracoval s ekohydrologickým modelem. Kolektiv autorů studoval tyto změny a procesy v zalesněném povodí (smíšený les) řeky Neversink (jihovýchod státu New York, USA) s průměrnými ročními srážkami 1570 mm a průměrnou teplotou vzduchu 5.2 °C. Z výsledků vyplývá, že koncentrace DOC vykazují vysoké hodnoty na jaře (tání sněhové pokrývky), v létě i na podzim, a naopak nízké hodnoty v zimě. Dále bylo zjištěno, že HPV a příbřežní zóna hrají velmi důležitou roli u událostí s nízkými průtoky. Protože právě tyto dva aspekty napomáhají transportu DOC do vodního toku i během sušších období.

Hojně se využívají přístupy založené na Mann-Kendallovu testu, lineární regresi či Pearsonovu korelačním koeficientu. S Pearsonovým korelačním koeficientem pracovala například Špringerová (2019), která odhalila největší závislost koncentrací DOC na průtocích v letním období téměř ve všech sledovaných povodích. Také Björnerås et al. (2017) analyzoval časové trendy koncentrací Fe na mnoha povodích v severní Evropě

a Severní Americe. Zde bylo zjištěno, že se oblasti s rostoucími koncentracemi Fe shodovaly s oblastmi s rostoucími hodnotami OC a výskytem jehličnatého porostu.

Také je zkoumána míra uvolňování či hromadění látek, což je důležité z pohledu porozumění dynamiky změn toku látek v povodí. Tuto problematiku je možno řešit pomocí hmotnostní bilance, která dokáže objasnit zmíněné procesy (Turner *et al.*, 2006; Day *et al.*, 2002). Z výsledků studie Etheridge *et al.* (2015) v povodí řeky North v Severní Karolíně vyplývá následující. V případě srážko-odtokové události či těsně po jejím uplynutí dochází především k uvolňování a transportu organických látek do vodního toku. U mokřadních oblastí naopak zprvu dochází k zadržování látek, a to po dobu až deseti dnů.

Z výše uvedených studií je patrné, že v rámci dynamiky změn koncentrací a transportu organických látek je využíváno mnoho přístupů. Často se využívají nejrůznější modely v kombinaci s dalšími přístupy. Nicméně při jejich aplikování je nutné počítat s nedostatky a nejistotami, které při jejich užití nastávají.

3.1 Dynamika změn parametrů a látek v podélném profilu

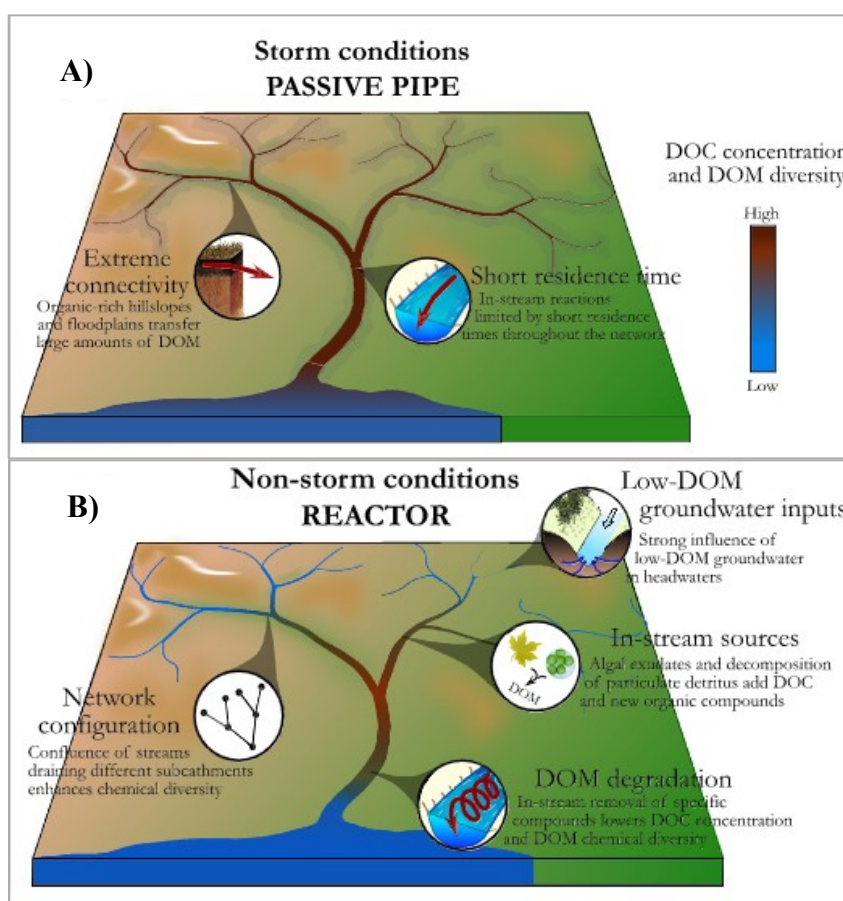
V současné době hojně diskutovanou problematikou je dynamika změn parametrů a látek v rámci podélných profilů toků. Jelikož dynamika změn DOM, dalších látek a parametrů kvality vody není v celém podélném profilu vodního toku stejná (Ejarque *et al.*, 2017; Guarch-Ribot *et al.*, 2016; Voss *et al.*, 2015). Dynamika látek v podélných profilech říčních sítí zůstává stále neobjasněna, a to především z důvodu nedostatku dat integrujících jejich prostorové a časové rozložení (Casas-Ruiz *et al.*, 2020).

Dynamika změn sledovaných proměnných v podélném profilu záleží na charakteru sledovaného úseku vodního toku. Jednotlivé úseky toku jsou často velmi heterogenní například z pohledu land use / land cover, půdního typu apod. Vlivům land use na dynamiku změn toku látek a parametrů kvality vody v dílčích úsecích vodního toku se zabýval například Eckard *et al.* (2020). Konkrétně v povodí Willow Slough v rozsáhlém údolí (425 km²) Sacramento Valley v severní Kalifornii. Průměrné roční srážky dosahují 552 mm a převládá zde středomořské klima. Podle této studie se v zemědělsky využívaných úsecích povodí koncentrace DOC zvyšovaly směrem po proudu a následně byly tyto změny umocňovány srážko-odtokovými událostmi. V rámci podélného profilu tak nelze se 100% jistotou určit jasný vzorec chování jednotlivých látek a parametrů.

Časoprostorovou dynamiku změn DOM a DOC v jednotlivých úsecích podélného profilu sledoval i Granados *et al.* (2020). Výzkum probíhal v převážně zalesněném a zemědělsky využívaném povodí řeky Furosos (severovýchod Pyrenejského poloostrova)

o rozloze 15.2 km², s charakteristickým středomořským klimatem. V rámci této studie byla zkoumána dynamika změn látek během suchých období, jelikož v jejich průběhu dochází k narušení povrchového odtoku a k možnému vzniku tzv. lokálních bazénů či zcela vyschlých úseků, kde mají látky specifický charakter (Datry *et al.*, 2016). Právě v těchto bazénech dochází ke zvyšování koncentrací DOM.

Jedním z možných přístupů, jak zkoumat časoprostorovou dynamiku DOM a dalších látek v říčních sítích během různých srážko-odtokových epizod, je tzv. Bending DOM Concept. S tímto konceptem pracoval Casas-Ruiz *et al.* (2020) v povodí řeky Fluvia (severovýchod Pyrenejského poloostrova), kde je většina plochy povodí pokryta smíšenými lesy. Tento koncept dokáže naznačit chování látek v podélném profilu za bouřkových událostí i nebouřkových situací, jak je naznačeno na obrázku č. 11.



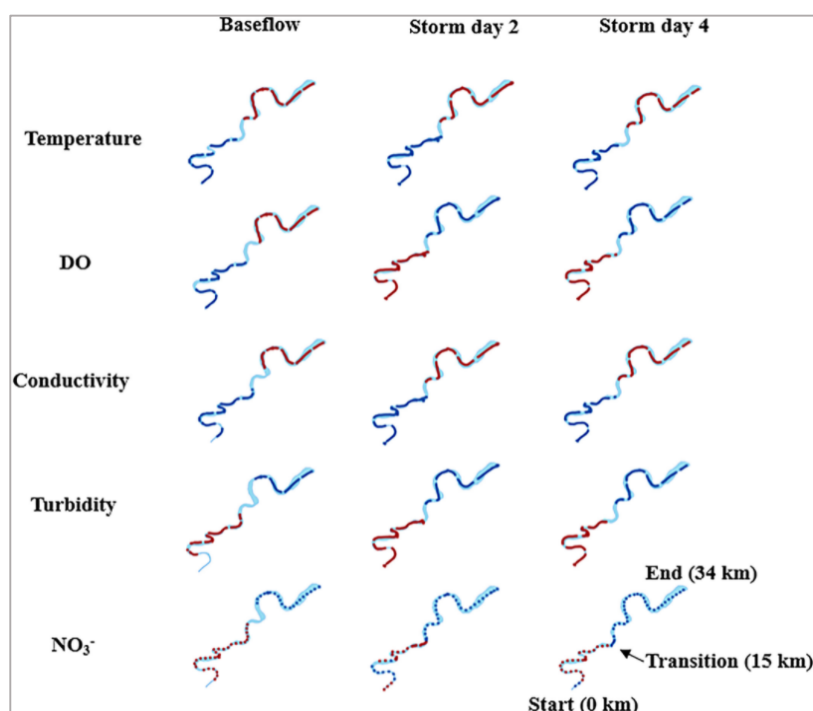
Obrázek č. 11: Znárodnění konceptu Bending DOM na řece Fluvia (severovýchod Španělska), (Casas-Ruiz *et al.*, 2020)

Vysvětlivky: A) situace s významnou srážko-odtokovou událostí (bouřka), B) situace bez významné srážko-odtokové události.

Na obrázku č. 11 znázorňující Bending DOM koncept, jsou zobrazeny potenciální procesy (podmínky), které model vytvořil za bouřkových a nebouřkových situací. Za bouřkové situace během zvýšeného odtoku se velké množství terestrického DOM

transportuje z půdního prostředí do vodního toku. V tomto případě je fluvialní síť nazvaná jako tzv. passive pipe. Koncentrace DOM i chemická rozmanitost jsou vysoké a stabilní podél říčního kontinua. Naproti tomu za nebouřkové situace jsou maximální koncentrace ve střední části toku (vyšší dotace díky rozkladu opadu), které se snižují směrem k ústí. V pramenných oblastech toku jsou koncentrace nižší, což může být způsobeno podzemními vodami chudými na DOM (Raymond et al., 2016; Casas-Ruiz et al., 2020).

Dynamiku změn například dusíkatých látek, fosforu, teploty, rozpuštěného kyslíku (DO), vodivosti a zákalu řešil v rámci podélného profilu Keys et al. (2019). Tuto problematiku zkoumal v průběhu základního odtoku a bouřkových událostí na řece New River v Západní Virginii. Sledované povodí je charakteristické zemědělskou, lesnatou krajinou a vodní nádrží na středním toku sledovaného profilu, která významně měnila dynamiku chování látek. Výsledky naznačují, že během základního odtoku se hodnoty teploty a vodivosti zvýšily směrem po proudu, zatímco zákal a dusíkaté látky významně klesaly (úsek nad vodní nádrží). Také je zde patrná účinnost vodní nádrže, která zachytává vysoké koncentrace některých sledovaných parametrů.

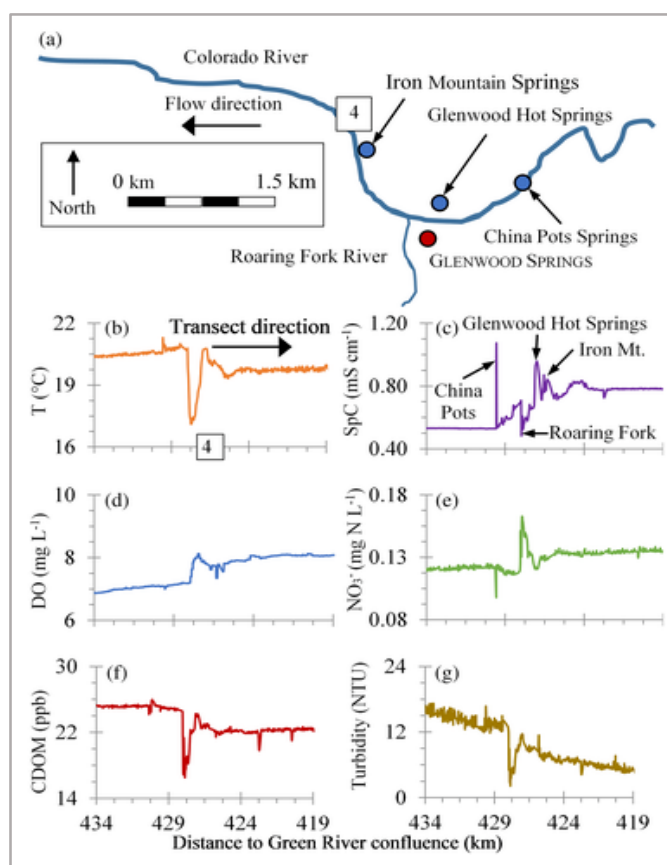


Obrázek č. 12: Výsledky Anselin Local Moran's I statistického testu během základního odtoku a bouřkových situací (New River, Západní Virginie), (Keys et al., 2019)

Vysvětlivky: červená linie – statisticky významné kladné shluky, modrá linie - statisticky významné záporné shluky.

Dalším možným přístupem, jak sledovat chování parametrů a látek v rámci podélného profilu toku, je koncepční model říčního kontinua (RCC – River continuum concept), (Vannote et al., 1980; Hensley et al., 2019a; Mosher et al. 2015). Opakem je koncept

diskontinuity (SDC – The Serial Discontinuity Concept), který pracuje s přerušением říčního kontinua (Lavičková, 2012). Vhodnost užití konceptu RCC a SDC v rámci časoprostorové dynamiky změn látek je možné zkoumat z pohledu přítoků či vodních nádrží, kdy je potvrzen pozitivní vliv diskontinuit (přítoků, přehradních nádrží) na dynamiku změn parametrů, jako je například specifická vodivost (SpC), NO_3^- a teplota vody (Ensign et al., 2017). Nicméně tento vztah se může u jednotlivých parametrů a látek v rámci úseků lišit, a proto nelze jednoznačně určit vhodnost užití těchto konceptů (Hensley et al., 2019a). Vliv vstupů na změnu dynamiky sledovaných látek a parametrů je znázorněn na obrázku č. 13.



Obrázek č. 13: Dynamika změn měřených parametrů a látek ve sledovaném úseku podélného profilu řeky Colorado (Colorado, Utah), (Hensley et al., 2019a)

Vysvětlivky: dynamika změn parametrů b) teploty vody, c) SpC – specifické vodivosti, d) DO, e) NO_3^- , f) CDOM – chromoforická rozpuštěná organická hmota (chromofory – atomové skupiny v molekulách organických látek, které způsobují barevnost sloučeniny (Bureš, 2013)), g) zákal.

Je patrné, že sledováním dynamiky látek a parametrů v podélném profilu se zabývá mnoho studií užívajících několika přístupů. Z výše uvedených konkrétních případů však vyplývá, že určení jasného (obecně platného) vzorce chování látek a parametrů v podélném profilu toků je téměř nemožné. Odvíjí se totiž od charakteru sledovaného úseku. Možným přístupem, jak alespoň nastínit vzorec jejich chování, je porovnávat poměrně homogenní úseky toků (Hensley et al., 2019b).

4 Vliv prekondice povodí na změnu koncentrací a transport organických látek – užití hysterezních smyček

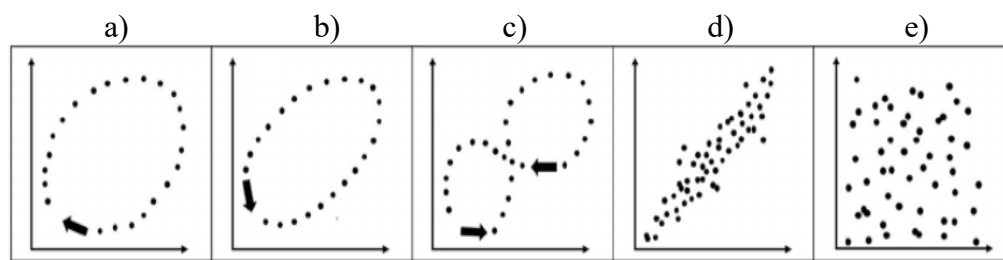
Ve vodních tocích se obecně koncentrace DOC zvyšují s rostoucím průtokem. Tomu napomáhají především výrazné srážko-odtokové (bouřkové) události, kdy se během těchto událostí zvyšuje nejen průtok, ale také hydrická konektivita s okolním prostředím. Dochází ke zvýšenému transportu z distálních (okrajových) zdrojů organické hmoty včetně břehů (půd) bohatých na OC a hyporheické zóny (*Hood et al., 2006; Fellman et al., 2009*). Hyporheická zóna se nachází pod povrchem říčního dna a je vyplněna porézními sedimenty, podzemními vodními zdroji a je saturovaná vodou z koryta toku (*Buriánková, 2013*). Proto jsou tyto události zodpovědné za významnou část ročního exportu DOC a dalších látek v mnoha povodích (*Raymond et al., 2016*).

Rostoucí koncentrace se zvyšujícím se průtokem však nemusí být podmínkou, což mimo jiné vyplývá z předešlých kapitol. V tomto případě je důležité sledovat především předchozí podmínky v povodí. Průměrné koncentrace DOC mohou být vyšší za nižších odtokových událostí a následně nižší během následujícího zvýšeného odtoku. V tomto případě může hrát roli zvýšená hladina podzemní vody a následné vyčerpání organické hmoty s příchodem zvýšeného odtoku. Také srážková událost může mít vliv na nižší koncentrace organických látek. To potvrzuje studie *Hood et al., 2006*, která uvádí, že během první bouřkové události dojde ke zvýšení koncentrací DOC. V průběhu následující bouřkové události (3 dny od první) se sice také koncentrace DOC zvýší, ne však v takové míře. Důvodem může být vyplavení zásob DOC při první bouřkové události a případně ředění srážkami (*Hood et al., 2006*). To poukazuje na důležitost znalosti předchozích podmínek, které jsou podstatným faktorem určujícím množství koncentrací a variabilitu exportovaného uhlíku a dalších látek během bouřkových a jiných významných srážko-odtokových událostí (*Westerhoff et al., 2000*).

Z dříve uvedených výzkumů je k dispozici nespočet možností a přístupů, jak sledovat dynamiku změn koncentrací a transportu organických látek. Nicméně tato diplomová práce se zabývá především přístupem a tím jsou hysterezní smyčky, Pearsonův korelační koeficient a PCA analýza. Pomocí metody hysterezních smyček lze určit časoprostorovou dynamiku změn látek v povodí například během bouřkových událostí na základě odtoku a změn koncentrací v povodí (*Wise et al., 2019*). Právě k tomu lze využít metodu tzv. hysterezních smyček, kdy jejich tvar a směr odráží předchozí podmínky v povodí (*Zuecco et al., 2018*). Obecně se hysterezní smyčky v hydrologii většinou používají pro zjištění

závislosti sledovaných proměnných. Jsou hojně využívány v případě zjištění doby zpoždění. Příkladem tomu může být závislost DOC a průtoku nebo elektrické konduktivity a průtoku, jak uvádějí ve svých pracích Špringerová (2019) nebo Cano-Paoli et al. (2019) a Šajnarová (2021).

Hystereze nastává v případě, když se vztah koncentrací látek a průtoků nebo jiných proměnných liší při nástupu, ústupu či kulminaci srážko-odtokové události (Bowes et al., 2015). Smyčky pak dokáží účinně zachytit dobu zpoždění proměnných v reakci na měnění se průtoky (Chen et al., 2019). Tuto problematiku zkoumal Chen et al. (2019) ve třech urbanizovaných povodích řeky Lower Willamette na severozápadě Oregonu, kde byla zjištěna jasná změna chování znečišťujících látek s příchodem intenzivní srážkové události. Pro tuto studii tedy byla využita metoda hysterezních smyček právě z důvodu jasnějšího pochopení časoprostorových vztahů. U hysterezních smyček lze pozorovat několik typů, které se liší tvarem, velikostí, sklonem a směry (Aguilera et al., 2018; Chen et al., 2019). Jednotlivé typy smyček a jejich charakteristika je blíže popsána v rámci obrázku č. 14.



Obrázek č. 14: Typy hysterezních smyček (Chen et al., 2019)

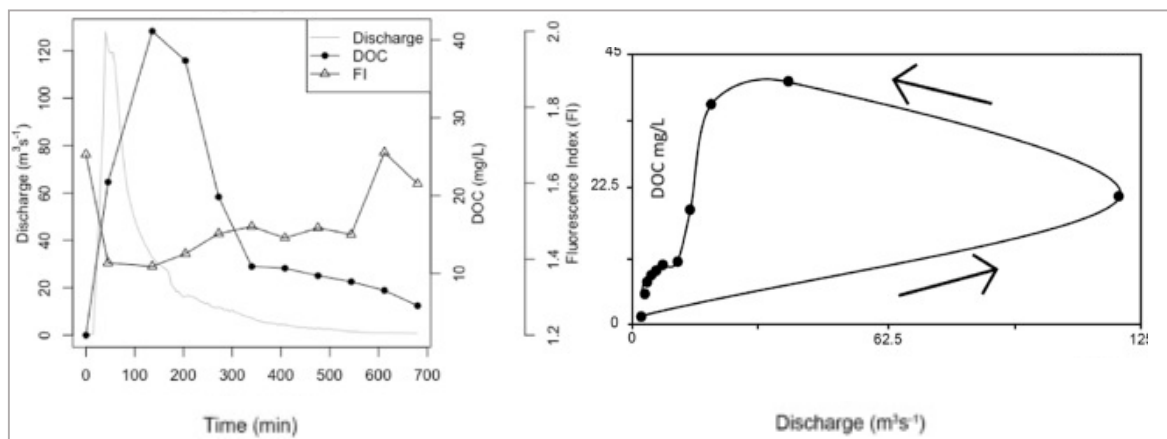
Vysvětlivky:

- Směr hysterezní smyčky po směru hodinových ručiček, značí nejvyšší koncentrace látek před kulminací toku. Zdroje transportovaných látek jsou nahromaděné (sucho) a nachází se v bezprostřední blízkosti vodního toku. Následuje významné naředění (tání sněhové pokrývky, srážky) s poklesem hodnot. Velký prostor uvnitř smyčky naznačuje větší dobu zpoždění látek.
- Směr smyčky proti směru hodinových ručiček, značí nejvyšší koncentrace látek po kulminaci toku s poměrně velkým zpožděním transportu sedimentů.
- Komplexní (složitá) smyčka ve tvaru osmičky, kde se směr smyčky mění ve středu, značí události, při kterých se stoupající a klesající koncentrace mohou vzájemně křížit. Tudiž je přítomna hystereze po (počáteční zvýšení hodnot látek s počátkem odtokové epizody) i proti směru (nárůst hodnot látek po kulminaci toku a následný pokles). Jednou z příčin může být vyčerpání transportovaných látek během počátečního propláchnutí a následný přísun látek z jiných půdních vrstev vlivem změny hladiny podzemní vody.
- Lineární typ nenaznačuje žádnou hysterezi ani dobu zpoždění.
- Rozptýlený typ naznačuje chaotické chování látek během sledované události.

Nejnižší koncentrace DOC jsou zaznamenány před nástupem srážko-odtokové události, naopak nejvyšší bývají naměřeny krátce po dosažení kulminace toku. Následuje jejich postupný pokles. Výsledek hysterezní analýzy užitý ke zjištění vztahu průtoku a koncentrací je v tomto případě proti směru hodinových ručiček. Což značí nárůst

koncentrací po dosažení kulminace s následným poklesem (Vaughan *et al.*, 2017). K tomu dochází nejčastěji v případě, kdy jsou zdroje látek vzdálenější od vodního toku, a tudíž je zde delší doba transportu nebo v průběhu předchozích podmínek nebyla přítomna zvýšená odtoková událost (akumulace organických látek) (Bowes *et al.*, 2009; Bieroza *et al.*, 2015). Mezi bouřkovými událostmi jsou pak často koncentrace DOC konzistentní i navzdory odlišným průtokům (Vaughan *et al.*, 2017). Naopak hystereze po směru hodinových ručiček je pozorována v říčních systémech, kde se nejvyšší koncentrace DOC, které jsou spojeny se splachem z břehových oblastí bohatých na organickou hmotu a kontaktem s hyporheickou zónou, vyskytují během vzestupných průtoků. Následně jsou zdroje DOC vyčerpány a s postupujícím odtokem do oblastí s nižším obsahem DOC (minerální půdy) se snižují (Fellman *et al.*, 2009; Hood *et al.*, 2006). Toto často nastává v případě vyčerpání zdrojů látek v blízkosti místa monitorování nebo v případě ředění srážkami (Bowes *et al.*, 2009; Bieroza *et al.*, 2015).

S hysterezními smyčkami částečně pracuje i Špringerová (2019), která tuto problematiku řeší v experimentálních povodích horní Vydry během zvýšených průtoků v rámci odběrových kampaní (červenec a září 2016). Ve studii byly využity čtyři typy smyček (typy po směru, proti směru ručiček, tvar osmičky a smíšený typ, kde se mění směr smyčky) v souvislosti se změnami DOC. Výsledky práce naznačují hysterezi proti směru a po směru hodinových ručiček.



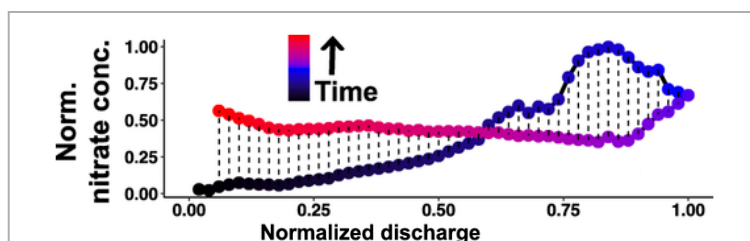
Obrázek č. 15: Hysterezní smyčka proti směru hodinových ručiček zobrazující vztahy proměnných DOC, FI¹ a průtoku během bouřkových událostí (povodí Rio Grande, Nové Mexiko), (Wise *et al.*, 2019)

Vysvětlivky: levý graf – vztahy koncentrací DOC, FI a průtoku během zvýšených odtokových událostí, pravý graf – hystereze znázorňující vztah průtoku a koncentrací DOC, kde šipky naznačují směr hystereze proti směru hodinových ručiček

¹ Zdroje DOC mohou být děleny na základě zdrojových oblastí do tří typů, a to autochtonní DOC (vodní produkce), alochtonní DOC (suchozemská produkce) a alochtonní DOC uvolněný ještě před bouřkovou událostí (Wise *et al.*, 2019; Aitkenhead-Peterson *et al.*, 2003). Autochtonní DOC je

Výše uvedené typy smyček se mohou lišit s land use / land cover v povodí, zmíněnými hydro-klimatickými podmínkami, ale také se sledovanou látkou (Aguilera et al., 2018). V rámci hystereze se nesleduje pouze vztah průtoku a DOC, ale i dalších jako jsou například ionty. Tyto elektricky záporně nabitě částice ve většině studií značí zpočátku bouřkové události pokles koncentrací vlivem naředění a postupem času se zvyšujícím se průtokem dochází k jejich nárůstům. Hysterezní smyčky jsou tedy značeny proti směru hodinových ručiček (Qin et al., 2020). To však nemusí být pravidlem, jak naznačují výsledky studie Hood et al. (2006). Ti tuto problematiku sledují v regionu západního Oregonu s charakteristickými suchými, teplými léty a chladnými, vlhkými zimami. Zde totiž u iontů docházelo především k hysterezi po směru hodinových ručiček.

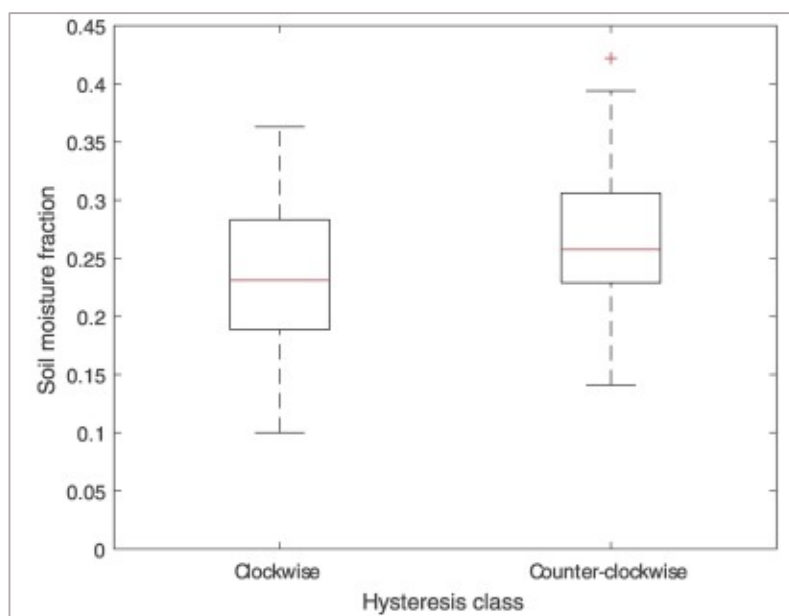
Pomocí hystereze je možné určit i změnu koncentrací dusičnanů z hlediska land use / land cover. V případě Vaughan et al. (2017) a Vaughan et al. (2019) jsou tyto látky spolu s DOC sledovány ve třech typech povodí. Konkrétně v zemědělsky využívaném povodí (pastviny), zastavěném a zalesněném povodí (západní svah pohoří Green Mountains). Všechna povodí se nacházejí na severovýchodě USA (Vermont). Výsledky naznačují, že hystereze DOC je obecně proti směru hodinových ručiček ve všech typech povodí. Naopak u dusičnanů převládaly smyčky po směru hodinových ručiček především v zalesněném a urbanizovaném povodí, to značí snadno vyčerpatelný a blízký zdroj dusičnanů. Hysterezi proti směru ručiček pak najdeme v zemědělsky využívaném povodí, což poukazuje na poměrné hojné zdroje dusičnanů. Ze studie také vyplývá, že zemědělská povodí mají výrazně nejvyšší koncentrace DOC a dusičnanů během bouřkových událostí.



Obrázek č. 16: Hysterezní smyčka názorňující vztah průtoku a koncentrací dusičnanů (mg N L^{-1}) v zemědělsky využívaném povodí toku Hugerford Brook (Vermont), (Vaughan et al., 2017)

obecně chemicky jednodušší a labilnější než alochtonní DOC (Findlay et al., 2003; Kaplan et al., 2006). V určení, zda jsou organické látky autochtonní či alochtonní nám pomáhá Fluorescenční metoda (FI). Během bouřkových událostí se hodnoty FI většinou snižují (stávají se více suchozemskými). Nízké hodnoty FI značí alochtonní vstupy, které jsou doprovázeny vyššími koncentracemi DOC. Naopak v případě snižujících se koncentrací DOC se FI hodnoty zvyšují, kdy nejvyšších hodnot dosahují na konci bouřkové události a jsou spíše autochtonní (Wise et al., 2019).

V případě dusičnanů mohou být směry hystereze opět různé. To dokládá například *Baker et al. (2019)* u povodí řeky Neuse v Severní Karolíně. Z výsledků opět vyplývá důležitá role předchozího stavu povodí, kdy v případě zvýšené vlhkosti půdy v povodí ještě před bouřkovou událostí se možnost hystereze proti směru ručiček zvyšuje o 10.3 % při každém navýšení vlhkosti o 1 %. Naopak za předchozích suchých podmínek, do kterých vstoupí bouřková událost, pak dochází k většímu transportu látek ještě před kulminací toku. Hystereze po směru hodinových ručiček není pozorována za předchozích podmínek vlhkosti půdy > 37 % a hystereze proti směru ručiček nebyla pozorována při hodnotách < 14 %. Jednoduše řečeno - hystereze ve směru ručiček je pravděpodobnější za nižší půdní vlhkosti a hystereze proti směru hodinových ručiček při vyšší půdní vlhkosti. Problematika předchozích vlhkostních podmínek v povodí je pro tuto práci stěžejní, tudíž bude brána jako jeden z hlavních parametrů ovlivňujících změnu koncentrací a transport látek.



Obrázek č. 17: Boxplot znázorňující vliv předchozích podmínek vlhkosti půdy v povodí řeky Neuse (Severní Karolína) na hysterezi po a proti směru ručiček (dusičnany), (*Baker et al., 2019*)

Změnu koncentrací a transport dusičnanů (nejen dusičnanů), které ovlivňují předchozí podmínky povodí, je tedy vhodné zkoumat v souvislosti s předchozími vlhkostními podmínkami, půdními vlastnostmi, intenzitou bouřkových událostí apod. Určování typů smyček v závislosti na vlhkostních podmínkách však není vhodné sledovat u všech látek a parametrů. Například u fosforu je toto vhodnější zkoumat v rámci průměrné teploty vzduchu (*Bieroza et al., 2015*).

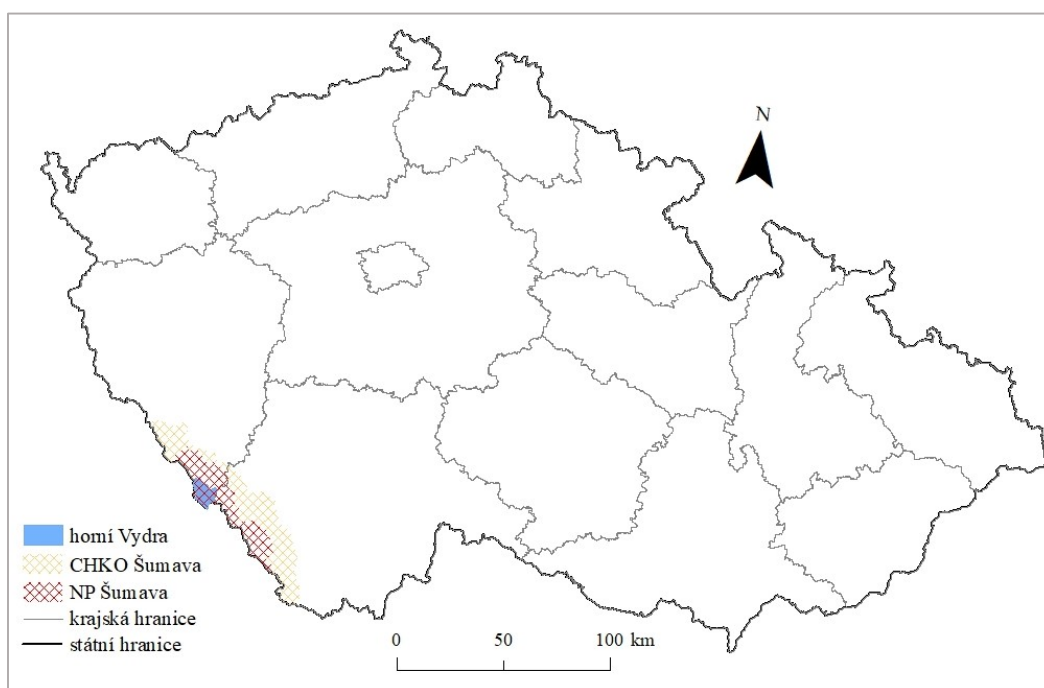
Kromě vlhkostních podmínek hraje významnou roli i půdní typ. V hůře propustných půdách nastává okamžitá reakce látek na srážko-odtokovou událost. Zatímco dobře

propustné půdy umožní proniknutí látek do hlubších horizontů a podzemních vod, což se pak následně odrazí na větší době zpoždění za bouřkové události (*Shore et al., 2016*).

Je tedy zřejmé, že nelze určit přesný vzorec chování z pohledu typů hysterezních smyček, jelikož se jejich charakter odvíjí od charakteru povodí a sledované látky. Proto se následující kapitola bude zabývat charakteristikou zkoumaného experimentálního povodí horní Vydry, které je pro tuto diplomovou práci klíčové.

5 Charakteristika zkoumaného území

Z předešlých kapitol vyplývá, že charakteristika zkoumaného území je nezbytná pro pochopení procesů spojených s dynamickými změnami koncentrací látek. Proto se tato kapitola zaměřuje na zájmové území. Jedná se o experimentální pramenné povodí KFGG UK (Katedry fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty) na horní Vydře, kde je snahou objasnit vztahy mezi koncentracemi organických látek a odtokem s ohledem na hydrologické extrémny.

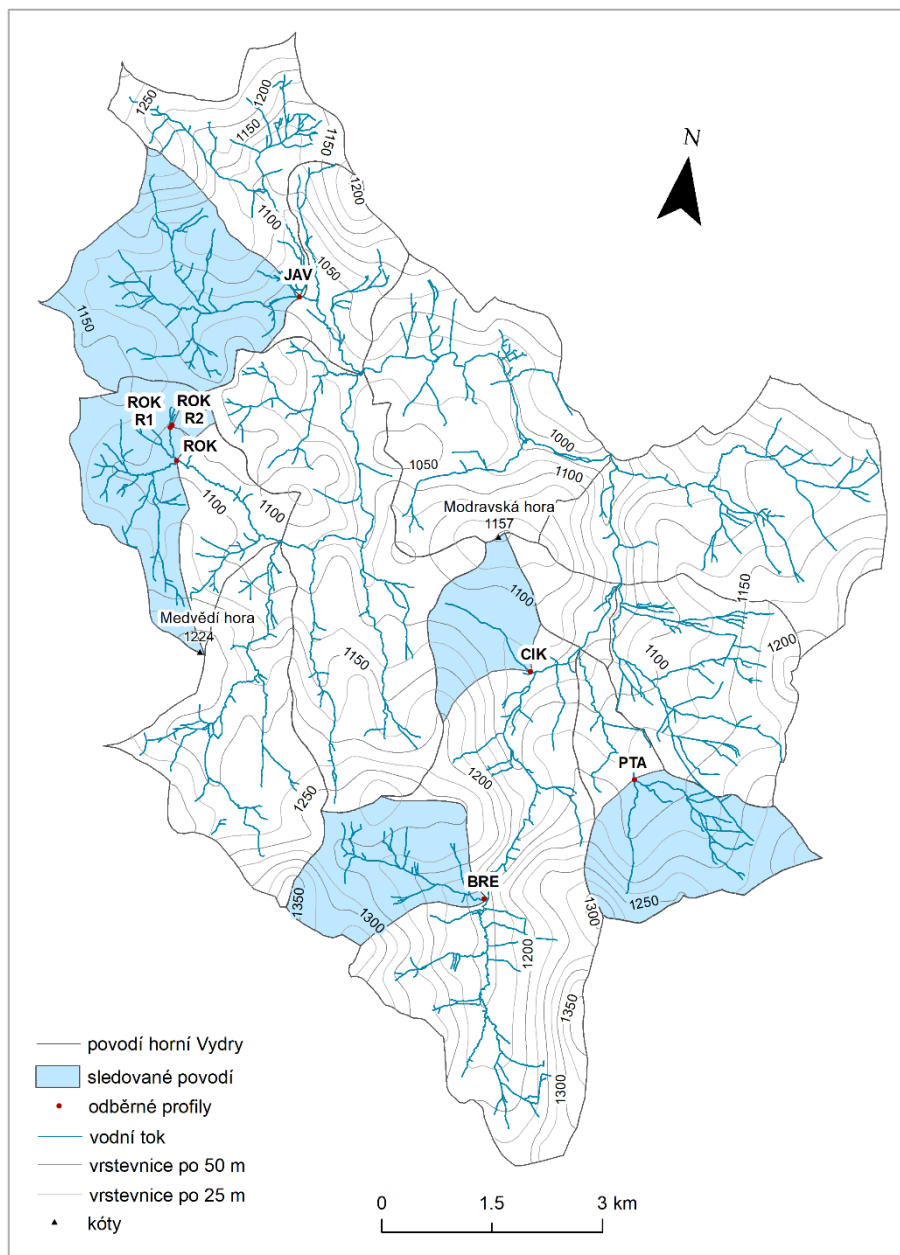


Mapa č. 1: Lokalizace experimentálních povodí v rámci České republiky (DIBAVOD, ArcČR500)

5.1 Experimentální povodí horní Vydry

Experimentální povodí horní Vydry se nachází v jihozápadních Čechách v centrální části Šumavy, oblasti zvané Modravské pláně. Povodí má charakter náhorní plošiny s relativně zarovnaným povrchem (střední sklon svahů 5.5°), kde se nadmořské výšky pohybují od 977 m n. m. do 1370 m n. m. s nejvyšším bodem Velká Mokrůvka (1370 m n. m.). V rámci expozice svahů ke světovým stranám převládají svahy orientované na západ, severozápad a severovýchod (Čurda et al., 2011). Významnou součástí tohoto povodí jsou šumavská rašeliniště, která představují jednu ze základních složek šumavské biodiverzity (Soukupová, 1996). Systematický výzkum těchto rašelinišť započal teprve v nedávné době (Soukupová et al., 2001), kdy byla rašeliniště rozdělena na údolní vrchoviště (nivy) a horská vrchoviště (slatě), (Rudolph, 1929). Zajímavý je pak i samotný vývoj těchto rašelinišť, který započal nejdříve ve východní části Šumavy před 13 000 lety v průběhu staršího dryasu.

Rašeliniště centrálních náhorních plání vznikala nejpozději v preboreálu před 10 000 lety (Klečka, 1928).



Mapa č. 2: Experimentální povodí horní Vydry a sledovaná povodí s odběrnými profily (ArcČR500, DIBAVOD)

V povodí horní Vydry se nachází celkem pět experimentálních povodí se sledovanými profily, které jsou pro tuto práci klíčové (mapa č. 2). Jsou to Březnický potok (BRE), Cikánský potok (CIK). Dále Javoří potok (JAV) jehož odběrný profil nalezneme u soutoku s Tmavým potokem. Ptačí potok (PTA) s automatickým vzorkovačem ISCO, který je zajímavý svým závěrovým profilem nacházejícím se na bývalé hrázi (klauze), kde bylo dříve splavováno dřevo. Posledním zájmovým povodím Rokytky (ROK), které je opět charakteristické hrází bývalé klauzy. Nacházejí se zde dva doplňkové odběrové profily

ROK – R1 a ROK – R2. ROK – R1 se nachází na horním toku Rokytky (zhruba 400 m od profilu ROK) těsně pod soutokem dvou pramenů. Tyto prameny mají velmi odlišný charakter. Jeden je hnědavě zbarvený a vytéká rovnou z rašeliniště, zatímco druhý vytéká z lesního prostředí (podmáčené smrčiny, kleč). U profilu ROK – R2 (revitalizace) pak také vytéká voda z rašeliniště. Důležitou součástí sledovaného povodí Rokytky jsou dva automatické vzorkovače ISCO. Jeden se nachází na profilu ROK–R1 (přítok) a druhý na profilu ROK (hráz) (více kapitola 6.2).



Obrázek č. 18: Odběrný profil CIK
(Fraindová, 2020)



Obrázek č. 19: Odběrný profil ROK
(vlastní fotodokumentace, 2021)

Tabulka č. 1: Vybrané základní charakteristiky sledovaných povodí

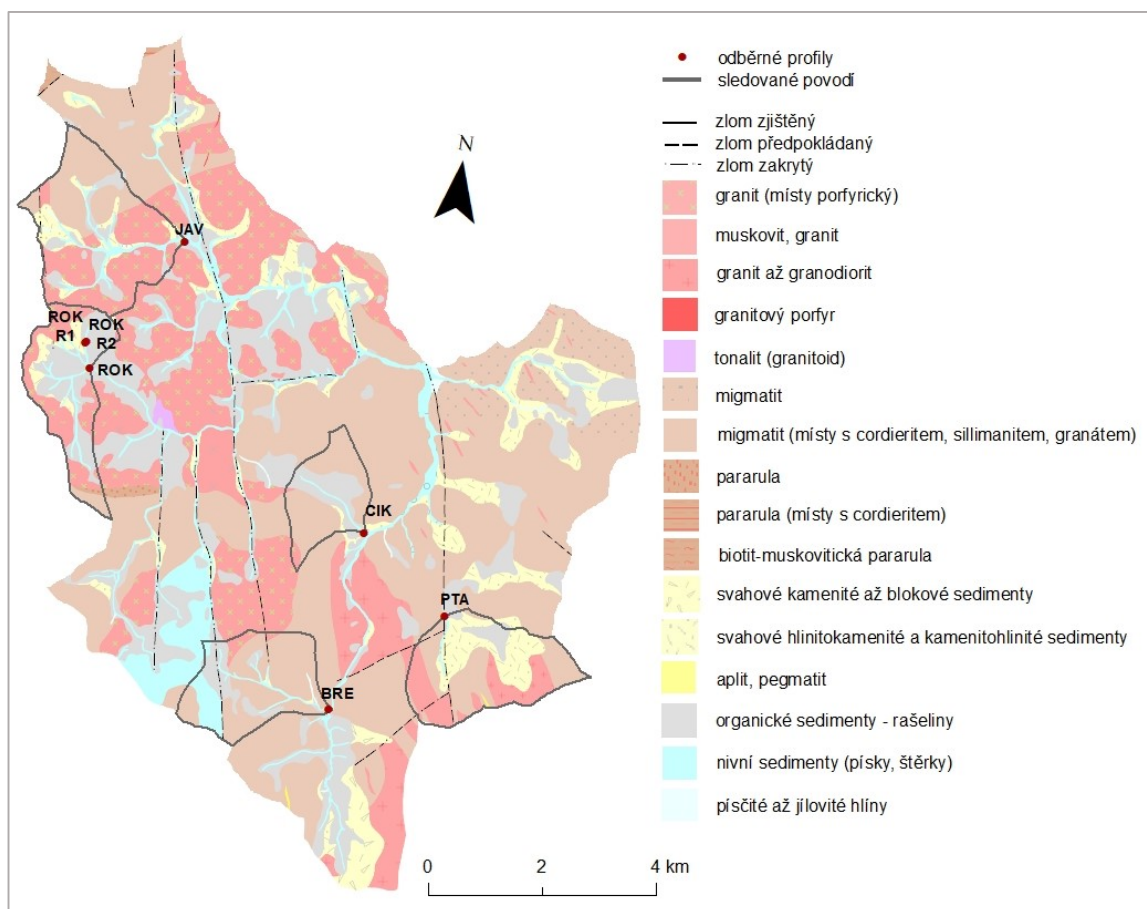
Sledované povodí	Souřadnice	Plocha [km ²]	Průměrný sklon [°]	Nadmořská výška m n. m.
JAV	49°02'20" s.š., 13°26'08" v.d.	6.34	5.67	1032–1257
ROK (hráz)	49°01'01" s.š., 13°25'03" v.d.	3.82	3.58	1090–1220
ROK – R1 (doplňkový profil, přítok)	49°1'13" s.š., 13°24'53" v.d.	0.605	3.51	1090–1108
ROK – R2 (doplňkový profil)	49°01'16" s.š., 13°24'57" v.d.	0.144	3.5	1098–1112
CIK	48°59'52" s.š., 13°29'18" v.d.	2.17	4.2	1055–1200
PTA	48°59'12" s.š., 13°30'38" v.d.	4.09	5.59	1135–1330
BRE	48°58'10" s.š., 13°29'10" v.d.	3.55	6	1070–1376

Zdroj: Mapy.cz (2021); ArcCR500; KFGG PrF UK

5.1.1 Geomorfologické, geologické a půdní poměry

Vývoj šumavského pohoří probíhal ve dvou etapách. Prvotní započal v průběhu variského vrásnění. Druhá etapa vývoje nastala v průběhu alpského vrásnění. Zájmová oblast je charakteristická náhorními plošinami (pláněmi) ve výše položených nadmořských výškách. Tyto pláně vznikaly nejprve v období zarovnávaní, během kterého vznikla tzv. parovina, která byla následně v paleogénu vyzdvižena. Významnou fází formující šumavské pohoří byly právě neotektonické pohyby v paleogénu, díky kterým byla celá oblast vyklenuta a následně rozlámána a vyzdvižnuta podél zlomů. Celou oblast zájmového území můžeme z pohledu geomorfologického členění dle *Balatky a Kalvody (2006)* zařadit do hercynského systému, subsystému hercynských pohoří, provincie České vysočiny, subprovincie Šumavské, oblasti Šumavské hornatiny, celku Šumava a podcelku Šumavské pláně.

Povodí horní Vydry je pestré i z pohledu geologických poměrů. V experimentálních povodích se hojně vyskytují organické sedimenty (významné u ROK, CIK), dále granity, migmatit apod. (mapa č. 3).



Mapa č. 3: Geologická mapa povodí horní Vydry (ČGS, 2021, ArcČR500)

Půdní poměry hrají významnou roli z pohledu srážko-odtokových charakteristik v souvislosti s infiltrací, odtokem a dalšími procesy spojenými s dynamickými změnami organických látek (Netopil, 1984). Součástí experimentálních povodí jsou například rašelinné půdy vrchovištní (organozem), histosoly, humusové podzoly, které jsou typické pro vyšší nadmořské výšky s vysokými ročními úhrny srážek či zrašelinělé gleje (Tomášek, 2003; Šeřfna, 2004; Němeček et al., 2001; Vlček et al., 2012). Nivy toků relativně husté říční sítě jsou tvořeny především rašelino-humózními gleji (Šeřfna, 2004).

Obecně jsou zdejší půdy typické malou retenční schopností a vysokou infiltrační rychlostí, což podporuje rychlý odtok srážkové vody do vodních toků. Půdy se vyznačují nepříliš hlubokým půdním profilem (Čurda et al., 2011; Šeřfna, 2004). Výše zmíněné vlastnosti jsou jedny z klíčových pro transport a změnu koncentrací organických látek.

Tabulka č. 2: Charakteristika sledovaných povodí z hlediska geologických a půdních poměrů

Sledované povodí	Geologické poměry	Půdní poměry
JAV	granit, migmatit (organické a nivní sedimenty*)	podzoly (podél vodních toků gleje)
ROK	organické sedimenty, žuly, (pararula, migmatit a nivní sedimenty*)	histosoly, podzoly (rašeliny do hloubky 7.2 m)
CIK	migmatit, organické sedimenty (granity*)	histosoly, podzoly
PTA	migmatit, granit, svahové hlinitokamenité a kamenitohlinité sedimenty (organické sedimenty)	podzoly (podél vodních toků gleje)
BRE	migmatit, organické a nivní sedimenty (*)	podzoly, okrajově gleje a kambizemě

Zdroj: ČGS (2021); Geoportál CENIA (2019); Kocum et al. (2018); Fraindová et al. (2020); Němeček (2002)

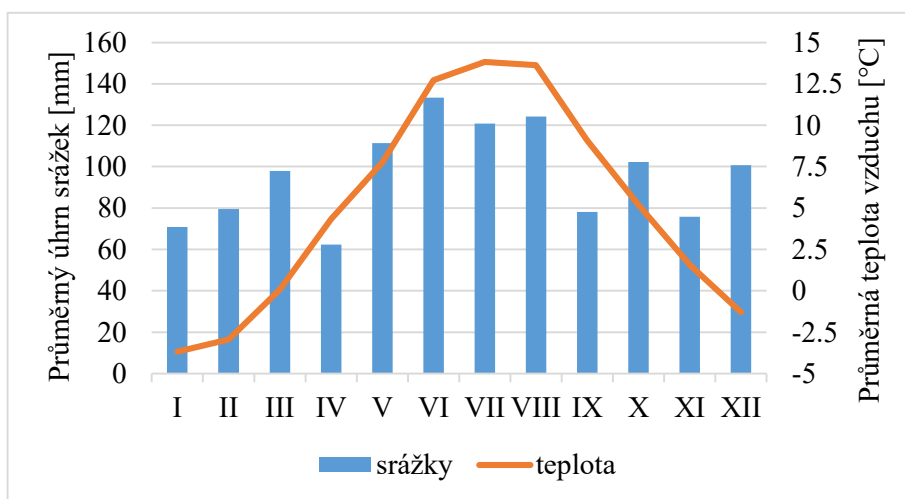
Vysvětlivky (*) okrajově – svahové hlinitokamenité a kamenitohlinité sedimenty

5.1.2 Hydro-klimatické poměry

Sledované území se nachází na rozhraní kontinentálního a oceánického klimatu. Přičemž kontinentalita se více projevuje v ročním chodu teplot a oceanita naopak ve srážkových úhrnech, které jsou poměrně rovnoměrně rozloženy v průběhu celého roku. Sledované území spadá do chladné klimatické oblasti, která je podle Quittovy klimatické klasifikace (Quitt, 1971) označena za klimatickou jednotku C (C3 – C6). Köppenova klasifikace pak tuto oblast zařazuje do klimatického typu Dfc, což značí boreální kontinentální podnebí. Průměrné teploty vzduchu v nejchladnějším měsíci se pohybují

kolem -3 °C s tím, že mohou místy klesat až k -30 °C (mrazové kotliny). Během nejteplejšího měsíce jsou zde průměrné teploty vzduchu okolo 10 °C.

Jak již bylo zmíněno, svahy jsou zde orientovány převážně západním směrem, kdy spolu s převládajícím západním a jihozápadním prouděním (projevuje se převážně v zimním období), se svahy stávají návětrnými. To způsobuje poměrně vydatné srážkové úhrny až 1500 mm/rok (maxima červen, červenec). Díky tomu jsou tyto návětrně orientované polohy jedny z nejdeštivějších míst Šumavy (Modrava – průměrné roční úhrny srážek okolo 1400 mm, Březník – průměrné roční úhrny srážek 1300–1600 mm). Právě Březník je v dlouhodobém průměru jednou z nejdeštivějších lokalit. Naopak nejmenší srážkové úhrny bývají obvykle zaznamenány na závětrných polohách pohoří (Borová Lada, Nové Hutě).



Graf č. 1: Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek za období 2010–2021, povodí Březnického potoka (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Tabulka č. 3: Vybrané hydrologické charakteristiky sledovaných povodí (2014–2020)

Sledované povodí	Délka vodního toku [km]	Hustota říční sítě [km.km ⁻²]	Průměrný průtok [m ³ .s ⁻¹]	Specifický odtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]	Maximální průtok [l.s ⁻¹ .km ⁻²]
JAV	2.86	2.69	0.240	35.49	9.89
ROK	0.86	3.20	0.150	32.40	3.42
CIK	1.61	0.71	0.077	24.88	1.34
PTA	2.14	1.97	0.115	28.06	2.00
BRE	2.54	2.34	0.095	31.50	1.65

Zdroj dat: KFGG PŘF UK

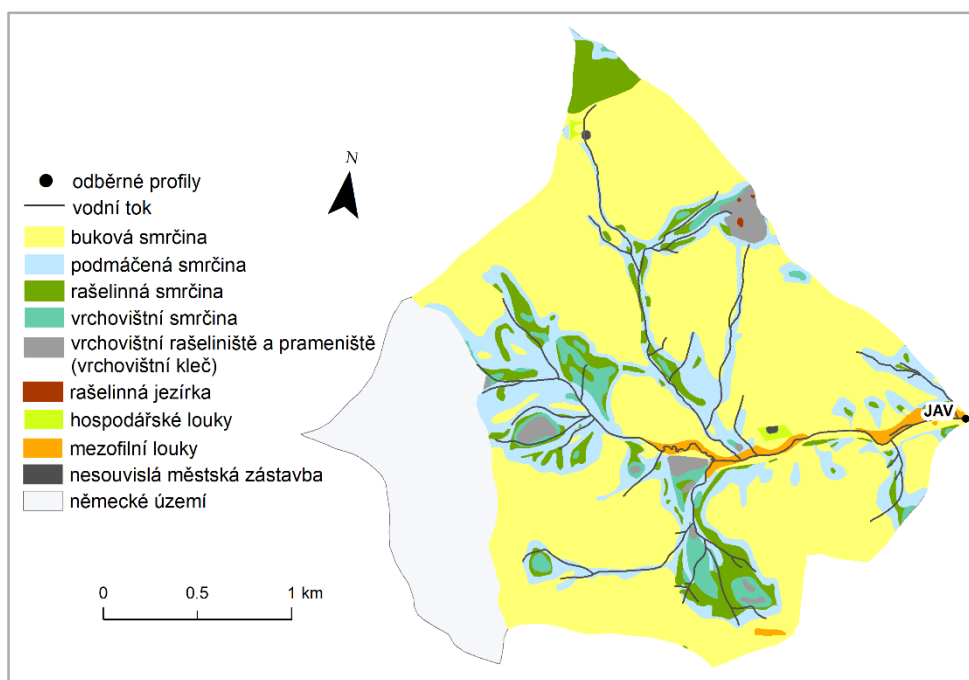
Jelikož se zájmová povodí nachází v oblasti, kde zimní období trvá až 5 měsíců, nelze opomenout sněhové srážky, které tvoří na Březníku zhruba 40 % z celkových ročních úhrnů srážek. Sněhová pokrývka se zde může objevit již od poloviny září a místy setrvává až do května (Chábera, 1987; Tolasz et al., 2007; Brázdil, 1986; Albrecht et al., 2003; Kubiček 2006; Anděra et al., 2003). Pro zájmové území je charakteristický sněhovo-dešťový

odtokový režim. Tání sněhové pokrývky výrazně dotuje odtokový režim, a to především v polovině prosince (obleva) s příchodem jihozápadního proudění vzduchu a na jaře (duben). Naopak v únoru je dotace sněhu na odtok minimální, jelikož dochází k akumulaci sněhové pokrývky (Mika, 2019).

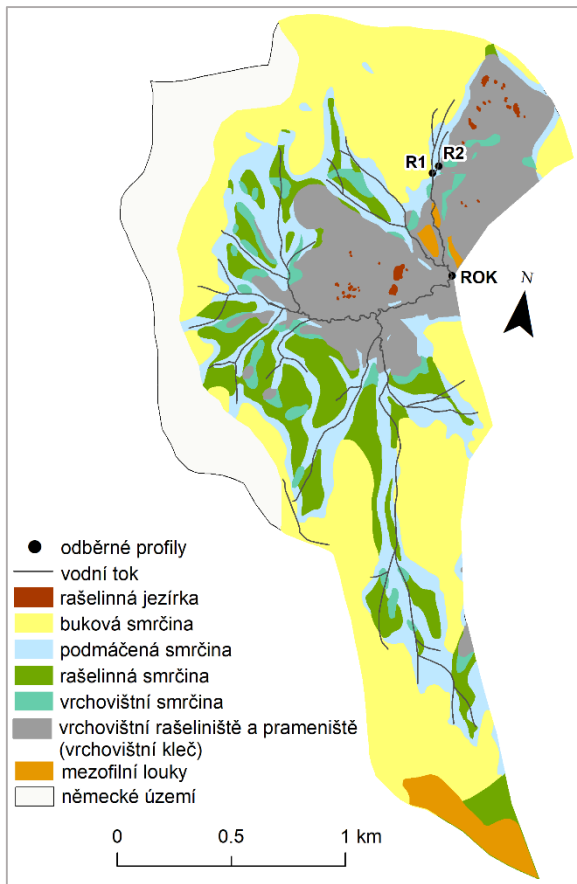
5.1.3 Vegetační poměry

Z pohledu vegetačních poměrů je zájmové povodí poměrně hojně zalesněno, díky tomu pak v rámci odtoku hraje významnou roli i zvýšená intercepce. Z hlediska krajinného pokryvu zde dominují především smrky, dále buky a jedle. V posledních letech přibývá ploch postižených kůrovcovou kalamitou, což má dopad především na smrkové porosty (Su et al., 2017). Odlesnění pak ovlivňuje například odtokový režim či erozní procesy (Hais, 2008 a, b). Vyskytují se zde rašeliniště vrchovištního typu, která jsou dominantou celého NP Šumava (Čurda, 2011). Vrchoviště se vyznačují specifickou florou s rašeliničky, mechy či ostřicemi. V jejich bezprostředním okolí lze nalézt zakrslou vegetaci v podobě bříz či borovic. Dále se zde vyskytují vrchoviště horského typu s podmáčenými smrčínami (Vlček et al., 2012). Také zde nalezneme vrchovištní kleč a travinné ekosystémy v podobě mezofilních a alpínských luk (Plíva, 1987; AOPK, 2013 - KVES).

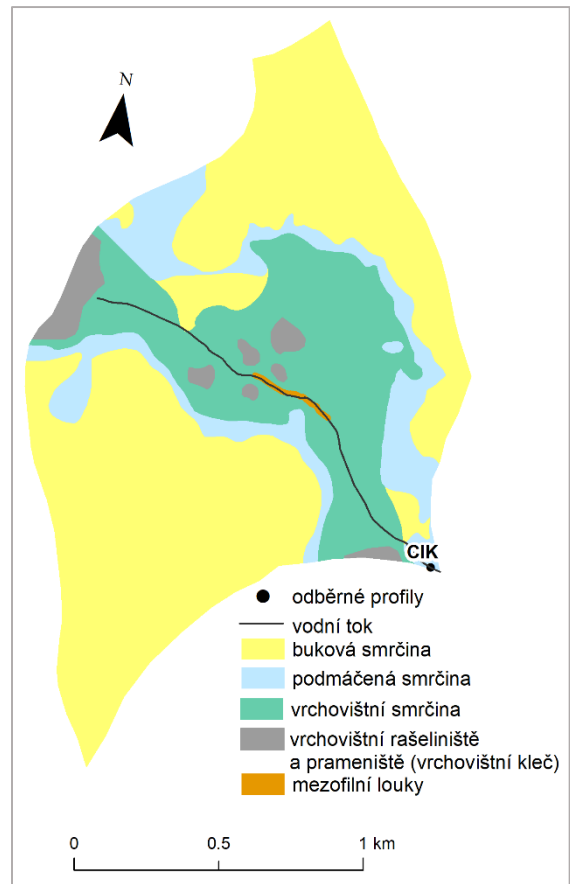
Následující mapové výstupy (mapy č. 4–8) znázorňují krajinný pokryv pěti sledovaných povodí. Podkladem pro mapové výstupy byla konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES) (AOPK, 2013), vrstva lesních typů ČR (ÚHUL, 2022) a ortofoto mapa ČR (2018) (ČÚZK, 2018).



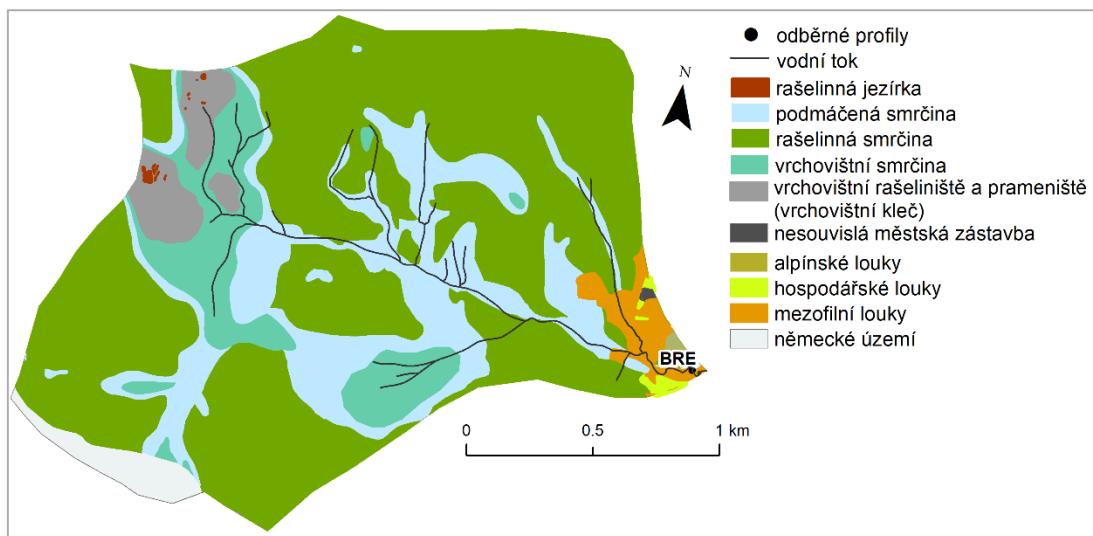
Mapa č. 4: Krajinný pokryv povodí Javořího potoka (KVES, 2013; ÚHUL, 2022; ČÚZK, 2018)



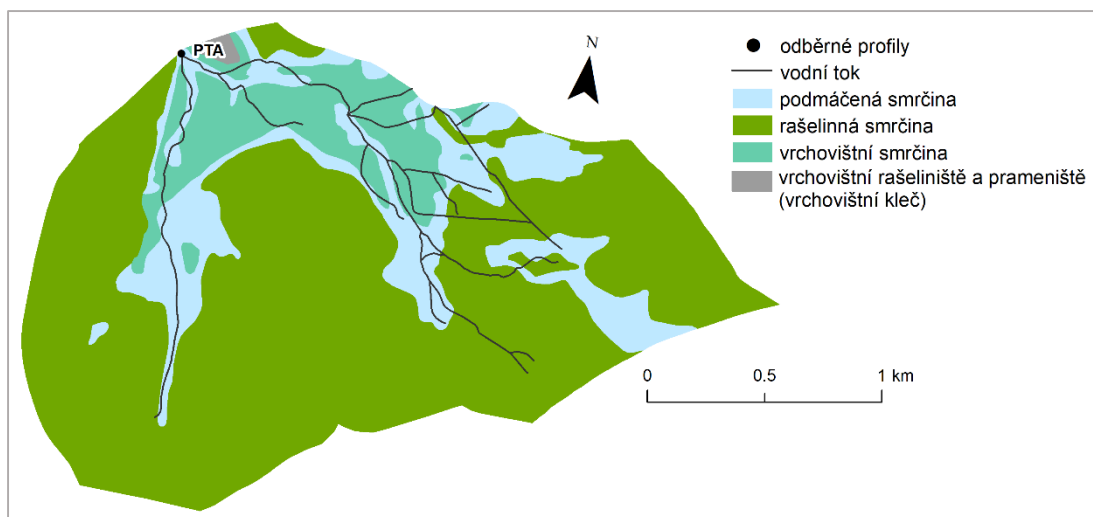
Mapa č. 5: Krajinný pokryv povodí Rokytky (KVES, 2013; ÚHUL, 2022; ČÚZK, 2018)



Mapa č. 6: Krajinný pokryv povodí Cikánského potoka (KVES, 2013; ÚHUL, 2022; ČÚZK, 2018)



Mapa č. 7: Krajinný pokryv povodí Březnického potoka (KVES, 2013; ÚHUL, 2022; ČÚZK, 2018)



Mapa č. 8: Krajinný pokryv povodí Ptačího potoka (KVES, 2013; ÚHUL, 2022; ČÚZK, 2018)

Tabulka č. 4: Procentuální zastoupení jednotlivých typů krajinného pokryvu v rámci sledovaných povodí

Krajinný pokryv	JAV	BRE	ROK	PTA	CIK
Buková smrčina	67.76	x	38.71	x	59.24
Podmáčená smrčina	17.64	21.65	18.90	17.13	12.9
Rašelinná smrčina	7.67	61.82	16.65	71.42	x
Vrchovištní smrčina	3.29	9.74	4.82	11.06	24.67
Vrchovištní rašeliniště a prameniště (vrchovištní kleč)	1.84	3.9	20.41	0.39	3.07
Rašelinná jezírka	0.02	0.08	0.51	x	x
Alpínské louky	x	0.27	x	x	x
Mezofilní louky	1.3	2.26	x	x	0.12
Hospodářské louky	0.41	0.21	x	x	x
Nesouvislá městská zástavba	0.07	0.07	x	x	x

Zdroj: KVES (2013); ÚHUL (2022); ČÚZK (2018)

Z mapových výstupů č. 4–8 a tabulky č. 4 je patrné, že v povodí JAV dominuje buková smrčina (68 % území), což je nejvyšší procentuální zastoupení tohoto typu pokryvu ze všech sledovaných povodí. Povodí Cikánského potoka, je také tvořeno převážně smrčinami s příměsí buku (59 %). U tohoto povodí je dále významné procentuální zastoupení vrchovištní smrčiny (25 %), která se nachází v bezprostřední blízkosti vodního toku. Povodí PTA má také velké procentuální zastoupení rašelinné smrčiny (71 %). Sledované území Březnického potoka je typické rašelinnou smrčinou, která tvoří 62 % území. Dále pak podmáčenou smrčinou (22 % území) a vrchovištní smrčinou (10 % území).

Sledované povodí Rokytky je charakteristické vrchovištními rašeliništi a prameništi s vrchovištní klečí, která tvoří 20 % území, což je nejvíce ze všech povodí. Také se zde vyskytuje podmáčená smrčina (19 % území) a rašelinná smrčina (17 % území). Převažujícím typem je však buková smrčina. Objevuje se zde i několik rašelinných jezírek a hloubka rašelinišť může dosahovat až k 7 m.

Velký problém povodí horní Vydry představuje kůrovcová kalamita, která postihla velkou část plochy lesa. Povodí BRE bylo nejvíce napadeno kůrovcem v 90. letech 20. století (kolem 60 % vegetace) s tím, že následně rostl podíl obnoveného lesa. U povodí ROK naopak docházelo k nárůstu plochy poškozené kůrovcem od roku 2010, kdy v roce 2015 napadené stromy pokrývaly 30 % plochy povodí. U povodí PTA se pak v roce 2014 plocha zdravého lesa snížila přibližně pod 50 % (*Su et al., 2017; Kocum et al., 2018*).

6 Metody a zdroje dat

6.1 Mapové výstupy

Orientační mapa povodí a mapa znázorňující jednotlivá experimentální povodí byly vytvořeny na základě dat z Digitální báze vodohospodářských dat (*DIBAVOD, VÚV*) a ArcČR500 (*ARCDATA PRAHA, 2019*). Geologická mapa byla zpracována pomocí geologické mapy 1:25 000 z České geologické služby (*ČGS, 2021*) a ArcČR500. Základním podkladem pro mapové výstupy krajinného pokryvu byla konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES) (*AOPK, 2013*), lesní typy ČR (lesnická typologie) (*ÚHUL, 2022*) a ortofoto mapa ČR (2018) (*ČÚZK, 2018*). Veškeré mapové výstupy byly vytvořeny v prostředí ArcMap 10.6.1 (*ESRI, 2021*).

6.2 Sběr dat v terénu

V průběhu jednoho hydrologického roku se uskuteční několik terénních výjezdů, během kterých probíhají odběry vzorků vody z odběrných profilů. Odebírají se do malých uzavíratelných 100 ml plastových lahviček. Následně jsou lahvičky se vzorky transportovány v tmavém chladicím boxu. Před analyzováním v laboratoři jsou vzorky uchovávány ve zmrzlém stavu. Vzorky odebírané manuálně jsou v této diplomové práci nazývány jako kampaně (reprezentují jednotlivá roční období). Kromě odběru vzorků se v terénu na odběrných profilech současně měří průtok, který je měřen ultrazvukovým přístrojem Flow Tracker (*SONTEK*). Některé profily mají své vlastní automatické stanice, které jsou vybaveny ultrazvukovými hladinoměry a přístroji měřícími kontinuálně výšku hladiny toku (v desetiminutovém kroku). Tyto stanice jsou umístěny na profilech PTA, BRE, ROK, CIK, JAV. Dále se během odběrů kampaní měří teplota vody, pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík pomocí multimetrické sondy (*HQ40-D Hach Lange*) (obrázek č. 20).



Obrázek č. 20: Měření parametrů multimetrickou sondou (*Fraindová, 2020*)

Významnou součástí pro sběr dat v terénu jsou automatické vzorkovače ISCO, které dokáží lépe posoudit potenciální fyzikální (zakalení, pevné částice), chemické a biologické změny během srážko-odtokových událostí v čase (Zhang *et al.*, 2008; Moraetis *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2015; Delpla *et al.*, 2011). Vzorkovače nalezneme na profilech PTA, ROK–R1 (přítok) a ROK (na hrázi). Vzorky odebírané automatickým vzorkovačem jsou v této diplomové práci nazvány jako epizody. Vzorkovače jsou spínány buď manuálně, nebo samy reagují na změny průtoků a hladiny vody. Automatický vzorkovač na PTA je spínán manuálně pomocí vyslané SMS zprávy s příchodem významné srážko-odtokové události (suché či významné srážko-odtokové události). Vzorkovač na ROK–R1 odebírá vzorky přibližně od června do října (záleží na průtoku). V době nízkých průtoků vzorkovač odebírá v případě, kdy je vodní stav do 28 cm po proteklém objemu 4000 m³ a nad 28 cm po 1000 m³. Nový vzorkovač ISCO RO (na hrázi) je také spínán manuálně pomocí SMS zprávy. Vzorkovače dokáží odebrat maximálně 24 vzorků.

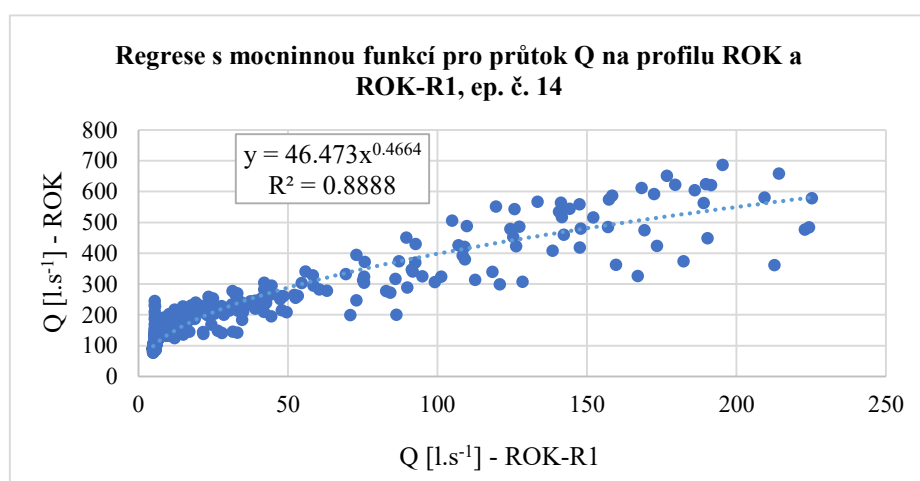
Automatické vzorkovače (obrázek č. 21) jsou pro tuto diplomovou práci stěžejní, jelikož umožňují zjistit dobu zpoždění koncentrací sledovaných látek za průtokem. Tento způsob odběru vzorků vody je poměrně hojně využíván s tím, že se mohou lišit intervaly odběrů či jsou jinak nastavené prahové hodnoty odběru v rámci změn hladiny vody. Jako v případě studie Kozak *et al.* (2019), kde se vzorkovače spustí a odebírají vzorky, při změně hladiny toku o více než 5 cm oproti základnímu odtoku.



Obrázek č. 21: Automatický vzorkovač ISCO na sledovaném profilu ROK – R1 (vlastní fotodokumentace, 2020; Fraindová, 2020)

Pro vyhodnocení hydro-klimatických podmínek v průběhu epizod a jejich precondic (předchozí podmínky sledované 14 dní před epizodou) byla využita data úhrnu srážek (P) a teploty vzduchu ve dvou metrech (T) z meteorologických stanic KFGG PřF UK (v desetiminutovém kroku) pro povodí, ve kterých se nacházejí automatické vzorkovače

ISCO (ROK, ROK-R1, PTA). Mezi proměnné byl zahrnut také průtok (Q). Problematickou proměnnou byly srážky, kdy v červenci roku 2021 byl srážkoměr pro povodí ROK ucpaný a pro vyhodnocování událostí byla převzata data ze srážkoměru Javoří potok. Také pro teplotu vzduchu byla převzata data za červen a červenec roku 2021 z Javořího potoka. Data nebyla k dispozici i v případě průtoku pro období 24. 7. – 8. 8. 2021 (ep. č. 14 – profil ROK), jelikož došlo k poškození serveru, na kterém se data zaznamenávají. Pro doplnění chybějících hodnot byla tudíž využita data z profilu ROK-R1. Nejprve však byla provedena korelace průtoků ROK-R1 a ROK za zvolené období, jejíž hodnoty vycházely velmi vysoké a kladné (0.929). Následně byla pro data průtoku ROK-R1 (hodinová data) pro období 14 dní před epizodou vytvořena regresní rovnice s mocninnou funkcí, pomocí které byly dopočítány průtoky pro ROK (graf č. 2).



Graf č. 2: Regrese s mocninnou funkcí pro průtok Q na profilu ROK a ROK–R1 pro období 24. 7. – 8. 8. 2021 (ep.č. 14), (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Další důležitá data se týkají hladiny podzemní vody (HPV), jež zásadně ovlivňuje změny koncentrací (vyplavování) a variabilitu organických látek. V tomto případě je sběr a zpracování dat prováděn kolektivně v rámci výzkumného týmu hydrologie na KFGG PřF UK. Výzkum probíhá pouze na experimentálním povodí Rokytka, které je typické rašeliništi horského typu. HPV je měřena v rašeliništi na pěti místech pomocí tlakových sond (2x podmáčená smrčina, 2x borovice kleč, 1x suchopýr (bezlesí)). Tlakové sondy jsou instalovány zhruba 60 cm pod povrchem a hladina je sledována v desetiminutovém intervalu. Výsledné změřené hodnoty jsou relativní, přepočítané k nulové hodnotě představující povrch. Pro účely této diplomové práce byla vybrána data za stanoviště smrčina – 2, které se nachází přibližně 150 m severozápadně od ISCA Rokytka-přítok (49°1'17.92" s. š., 13°24'50.296" v. d.) (osobní konzultace – Vlček, 2022).

Poslední sledovanou proměnnou je výška sněhové pokrývky (SCE) pro povodí ROK a PTA (48°59'7.872" s.š., 13°30'32.256" v. d.). Stanice na ROK se dříve nacházela na stanovišti o souřadnicích 49°0'59.642" s. š., 13°25'4.757" v. d. (přibližně 60 m severovýchodně od profilu ROK na hrázi). Toto místo však bylo z pohledu povětrnostních podmínek nepříznivé, a proto zde stanice fungovala do roku 2020. Nové stanoviště se momentálně nachází na souřadnicích 49°0'52.414" s. š., 13°25'5.593" v. d. (přibližně 200 m jihovýchodně od profilu ROK na hrázi), kde je výška sněhové pokrývky měřena pomocí sněhoměrného polštáře. Data výšky sněhové pokrývky jsou měřena v hodinovém kroku.

6.3 Laboratorní analýza

Odebrané vzorky jsou z terénu přepraveny do laboratoře, kde jsou přefiltrovány přes membránový filtr 0,45 µm a zamrazeny. Analýza DOC se může provádět dvěma způsoby, a to buď pomocí tzv. vytěšňovací metody, nebo diferenční metody. Obě tyto metody jsou považovány za rovnocenné. Vytěšňovací metoda pomocí spektrofotometrického přístroje byla prováděna přímo v laboratoři Ekohydrologie KFGG PřF UK. V tomto případě byla přefiltrovaná a rozmražená část vzorku pipetou přemístěna do kyvety s činidlem. Dále byl vzorek přemístěn do třepačky a došlo k připojení dalšího činidla. Celý vzorek byl pak dvě hodiny zahříván na 100 °C a následně již vychladlý vyhodnocen pomocí již zmíněného spektrofotometrického přístroje. S touto metodou pracovala Špringerová (2016; 2019). Pomocí druhé metody, tzv. diferenční, jsou vyhodnocovány vzorky v této diplomové práci. Diferenční metoda je prováděna pomocí přístroje Shimadzu TOC analyzátořem (TOC–L CSH) v Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. Zde jsou vzorky analyzovány od roku 2019.

V případě diferenční metody je vzorek vstříknut pomocí dávkovače do vysokoteplotního kobaltového reaktoru, kde je při vysoké teplotě 950 °C veškerý organický (TC) a anorganický uhlík (IC) oxidován na plynný oxid uhličitý (CO₂) (katalyzátor zabezpečuje, aby oxidace byla úplná). Proud vzduchu následně nese tyto produkty do infračerveného detektoru, kde je oxid uhličitý měřen při vlnové délce 4,2 µm. Druhý nástřik vzorku je naopak proveden do nízkoteplotního kapalinového reaktoru, kde v kyselém prostředí při laboratorní teplotě je veškerý anorganický uhlík převeden na plynný CO₂. Následně je CO₂ opět proudem vzduchu transportován do detektoru. Výsledné TOC se vypočte jako rozdíl TC a IC (Univerzita Palackého v Olomouci – studijní materiál, 2009; konzultace Fraindová, 2022).

Výhodou diferenční metody je možnost analyzování velkého počtu vzorků najednou. V případě Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., je možno do analyzátoru TOC–L CSH umístit až 100 vzorků najednou. Provádí se zde celkem pět měření během analyzování jedné sady vzorků, přičemž výsledná hodnota je udávána jako průměr ze tří nejbližších měřených hodnot.



Obrázek č. 22: TOC-L CSH analyzátor Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i. (vlastní fotodokumentace, 2021)

6.4 Použité analytické nástroje

6.4.1 Vyhodnocení variability organického uhlíku (doba zpoždění) s jednotlivými proměnnými

V rámci diplomové práce bylo vyhodnoceno celkem 18 epizod včetně prekondic (14 dní před sledovanou epizodou), které byly sledovány od roku 2019 do roku 2021. Vzorky DOC byly odebírány pomocí automatických vzorkovačů ISCO na profilech ROK-R1, PTA a ROK.

Tabulka č. 5: Přehled sledovaných epizod a jejich prekondic

Číslo epizody (č. ep.)	Datum epizody	Profil	Období prekondice (Q, HPV, T, P, SCE)
1	12. 8. – 21. 8. 2019	ROK-R1	29. 7. – 11. 8. 2019
2	5. 6. – 11. 6. 2020	ROK-R1	22. 5. – 4. 6. 2020
3	13. 6. – 29. 6. 2020	ROK-R1	30. 5. – 12. 6. 2020
4	9. 7. – 28. 7. 2020	ROK-R1	25. 6. – 8. 7. 2020
5	11. 8. – 18. 8. 2020	ROK-R1	28. 7. – 10. 8. 2020
6	23. 8. – 13. 9. 2020	ROK-R1	9. 8. – 22. 8. 2020
7	19. 9. – 28. 9. 2020	ROK-R1	5. 9. – 18. 9. 2020
8	28. 10. – 1. 11. 2020	ROK-R1	14. 10. – 27. 10. 2020
9	11. 3. – 15. 3. 2021	PTA	25. 2. – 10. 3. 2021
10	10. 5. – 16. 5. 2021	PTA	26. 4. – 9. 5. 2021
11	24. 6. – 26. 6. 2021	ROK-R1	10. 6. – 23. 6. 2021
12	30. 6. – 4. 7. 2021	ROK-R1	16. 6. – 29. 6. 2021
13	2. 8. – 11. 8. 2021	ROK-R1	19. 7. – 1. 8. 2021
14	7. 8. – 9. 8. 2021	ROK	24. 7. – 6. 8. 2021
15	16. 8. – 24. 8. 2021	ROK-R1	2. 8. – 15. 8. 2021
16	26. 8. – 27. 8. 2021	ROK-R1	12. 8. – 25. 8. 2021
17	29. 9. – 19. 10. 2021	ROK-R1	15. 9. – 28. 9. 2021
18	5. 10. – 7. 10. 2021	ROK	21. 9. – 4. 10. 2021

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vyhodnocení variability koncentrací DOC v rámci epizod s jednotlivými proměnnými, jako je průtok (Q), teplota vzduchu (T), srážky (P), hladina podzemní vody (HPV) a výška sněhové pokrývky (SCE), bylo prováděno v prostředí Microsoft Excel (*Microsoft, 2016*). Zde byly u každé epizody pro všechny proměnné a organický uhlík vypočítány základní statistické parametry, jako je průměr, maximální a minimální hodnoty, medián. Výsledky jsou zobrazeny pomocí tabulek a grafů.

Spolu s analýzou a detailním popisem epizod byla provedena i manuální korekce dat DOC. Na základě této kontroly byly některé odchýlené hodnoty DOC z epizod vyloučeny. Jednalo se převážně o vzorky, u kterých bylo zřejmé, že došlo k chybě. Za chybu lze považovat například záměnu vzorků v laboratoři, záměnu při samotném sběru lahvíček z automatického vzorkovače nebo chybu během samotného analyzování vzorků.

Společně jsou číselně označeny a vyhodnoceny všechny epizody, ačkoliv se nejedná o profily v rámci jednoho experimentálního povodí. Většina epizod byla sledována na profilu ROK-R1, dále ep. č. 9, 10 na Ptačím potoce a č. 14, 18 na profilu ROK (hráz). Při vyhodnocování výsledků je tedy třeba brát v potaz charakter povodí, které se liší například plochou povodí, průtokem, sklonem, půdními a vegetačními poměry.

6.4.1.1 Klasifikace epizod na základě variability organického uhlíku (doba zpoždění) pomocí hysterezních smyček

Na základě detailní analýzy dat byly jednotlivé epizody rozřazeny do kategorií podle variability DOC ve vztahu s průtokem (době zpoždění Q_{max}). První kategorie dělí jednotlivé epizody na základě variability DOC z pohledu doby zpoždění maximálních koncentrací DOC (DOC_{max}) za maximálním průtokem (Q_{max}). Druhá kategorie značí koncentrace organických látek bez zpoždění za průtokem, kdy se maximální koncentrace DOC dostavily v průběhu narůstajících průtoků během vzestupné větve průtokové vlny. Třetí kategorie zahrnuje kombinovaný typ epizod se zpožděním i bez zpoždění DOC_{max} za Q_{max} . Čtvrtá kategorie pak představuje koncentrace DOC, které byly sledovány mezi srážko-odtokovými událostmi (klidové období).

Následně pro jasnější pochopení časoprostorových vztahů, byl tento proces (vztah DOC_{max} a Q_{max}) v rámci každé kategorie zobrazen pomocí hysterezních smyček, které se opírají zejména o kapitolu č. 4 (tabulka č. 6).

Nejprve však byla provedena standardizace dat rozpětím na základě vzorce:

$$u(t) = \frac{x(t) - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

$$v(t) = \frac{y(t) - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

kde $x(t)$ a $y(t)$ vyjadřují průtok a koncentrace organického uhlíku v čase (t), x_{min} , x_{max} , y_{min} , y_{max} značí minimální a maximální hodnoty průtoků a organického uhlíku, $v(t)$ a $u(t)$ představují normalizované hodnoty průtoků a organického uhlíku, které byly vyjádřeny procentuálně (Zuoco et al., 2016; SU et al., 2017; Špringerová, 2019). Vizualizace hysteresečních smyček byla provedena v programu R v 4.1.3 (R Core Team, 2022).

Tabulka č. 6: Typy hysteresečních smyček v rámci sledovaných epizod

Typ hystereseční smyčky	Popis
1. Po směru hodinových ručiček	DOC _{max} se dostavily v průběhu narůstajících průtoků během vzestupné větve průtokové vlny.
2. Proti směru hodinových ručiček	Koncentrace DOC _{max} se dostavily s časovým zpožděním za Q _{max} .
3. Tvar osmičky	Přítomna je hystereze po (počáteční zvýšení hodnot látek s počátkem odtokové epizody) i proti směru hodinových ručiček (nárůst hodnot látek po kulminaci toku a následný pokles). Příčinou tohoto chování může být vyčerpání organických látek během počáteční srážko-odtokové události a následný přísun další organické hmoty vázané na hladiny podzemní vody.
4. Rozptýlený typ (chaotický)	Chaotické chování látek během sledované epizody z pohledu průtoků.

Zdroj: Vlastní zpracování dle Chen et al. (2019)

6.4.2 Vyhodnocení závislosti DOC s jednotlivými proměnnými v rámci epizod

Závislost proměnných s koncentracemi DOC za každou epizodu byla vyhodnocena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu v prostředí Microsoft excel (Microsoft, 2016). Díky korelačnímu koeficientu lze zjistit vzájemný vztah (lineární závislost) vybraných proměnných s koncentracemi DOC. Korelační koeficient se pohybuje v intervalu od -1 do 1, kdy hodnoty blízké koeficientu 1 vyjadřují kladnou závislost (přímou úměru). Koeficient nabývající hodnot blízkých -1 pak značí nepřímo úměrnou závislost. V případě, kdy jsou proměnné či parametry nezávislé, korelace značí hodnoty blízké 0. Hodnoty korelačního koeficientu jsou významně ovlivněny dobou zpoždění, které vyplývá z vyhodnocení variability organického uhlíku s jednotlivými proměnnými.

Tabulka č. 7: Kategorie síly závislosti

0.00 - 0.19	velmi slabá
0.20 - 0.39	slabá
0.40 - 0.59	střední
0.60 - 0.79	silná
0.80 - 1.00	velmi silná

Zdroj: upraveno podle Evans (1996)

Dále byla sledována v rámci závislostí DOC a jednotlivých proměnných také statistická významnost (p) pro p – hodnota 0.01 a p – hodnota 0.05. Tento údaj znamená, že pravděpodobnost, že by pozorované rozdíly mezi vybranými proměnnými či parametry vznikly pouze náhodou, je v případě $p=0.05$ menší než 5 % a v případě $p=0.01$ menší než 1%.

6.4.3 Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného DOC v průběhu epizod a klasifikace epizod pomocí analýzy hlavních komponent

Kromě vyhodnocení podmínek v průběhu epizod byly vyhodnoceny i předchozí podmínky (14 dní před sledovanou epizodou). Prekondice zahrnovala opět proměnné průtoky, teploty vzduchu, srážek, HPV a výšky sněhové pokrývky pro profily ROK-R1, ROK a PTA, kde se nachází automatické vzorkovače ISCO. Vyhodnocení prekondice bylo provedeno opět v prostředí Microsoft Excel (*Microsoft, 2016*). U těchto proměnných byly sledovány základní statistické parametry stejně jako v případě samotných epizod.

Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného organického uhlíku v průběhu epizod bylo provedeno pomocí analýzy hlavních komponent (PCA – Principal Component Analysis) v prostředí XLSTAT (*Addinsoft, 2022*). Cílem této analýzy je zjednodušení skupin vzájemně korelovaných (lineárně závislých) proměnných. Původní proměnné jsou transformovány na tzv. hlavní komponenty (nové, nekorelované proměnné). U každé z hlavních komponent je určena míra variability (rozptyl) na základě, které jsou pak komponenty seřazeny (od největšího rozptylu po nejmenší). Tato analýza byla využita, jelikož předchozí podmínky jsou charakterizovány vícerozměrnými daty (proměnnými) (*Tonhauserová, 2013; Militký, 2022; Nguyen et al., 2020*).

Do prekondice (14 dní před sledovanou epizodou) byly v rámci PCA analýzy zahrnuty následující proměnné:

- průměrné teploty vzduchu (T) – [°C]
- průměrné průtoky (Q) [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]
- průměrné hodnoty hladiny podzemní vody (HPV) [přepočet k povrchu 0, m]
- úhrny srážek (P) [mm]

- průměrná výška sněhové pokrývky (SCE) – [cm]

Dále byla do PCA analýzy vložena čísla pozorovaných epizod a jako poslední kategorizace, pomocí které byly jednotlivé epizody klasifikovány na základě množství průměrných koncentrací DOC (tabulka. č. 8). Kategorie s nízkými koncentracemi DOC zahrnují epizody jejichž průměrné koncentrace DOC se pohybují v intervalu od 22.25 mg.l⁻¹ do 38.76 mg.l⁻¹. Kategorie se zvýšenými koncentracemi DOC od 40.77 mg.l⁻¹ do 46.64 mg.l⁻¹ a kategorie s vysokými koncentracemi DOC od 48.21 mg.l⁻¹ do 55.25 mg.l⁻¹.

Tabulka č. 8: Kategorizace epizod na základě průměrných koncentrací DOC

Kategorie č.	Č. ep.	koncentrace DOC [mg.l ⁻¹]
1 (nízké koncentrace DOC)	18	22.25
	10	25.22
	9	27.7
	4	29.82
	3	32.91
	14	38.76
	Průměr	29.44
2 (zvýšené koncentrace DOC)	11	40.77
	2	44.27
	12	45
	1	45.37
	7	45.56
	8	46.48
	13	46.64
Průměr	44.73	
3 (vysoké koncentrace DOC)	5	48.21
	16	48.47
	6	51.15
	15	51.16
	17	55.25
Průměr	50.85	

Zdroj dat: KFGG PŘF UK

Vysvětlivky: Červeně vyznačená čísla epizod značí odlišné profily od profilu ROK-R1 (9, 10 – PTA, 14, 18 – ROK)

Výsledek PCA analýzy byl zobrazen pomocí tzv. biplotu, který zobrazuje první a druhou hlavní komponentu. Tyto komponenty nahradily původní datový soubor o 5 proměnných. Dále jsou u biplotu sledovány jednotlivé osy x a y, vztahy mezi proměnnými, které jsou interpretovány na základě úhlů jednotlivých vektorů, které představují jednotlivé proměnné (kvantitativní proměnné). V případě, že vektory svírají úhel 90°, je korelace nulová. Pokud je úhel menší než 90°, je korelace kladná a v případě úhlu většího než 90° (180°- korelace -1) je korelace záporná. Také lze pozorovat délku vektorů,

kdy dlouhá linie značí vysoké zastoupení dané proměnné v první a druhé hlavní komponentě. V případě kratší vzdálenosti vektorové linie jsou informace (proměnné) lépe reprezentovány v jiných komponentách. Dále jsou sledovány body představující čísla epizod a barvy, které značí číslo kategorie (kvalitativní proměnné). Čím menší je vzdálenost bodů mezi sebou, tím jsou body vzájemně podobnější a naopak. Jako poslední byl sledován vztah vektorů a bodů. Čím blíže se body nachází u vektorů, tím více jsou body ovlivněny danou proměnnou.

Na základě PCA analýzy byly jednotlivé epizody rozřazeny do čtyř kategorií. První kategorie značí epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné průtoky, hladinou podzemní vody a výškou sněhové pokrývky. Druhá kategorie zahrnuje epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami. Třetí kategorie pak zahrnuje epizody se zvýšeným a vysokým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami. Poslední čtvrtá kategorie značí epizody se zvýšeným a vysokým množstvím koncentrací DOC ovlivněné průtokem a hladinou podzemní vody. Množství koncentrací DOC bylo klasifikováno na základě tabulky č. 8. Pro doplnění byly ke každé kategorii vytvořeny tabulky s konkrétními hodnotami charakterizující jednotlivé proměnné zahrnuté v PCA analýze.

I v tomto případě byly společně vyhodnoceny všechny epizody, ačkoliv se ne vždy jednalo o totožné profily (povodí).

6.4.4 Vyhodnocení vlivu průtoku na množství transportovaného DOC v průběhu epizod

V případě vyhodnocení vlivu průtoku na množství transportovaného DOC bylo sledováno, zda různé hodnoty průtoků mohou generovat stejné či odlišné koncentrace DOC, a to i z pohledu jednotlivých průtokových vln. Pro vyhodnocení byla využita tabulka znázorňující hodnoty maximálních průtoků (u některých epizod bylo sledováno více průtokových maxim) a minimálních průtoků s příslušnými koncentracemi. Vyhodnocování tohoto vztahu (procesu) bylo prováděno v prostředí Microsoft Excel (*Microsoft, 2016*). Dále byl sledován vliv počtu srážko-odtokových událostí (díličích průtokových maxim) v průběhu epizod na množství koncentrací DOC.

6.4.5 Vyhodnocení závislosti parametrů sledovaných v rámci kampaní

Kromě sledovaných epizod, kde jsou vzorky povrchové vody odebírány pomocí automatických vzorkovačů ISCO, probíhají odběry povrchových vod tzv. kampaní. Tyto kampaně jsou odebírány ve výše uvedených experimentálních povodích na celkem sedmi odběrných profilech (CIK, BRE, JAV, PTA, ROK, ROK-R1, ROK-R2). V terénu se

v průběhu odběru vzorků měří i další parametry, a to pomocí multimetrické sondy (HQ40-D Hach Lange). Jedná se o fyzikálně-chemické parametry, jako jsou teplota vody, pH, konduktivita a rozpuštěný kyslík. Také je sledován okamžitý průtok, který je měřen Flow Trackerem (SONTEK).

Vzorky z kampaní byly analyzovány od roku 2018 (květen) do roku 2022 (únor) pro všechny sledované profily s výjimkou odběrného profilu ROK-R2, kde v únoru 2022 nebylo možné vzorky odebrat. Na základě těchto odebraných kampaní byla sledována závislost jednotlivých parametrů (teplota vody, pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík, průtok) pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Výsledky byly posléze zobrazeny korelační mapou.

6.4.6 Vyhodnocení podobnosti jednotlivých kampaní (profilů) na základě sledovaných parametrů pomocí PCA analýzy

Vyhodnocení vlivu parametrů v rámci kampaní na podobnost jednotlivých profilů bylo provedeno pomocí analýzy hlavních komponent (PCA – Principal Component Analysis) v prostředí XLSTAT (*Addinsoft, 2022*). Proměnné zde představovaly průměrné hodnoty za sledované období (2018–2022):

- teplota vody (T) – [°C]
- pH
- elektrická konduktivita (EC) – [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]
- rozpuštěný kyslík (DO) – [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
- rozpuštěný organický uhlík (DOC) – [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
- průtok (Q) – [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]

Při interpretaci výstupů této analýzy je zohledněn odlišný charakter jednotlivých povodí, stejně jako u vyhodnocování epizod.

7 Výsledky

7.1 Klasifikace epizod na základě variability organického uhlíku (doba zpoždění) - hysterezní smyčky

Z výsledků dostupných studií bylo zjištěno, že koncentrace DOC velmi pružně reagují na změnu průtoku. Proto byla klasifikace epizod na základě variability organického uhlíku (doba zpoždění) a následná kategorizace primárně založená na sledování koncentrací DOC s průtokem. Dalším faktorem je, že v rámci průtoku byla k dispozici veškerá data, což například u HPV říci nelze. Současně s průtokem byly sledovány i ostatní proměnné, které napomohly vysvětlit dynamické chování koncentrací DOC.

U každé kategorie byl vybrán jako vzor vždy jeden nebo dva příklady epizod, které byly detailně charakterizovány. Ostatní epizody (grafy) jsou vloženy do kapitoly příloh (přílohy 1–33). Jednotlivé kategorie také zahrnují podkapitolu s vybranými hysterezními smyčkami, které ji reprezentují.

7.1.1 Zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximem průtoku

První kategorie zahrnuje epizody, během kterých koncentrace DOC dosáhly svého maxima po dosažení maximálních hodnot průtoku. Pro přehlednost je doba zpoždění koncentrací DOC (D. z.) za průtokem znázorněna v grafech spolu s číslem vlny. Pro případ, kdy v průběhu epizody nastalo více průtokových vln, byly maximální koncentrace vybarveny barvou k příslušné průtokové vlně.

Tabulka č. 9: Kategorie epizod podle zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálním průtokem včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění

Č. ep. a profil	Hlavní průtoková vlna č.	Dílčí průtokové maximum č.	Datum a čas dílčího průtokového maxima	Doba zpoždění
1 (ROK-R1)	1	1	31. 8. 2019, 2:50	7 h 10 min
7 (ROK-R1)	1	1	26. 9. 2020, 4:40	4 h 50 min
		2	26. 9. 2020, 15:00	50 min
		3	26. 9. 2020, 18:50	5 h 10 min
		4	26. 9. 2020, 19:30	12 h 30min
9 (PTA)	1	1	12. 3. 2021, 0:10	1 h 40 min
		2	12. 3. 2021, 2:00	10 h 10 min
10 (PTA)	1	1	14. 5. 2021, 0:20	14 h 40 min
13 (ROK-R1)	1	1	5. 8. 2021, 15:20	1 h 10 min
	2	2	8. 8. 2021, 00:00	3h
14 (ROK)	1	1	8. 8. 2021, 1:40	1 h 10 min
15 (ROK-R1)	1	1	22. 8. 2021, 20:40	1 h 50 min
		2	22. 8. 2021, 23:40	1 h 40 min
	2	3	24. 8. 2021, 3:30	4 h 30 min
		4	24. 8. 2021, 11:00	6 h 40 min
16 (ROK-R1)	1	1	26. 8. 2021, 21:50	1 h 30 min
		2	27. 8. 2021, 4:10	2 h
17 (ROK-R1)	1	1	13. 10. 2021, 0:10	1 h 50 min
18 (ROK)	1	1	6. 10. 2021, 10:40	1 h 30 min

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: Tučně zvýrazněné hodnoty značí nejdelší dobu zpoždění v rámci všech sledovaných epizod, červeně zvýrazněná čísla epizod značí odlišná povodí (profil) – 9, 10 Ptačí potok, 14, 18 profil ROK, hlavní průtoková vlna a dílčí průtokové maximum - v rámci jedné hlavní průtokové vlny může nastat více průtokových maxim (dílčí průtokové maximum)

Epizody, během kterých došlo k časovému zpoždění DOC_{max} za Q_{max}, jsou charakteristické převážně jednou hlavní průtokovou vlnou. U některých epizod, jako například ep. č. 7, může být součástí jedné hlavní průtokové vlny i více dílčích průtokových maxim (tabulka č. 9).

V případě epizod s více hlavními průtokovými vlnami, jako jsou ep. č. 13 a 15, proběhly hlavní průtokové vlny s dostatečným časovým odstupem, na to, aby se koncentrace DOC stihly nahromadit a následně s narůstajícím průtokem pružně reagovat s časovým zpožděním. Doba mezi těmito hlavními průtokovými vlnami byla 2 až 3 dny. Roli hrály i podmínky v průběhu epizody. Průměrná HPV v průběhu obou epizod byla velmi vysoká a napomáhala tak k transportním procesům DOC (ep. č. 13 – příloha 20, ep. č. 15 – graf č. 7). Naopak na celkové úhrny srážek byla ep. č. 13 (trvajících 10 dní) chudá (4.70 mm), a tím pádem nedocházelo k procesu ředění (příloha 21). To bylo z pohledu variability DOC velmi

významné u ep. č. 8, která trvala celkem 5 dní (celkový úhrn srážek 72.7 mm), (kapitola 7.1.2). V tomto případě však mohlo hrát roli i odlišné roční období.

Doba zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálními průtoky se pohybovala nejčastěji do 2 hodin. U epizod č. 1, 7, 9, 10 a 15 došlo k v rámci všech sledovaných epizod k největšímu časovému zpoždění DOC_{max} za Q_{max}. Větší doba zpoždění mohla být způsobena právě větším počtem dílčích průtokových maxim, která se časově nacházela velmi blízko u sebe (ep. č. 7, 9, 15). V průběhu prvních dílčích průtokových maxim došlo k vyčerpání velkého množství zásob akumulovaných organických látek, které se následně s příchodem dalších průtokových maxim do vodního toku transportovaly z hlubších vrstev rašeliny. Tudíž byla doba zpoždění větší, jelikož transportní procesy trvaly delší dobu (delší vzdálenost). To je patrné i z tabulky č. 9, kde doba zpoždění většinou narůstá s počtem dílčích průtokových maxim.

Příkladem tomu může být ep. č. 7 (takulka č. 9), kde během jednoho dne (26. 9. 2020) došlo v průběhu 15 hodin k několika dílčím průtokovým maximům (v rámci jedné hlavní průtokové vlny). Z tabulky č. 9 je také patrné, že čas mezi druhým a třetím dílčím průtokovým maximem u ep. č. 7 činil 3 hodiny a 50 min (d. z. 5 hodiny a 10 minut) a čas mezi třetím a čtvrtým dílčím průtokovým maximem činil 40 min (d. z. 12 hodin a 30 minut). Takto krátké časové intervaly způsobily, že se organické látky u předchozích průtokových maxim vyčerpaly a k následnému přísunu dalších látek pak docházelo z hlubších vrstev rašeliny, která byla transportována zvýšenou hladinou podzemní vody.

Delší doba zpoždění na Ptačím potoce (ep. č. 9, 10) mohla být dána ročním obdobím (tání sněhové pokrývky, rozmrzání půdy) a podmínkami v průběhu předchozího roku (akumulace či zvýšený transport DOC). Vliv mohla mít i velikost plochy povodí či délka vodního toku, které jsou větší a delší než u profilu ROK-R1. V tomto případě může hrát roli například delší doba dotoku vody k profilu.

S větším časovým zpožděním u ep. č. 7 může souviset i prekondice a podmínky povodí v průběhu epizody, kdy byla průměrná HPV velmi nízká (graf č. 4, tabulka č. 16), takže docházelo k akumulaci organických látek ve zvýšeném množství. Následně se látky s příchodem srážko-odtokové události v průběhu epizody transportovaly, a jelikož byly v povodí naakumulovány ve velkém množství, jejich transport trval delší dobu, než se rezervoáry vyčerpaly. To lze pozorovat i v případě epizod s jednoduchou průtokovou vlnou, jako u ep. č. 1, kde mohly velké časové zpoždění DOC_{max} za Q_{max} způsobit předchozí podmínky bez významné odtokové události (prekondice tabulka č. 16, podmínky v průběhu epizody příloha 1–3). Průměrný průtok se v průběhu předchozích podmínek ep. č. 1

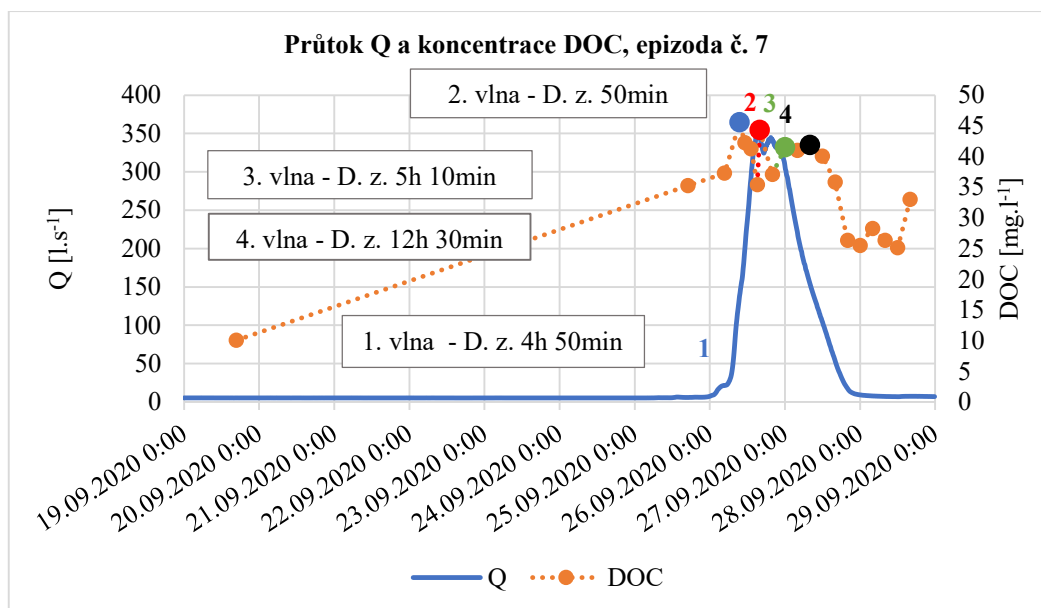
pohyboval kolem 4.55 l.s^{-1} a průměrné hodnoty HPV nabývaly také velmi nízkých hodnot (-0.258 m). Tyto podmínky byly ideální pro akumulaci velkého množství organických látek, jejichž vyplavování s příchodem srážko-odtokové epizody trvalo delší dobu. Sušší (klidové) podmínky v průběhu předchozích podmínek hrají roli i v případě samotného nástupu nárůstu koncentrací DOC, kdy nárůst koncentrací DOC může být delší, což dokládá graf č. 3 znázorňující průběh ep. č. 7.

U ep. č. 15 byla doba zpoždění u posledního průtokového maxima přibližně o 6 hodin kratší oproti ep. č. 7, což mohlo být způsobeno nasyceným povodím v průběhu předchozích podmínek i v průběhu samotné epizody. Průměrná HPV se v době 14 dní před epizodou i po dobu samotné epizody č. 15 pohybovala ve vysokých hladinách (prekondice tabulka č. 17, podmínky v průběhu ep. graf č. 7) a celkové srážkové úhrny v době epizody dosahovaly 60 mm (délka ep. 9 dní), (graf č. 8). Organické látky v tomto případě neměly tak vhodné podmínky pro akumulaci jako u ep. č. 7 či 1, a proto mohla být doba zpoždění o něco kratší. Nicméně i v případě nasycení povodí může být doba zpoždění delší. To dokládá například ep. č. 10 na Ptačím potoce, kdy v průběhu předchozích podmínek a celé epizody docházelo k tání sněhové pokrývky a průtoky tak dosahovaly velmi vysokých hodnot. V tomto případě hraje roli zapojení jednotlivých vrstev rašeliny a dostupnost organického materiálu.

Zajímavé také je sledovat celkové úhrny srážek u epizod zařazených do kategorie, kde se DOC_{max} dostavilo s časovým zpožděním za Q_{max} . Bylo zjištěno, že epizody zařazené do této kategorie mají obecně nižší úhrny srážek. Nejvyšší celkové úhrny (sumy) srážek v rámci všech epizod v této kategorii byly zjištěny u ep. č. 7 (78 mm) (graf č. 5) a v rámci prekondice u ep. č. 16 (92 mm) (tabulka č. 16). Zatímco u následujících kategorií, během kterých nedošlo k časovému zpoždění DOC_{max} za Q_{max} , byly obecně celkové úhrny srážek vyšší. Nejvyšší úhrny srážek v rámci epizod u těchto kategorií byly zjištěny u ep. č. 5 okolo 94 mm (příloha 6) a v rámci prekondice kolem 120 mm (ep. č. 12 – tabulka č. 16). Nicméně je vhodné brát zřetel na délku jednotlivých epizod z pohledu porovnávání úhrnů srážek, ročního období a charakteru sledovaného profilu. Ostatní proměnné, jako je HPV, teplota vzduchu či průtok, se v rámci epizod chovají velmi individuálně, a tudíž rozdíly v rámci kategorií nejsou tak jasné.

7.1.1.1 Vzorová epizoda č. 7 - 19. 9. - 28. 9. 2020, ROK-R1

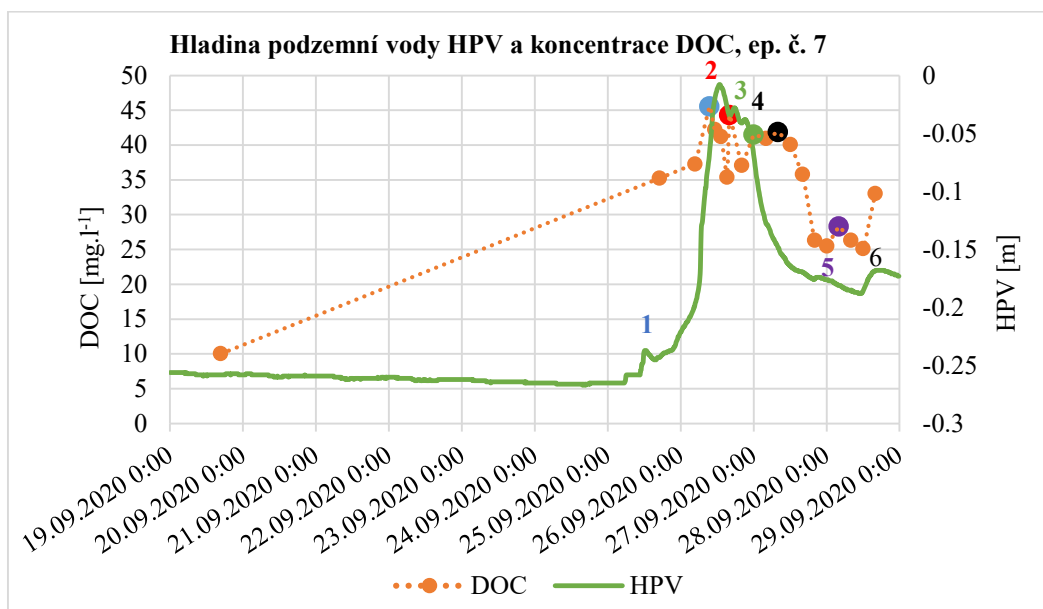
Za vzorové epizody byly vybrány ep. č. 7 a 15, a to především díky rozdílným průměrným hodnotám HPV.



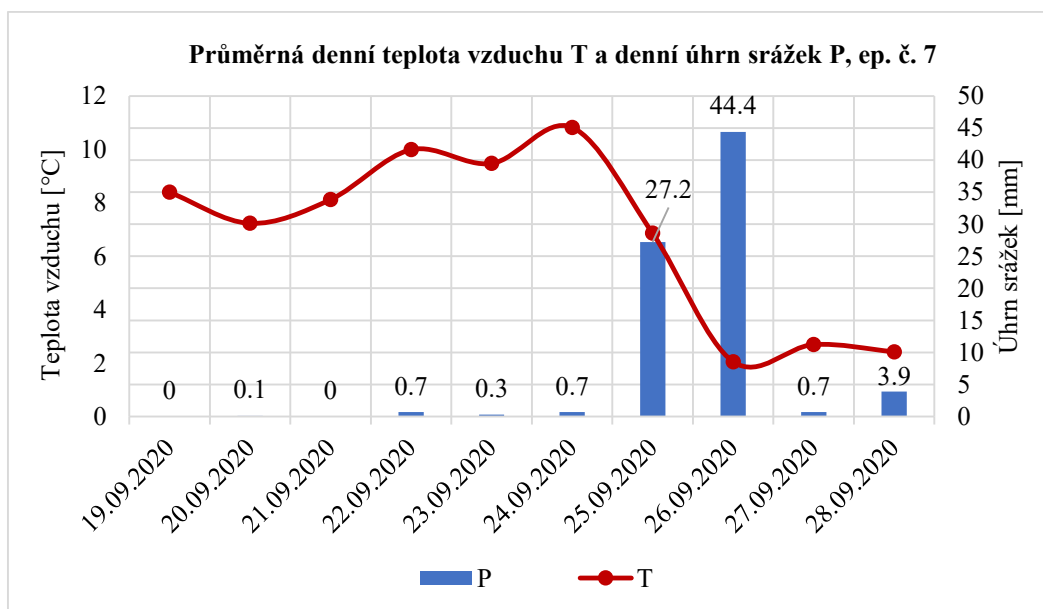
Graf č. 3: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 7 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Během epizody č. 7 se organické látky chovaly velmi variabilně. V rámci jedné hlavní průtokové vlny proběhly celkem 4 dílčí průtoková maxima. První dílčí průtokové maximum proběhlo 26. 9. 2020 a dosáhlo vrcholu ve 4:40 (21.48 l.s^{-1}), v tuto dobu koncentrace DOC pozvolna narůstaly. Následoval nepatrný pokles průtoku, kdy koncentrace DOC stále narůstaly. DOCmax se dostavily 26. 9. 2020 v 9:30 (45.56 mg.l^{-1}) v době narůstajícího průtoku druhého dílčího průtokového maxima (137.70 l.s^{-1}). Doba zpoždění DOCmax za Qmax během prvního dílčího průtokového maxima činila 4 hodiny a 50 minut. Následoval pokles koncentrací DOC a zároveň druhé dílčí průtokové maximum, které nabývalo v rámci epizody nejvyšších hodnot. Druhé Qmax (druhého dílčího maxima) nastalo 26. 9. 2020 v 15:00 (349.93 l.s^{-1}) a DOCmax 26. 9. 2020 v 16:00 (44.31 mg.l^{-1}) v době klesajícího průtoku (345.70 l.s^{-1}). Doba zpoždění zde činila 50 minut. Třetí Qmax třetího dílčího průtokového maxima proběhlo 26. 9. 2020 v 18:50 (342.12 l.s^{-1}) a DOCmax 27. 9. 2020 v 0:00 (41.51 mg.l^{-1}). Doba zpoždění činila 5 hodin a 10 minut. Čtvrté Qmax 26. 9. 2020 v 19:30 (344.71 l.s^{-1}) a DOCmax 27. 7. 2020 v 8:00 (41.87 mg.l^{-1}). Doba zpoždění byla 12 hodin a 30 minut. Následoval pokles průtoku a koncentrací DOC. V závěru pak proběhlo ještě jedno zvýšení hodnot DOC (28. 9. 2020 ve 4:00), v době kdy byl průtok ustálený (8 l.s^{-1}), takže za tento nárůst koncentrací již nemohl. Projevila se zde spíše role HPV (viz graf č. 4, vlna č. 5).

Doba zpoždění DOCmax za Q max u všech průtokových maxim byla způsobena také předchozími podmínkami v předchozích 14 dnech, během kterých byla HPV velmi nízká (průměr -0.205 m, tabulka č. 16). V průběhu sledované epizody dosahovaly maximální denní úhrny srážek 44.4 mm, nicméně tyto srážky na dobu zpoždění DOC neměly příliš velký vliv (graf č. 5).

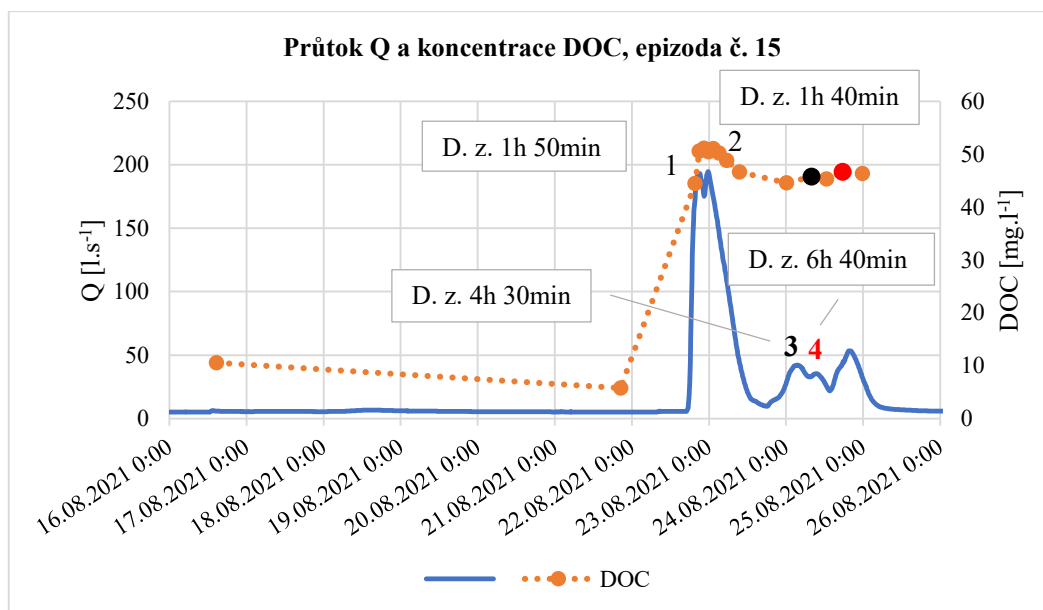


Graf č. 4: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 7 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



Graf č. 5: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 7 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

7.1.1.2 Vzorová epizoda č. 15 - 16. 8. - 24. 8. 2021, ROK-R1

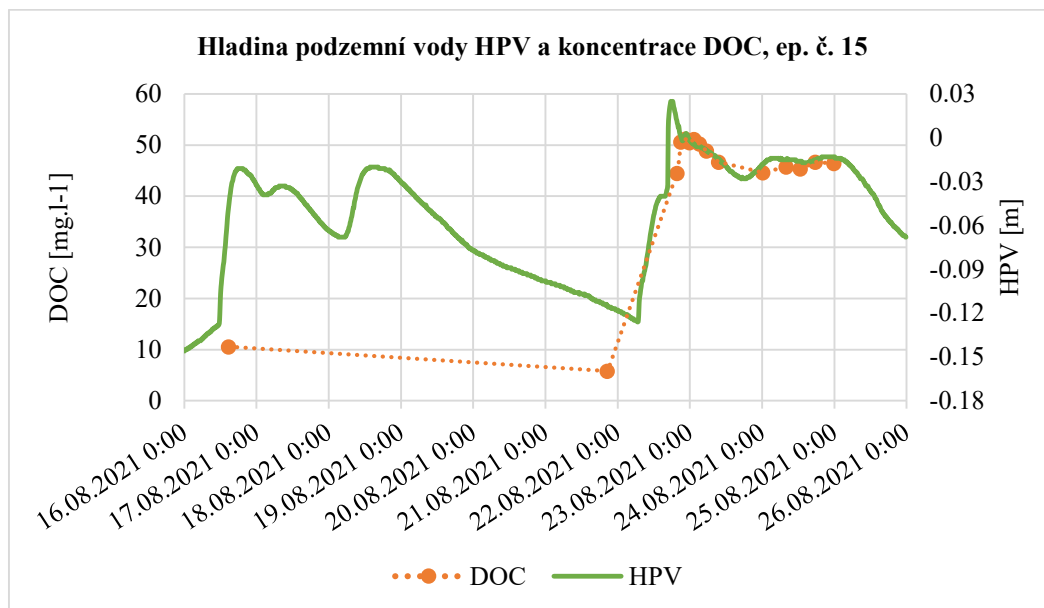


Graf č. 6: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 15 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

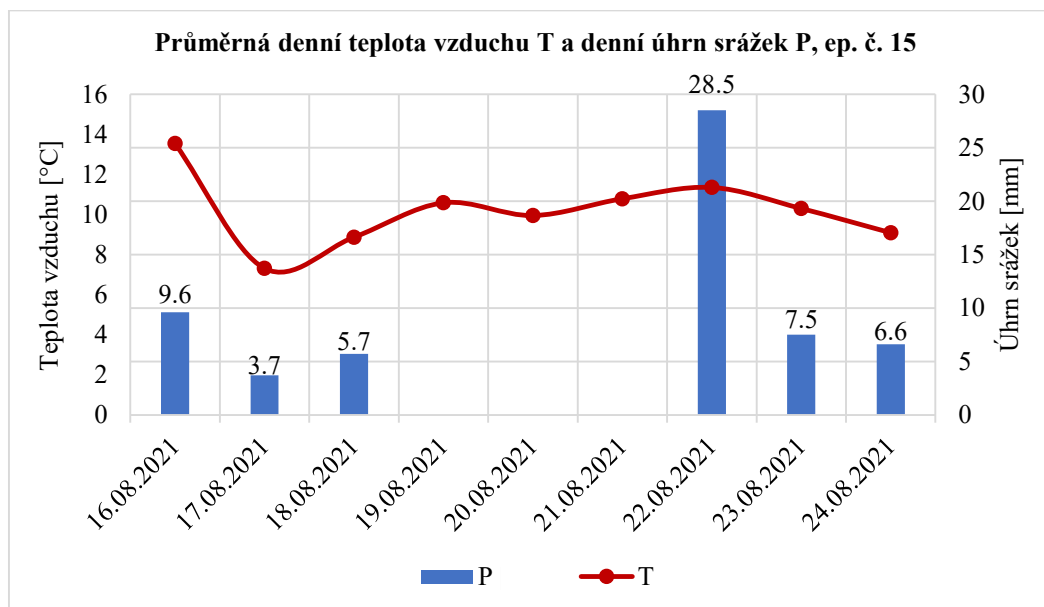
Během epizody č. 15 proběhly dvě hlavní průtokové vlny se čtyřmi dílčími průtokovými maximy, na které koncentrace DOC dynamicky zareagovaly. Počáteční koncentrace spolu s průtokem (16. 8. 2021 - 21. 8. 2021) byly z pohledu celé epizody velmi nízké. Pohybovaly se v rozmezí okolo 5.78 – 10.56 mg.l⁻¹ o průtoku 5.10 l.s⁻¹ až 5.84 l.s⁻¹. První dílčí průtokové maximum nastalo 22. 8. 2021 ve 20:40 (193.16 l.s⁻¹), na které zareagovalo DOCmax se zpožděním 1 hodinu a 50 minut 22. 8. 2021 ve 22:30 (51.16 mg.l⁻¹), v tuto dobu průtok dosáhl svého minima mezi dvěma průtokovými vrcholy (175.17 l.s⁻¹). Na snížení průtoku pružně zareagovaly i koncentrace. Následovalo druhé dílčí průtokové maximum 22. 8. 2021 ve 23:40 (194.62 l.s⁻¹), na které DOCmax zareagovalo opět se zpožděním (1 hodina a 40 minut) 23. 8. 2021 v 1:20 (51.11 mg.l⁻¹), kdy již průtok klesal (175.17 l.s⁻¹). Posléze se koncentrace DOC držely stále ve vysokých koncentracích a to především díky HPV. Třetí výrazně nižší dílčí průtokové maximum dosáhlo Qmax 24. 8. 2021 ve 3:30 (42.27 l.s⁻¹) a DOCmax se pro tuto vlnu dostavily 24. 8. 2021 v 8:00 (44.61 mg.l⁻¹), kdy se průtok již snižoval (33.23 l.s⁻¹). Čtvrté Qmax se dostavilo 24. 8. v 11:00 (23.25 l.s⁻¹) a DOCmax 24. 8. 2021 v 17:40 (46.68 mg.l⁻¹). V tomto případě doba zpoždění činila 6 hodin a 40 minut. Lze říci, že během této epizody se koncentrace DOC chovaly velmi dynamicky a průtok kopírovaly s časovým zpožděním.

V průběhu předchozích podmínek a v prvních dnech epizody byla HPV zvýšená (graf č. 7, tabulka č. 17). Nicméně průtok několik dní před průtokovým maximem během epizody nezaznamenal příliš zvýšené hodnoty. Proto se mohly organické látky následně

transportovat ve zvýšeném množství a jejich průměrné hodnoty dosahovaly velice vysokých hodnot. V tomto případě dobu zpoždění opět srážkové úhrny natolik neovlivnily (graf č. 8).



Graf č. 7: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 15 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

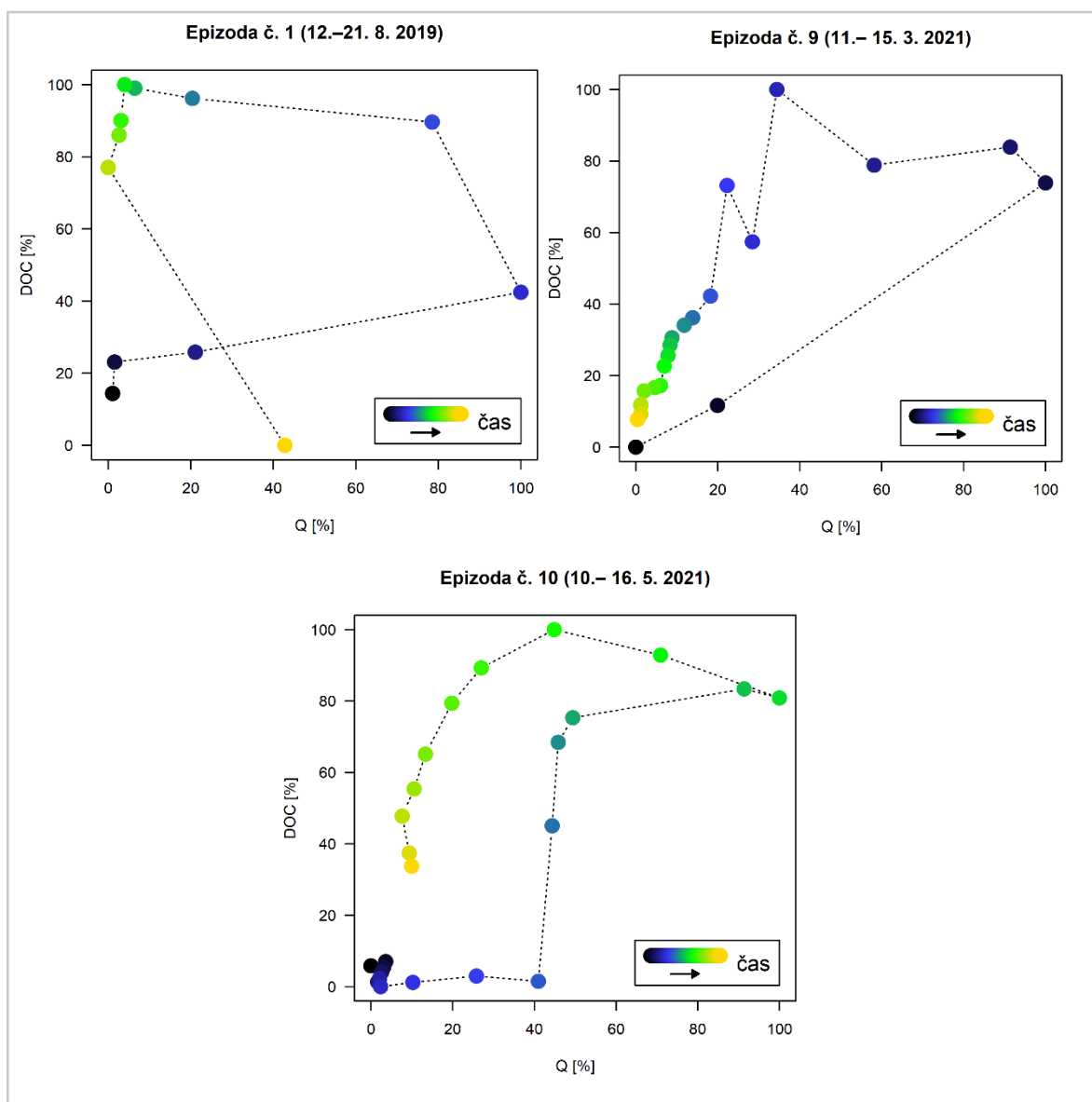


Graf č. 8: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 15 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

7.1.1.3 Hysterezní smyčky – kategorie zpoždění maximálních koncentrací DOC za maximálním průtokem

Jelikož se u této kategorie maximální koncentrace DOC dostavily s časovým zpožděním za maximálním průtokem, vychází u většiny epizod hysterezní smyčky proti směru hodinových ručiček. Z grafu č. 9 znázorňující vybrané hysterezní smyčky ep. č. 1, 9 a 10 je patrné, že v první fázi smyčky se zvyšujícím průtokem rostou koncentrace DOC. Následně s klesajícím průtokem koncentrace DOC po určitou dobu stále rostou (doba

zpoždění DOCmax za Qmax) a v poslední fázi hystereze dochází k poklesu průtoku spolu s poklesem koncentrací DOC.



Graf č. 9: Hysterezní smyčky ep. č. 1, 9, 10 – kategorie zpoždění DOCmax za Qmax (zdroj dat: KFGG PřF UK)

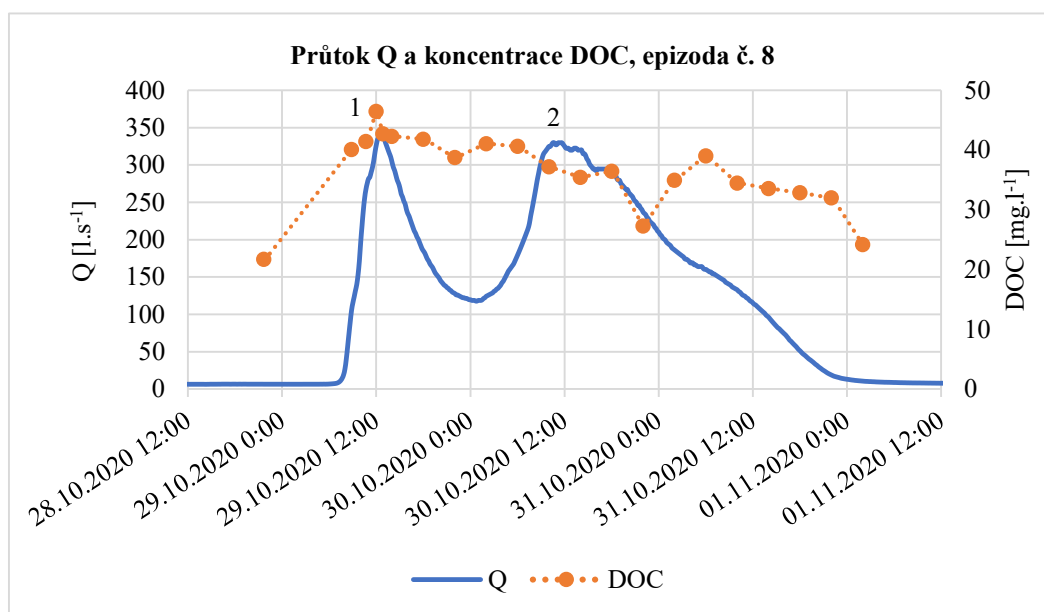
Hysterezní smyčky proti směru hodinových ručiček vyšly u všech epizod kromě epizod č. 7, 13 a 17. Zde hysterezní smyčky nevyšly v souladu s dostupnou literaturou a u ep. č. 7 a 13 vyšla hystereze ve tvaru osmičky a u ep. č. 17 vyšel rozptýlený (chaotický) typ hystereze.

7.1.2 Maximální koncentrace DOC časově předběhly průtoková maxima

Do kategorie maximálních koncentrací DOC, které se dostavily v průběhu narůstajících průtoků vzestupné větve průtokové vlny, byla zahrnuta pouze epizoda č. 8. Jedná se

o epizodu se dvěma průtokovými vlnami, kdy se maximální průtok u první vlny dostavil 29. 10. 2020 ve 12:40 a u druhé s denním zpožděním, a to 30. 10. 2020 ve 12:30. K časovému zpoždění DOCmax za Qmax s příchodem srážko-odtokové události během epizody nedošlo, jelikož zde pravděpodobně hrálo roli ředění DOC srážkovou vodou a více průtokových vln. Průměrné průtoky v průběhu epizody dosahovaly zvýšených hodnot (104 l.s^{-1}) (graf č. 10) a celkové srážkové úhrny činily 72.70 mm (graf č. 12). V průběhu 14 dní před epizodou byly průměrné průtoky nižší (14 l.s^{-1}) a HPV dosahovala také nízkých hladin (tabulka č. 16). To dokládá, že v průběhu 14 dnů před událostí nedošlo k nijak významné srážko-odtokové události a koncentrace organických látek se mohly akumulovat v dostatečném množství. Tento fakt dokládají i průměrné hodnoty DOC v průběhu epizody, které byly po celou dobu epizody zvýšené (45.64 mg.l^{-1}) i během klesajícího průtoku (po první průtokové vlně), (graf č. 10).

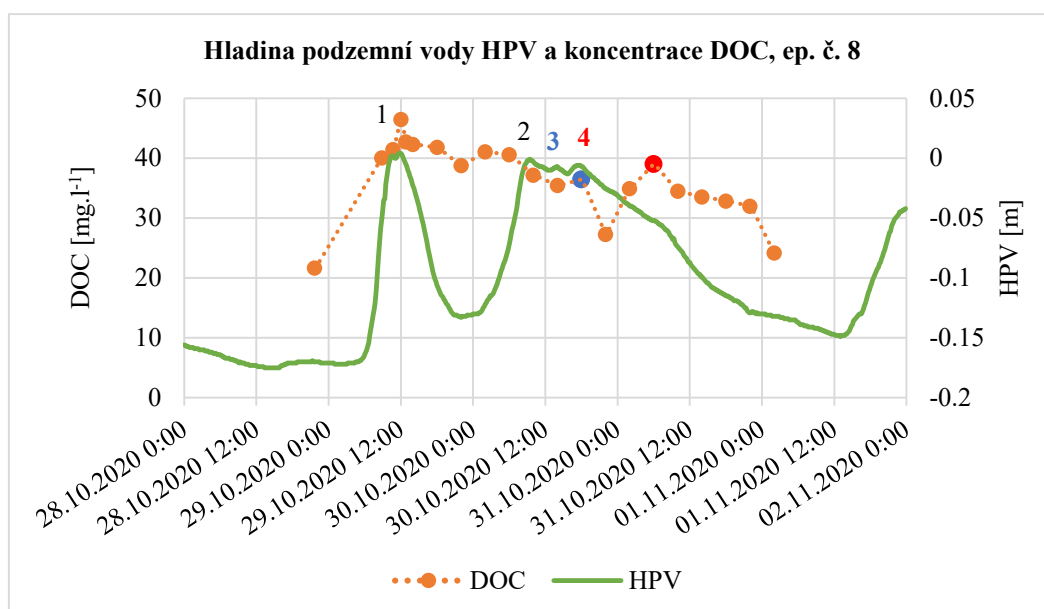
7.1.2.1 Epizoda č. 8 - 28. 10. - 1. 11. 2020, ROK-R1



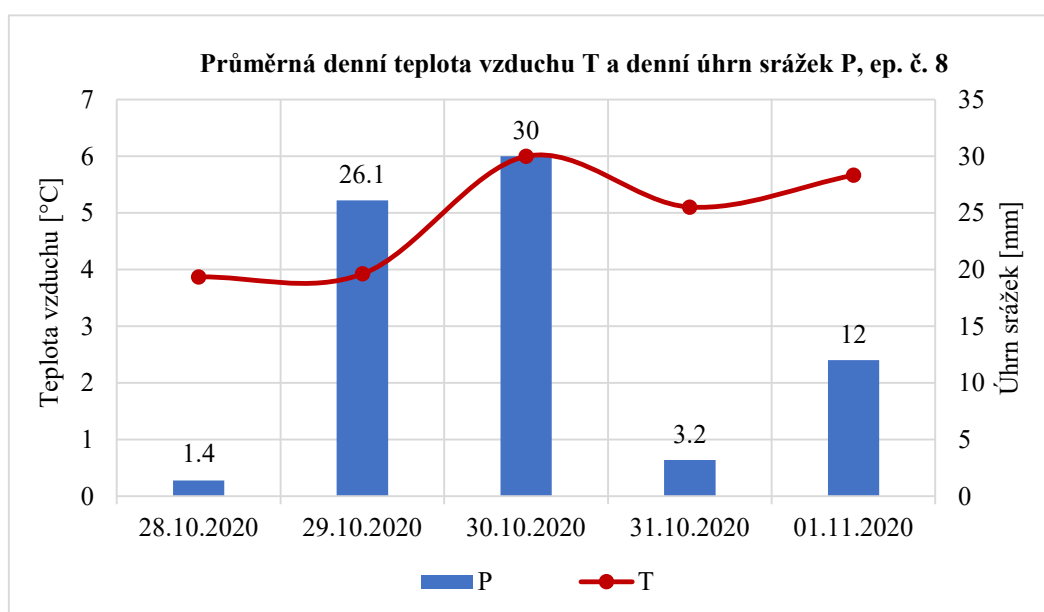
Graf č. 10: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 8 (zdroj dat: KFGG PrF UK)

Během ep. č. 8 Qmax první hlavní průtokové vlny nastalo 29. 10. 2020 ve 12:40 (339.56 l.s^{-1}) a DOCmax 29. 10. 2020 ve 12:00 (46.47 mg.l^{-1}) v době teprve rostoucího průtoku (327.03 l.s^{-1}). Následoval pokles průtoku a mírný pokles koncentrací. Také během druhé průtokové vlny organické látky dosáhly svého maxima v průběhu narůstajícího průtoku (Qmax 30. 10. 2020 ve 12:30, 339.60 l.s^{-1} ; DOCmax 30. 10. 2020 ve 2:00, 41.06 mg.l^{-1}). Následoval pozvolný pokles průtoku až na počáteční hodnoty. Chaoticky z pohledu průtoku se chovaly koncentrace DOC těsně za vrcholem druhé hlavní průtokové vlny, kdy

s klesajícím průtokem jejich hodnoty narůstaly (31. 10. 2020 v 6:00). Možným vysvětlením je v tomto případě větší závislost DOC na HPV, což dokládá graf č. 11 – vlna č. 4. Z grafu č. 12 je patrné, že v průběhu epizody z hlediska denního maxima srážek napadlo až 30 mm srážek (30. 10. 2020), v tomto případě měly srážky významný vliv na dobu zpoždění DOC.



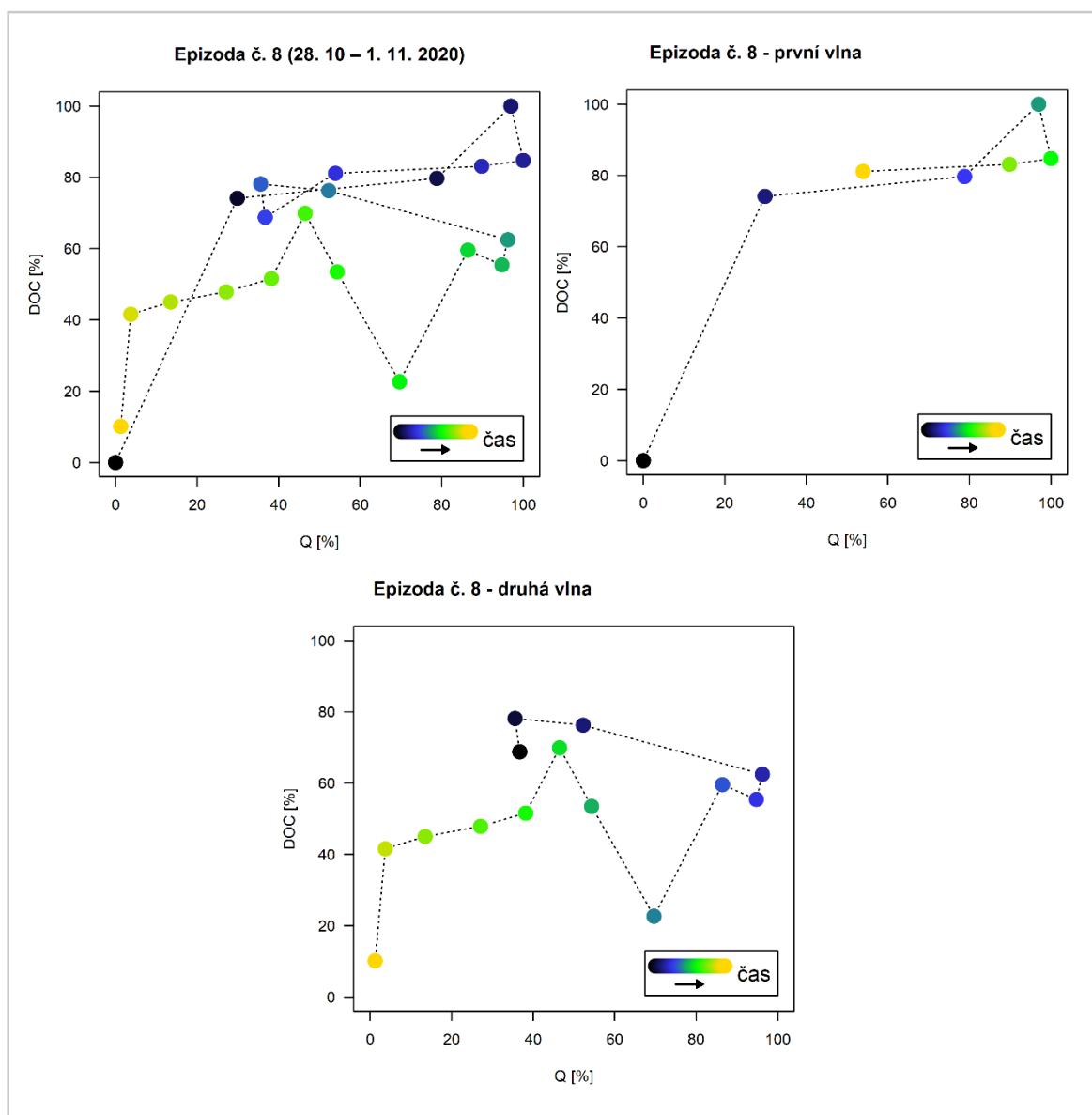
Graf č. 11: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 8 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Graf č. 12: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 8 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

7.1.2.2 Hysterezní smyčky – kategorie maximální koncentrace DOC časově předběhly průtoková maxima

Směr hysterezní smyčky pro tuto kategorii v rámci celé epizody vyšel rozptýlený (chaotický), což mohlo být dáno výskytem více průtokových vln. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o jednu epizodu v rámci celé kategorie, byly hysterezní smyčky rozděleny do více grafů na základě jednotlivých průtokových vln. V tomto případě u každé průtokové vlny vyšla hystereze po směru hodinových ručiček, která značí nejvyšší koncentrace látek před kulminací toku.



Graf č. 13: Hysterezní smyčky ep. č. 8 – kategorie maximálních koncentrací DOC dosažených v průběhu narůstajícího průtoky (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Z hysterezních smyček znázorňující první a druhou průtokovou vlnu ep. č. 8 (graf č. 13) je patrné, že s rostoucím průtokem zprvu narůstají koncentrace DOC. Následuje

pokles koncentrací s rostoucím průtokem a v poslední fázi hysterezní smyčky dochází k poklesu průtoku a pozvolnému poklesu koncentrací DOC.

7.1.3 Kombinovaný typ chování organických látek

Tato kategorie zahrnuje kombinaci typu maximálních koncentrací organických látek s časovým zpožděním za maximálním průtokem a zároveň situace, kdy se maximální koncentrace DOC (DOC_{max}) dostavily v průběhu narůstajících průtoků během vzestupné větve průtokové vlny. Pro epizody zařazené do této kategorie jsou typické události s více hlavními průtokovými vlnami s více dílčími průtokovými maximy.

Tabulka č. 10: Kategorie epizod podle kombinovaného typu chování organických látek včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění

Č. ep. a profil	Hlavní průtoková vlna č.	Dílčí průtoková maxima č.	Datum a čas dílčího průtokového maxima č.	Doba zpoždění
2 (ROK-R1)	1	1	7. 6. 2020, 22:50	1 h
	2	2	9. 6. 2020, 17:10	x
		3	9. 6. 2020, 23:30	1 h 10 min
		4	10. 6. 2020, 10:30	x
5 (ROK-R1)	1	1	15. 8. 2020, 16:50	2 h 50 min
	2	2	17. 8. 2020, 17:20	1 h 50 min
		3	17. 8. 2020, 21:50	0 h 0 min
	2 (3)	4 (5)	18. 8. 2020, 11:40 (18:20)	x
6 (ROK-R1)	1	1	30. 8. 2020, 0:50	x
	2	2	30. 8. 2020, 15:50	4 h 10 min
	3	3	31. 8. 2020, 10:10	x
11 (ROK-R1)	1	1	24. 6. 2021, 0:20	4 h 10 min
	2	2	25. 6. 2021, 9:30	x
		3	25. 6. 2021, 15:40	5 h 50 min
12 (ROK-R1)	1	1	1. 7. 2021, 11:40	1 h 20 min
		2	1. 7. 2021, 19:10	x
		3	2. 7. 2021, 17:50	x

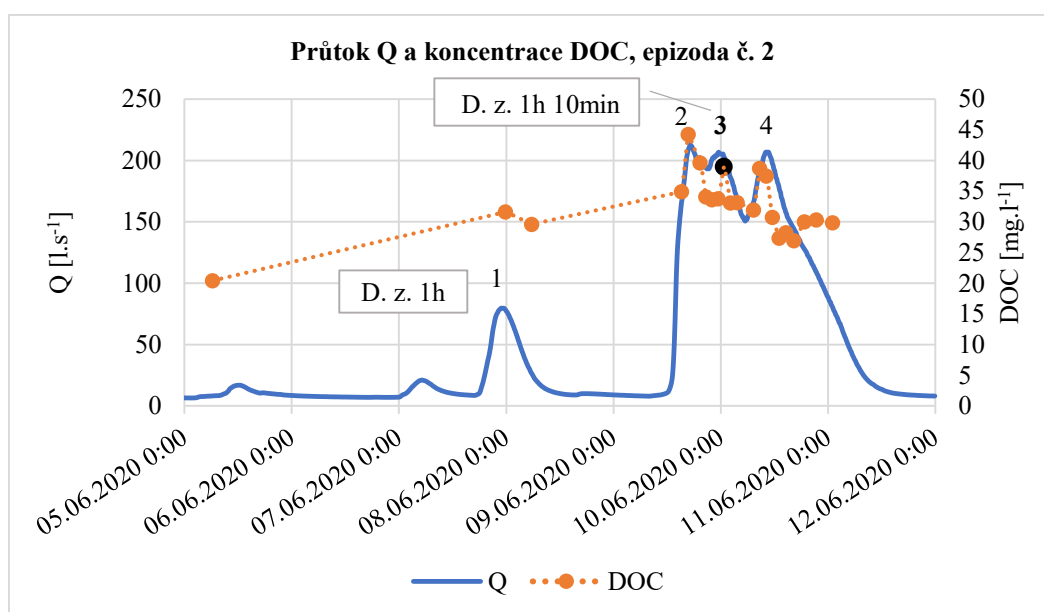
Zdroje dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: x – DOC_{max} časově předběhly Q_{max} nebo na Q_{max} nereagovaly

Tato kategorie je kombinací podmínek a procesů, které způsobují dobu zpoždění DOC_{max} za Q_{max} a podmínek, které způsobují, že DOC_{max} se dostavují ještě v průběhu narůstajících průtoků vzestupné větve průtokové vlny. Podmínky, které způsobují dobu zpoždění, jsou především předchozí podmínky bez významné srážko-odtokové události. V případě přítomnosti srážko-odtokové události během epizody se zpoždění DOC_{max} za Q_{max} zpravidla dostavuje kvůli zvýšenému množství organických látek transportovaných

z hlubších vrstev rašelin zpravidla podzemní vodou. Naopak epizody, během kterých nebyla zaznamenána doba zpoždění, jsou charakteristické buď srážko-odtokovou událostí v průběhu předchozích podmínek, která nasýtla povodí (vyčerpání organických látek) nebo samotnými srážkami, které koncentrace DOC naředily. Další příčinou může být i více dílčích průtokových maxim časově blízko u sebe. V tomto případě se organické látky nestačily včas a v dostatečném množství opět mobilizovat.

7.1.3.1 Vzorová epizoda č. 2 - 5. 6. - 11. 6. 2020, ROK-R1



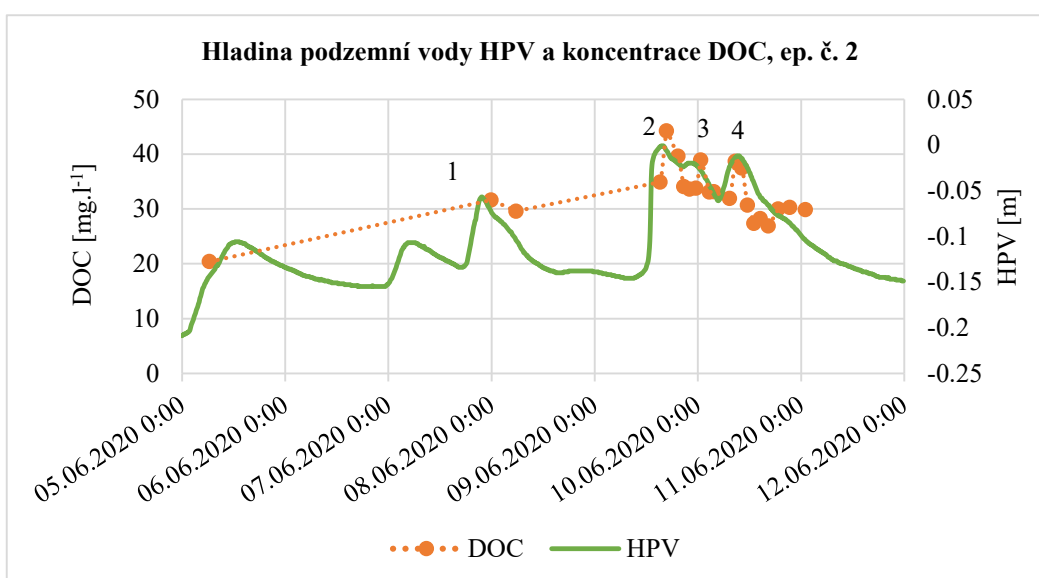
Graf č. 14: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 2 (zdroj dat: KFGG PrF UK)

Z grafu č. 14 je zřejmé, že v průběhu ep. č. 2 proběhly celkem dvě hlavní průtokové vlny, které byly charakteristické několika dílčími průtokovými maximy. Opakovaně docházelo ke zvyšování a snižování koncentrací DOC, jejichž dynamické chování bylo dáno variabilitou odtoku. Průtok spolu s koncentracemi DOC začal narůstat dne 5. 6. 2020. Svého maxima během první vlny dosáhl 7. 6. 2020 ve 22:50 a to 79.52 l.s^{-1} . Koncentrace na tento Q_{\max} reagovaly se zpožděním a svého maxima dosáhly 7. 6. 2020 ve 23:50 o hodnotě 31.63 mg.l^{-1} (doba zpoždění 1 hodina), kdy průtok již mírně klesal (78.33 l.s^{-1}). Toto zpoždění bylo způsobeno předchozími podmínkami bez významné srážko-odtokové události. To je patrné z tabulky č. 16. Následoval pokles průtoku. Na tento pokles zareagovaly mírným poklesem i koncentrace DOC, které však vzápětí opět začaly narůstat. To mohlo být způsobeno právě předchozími podmínkami, kdy průměrný průtok v rámci předchozích podmínek činil 9.21 l.s^{-1} a HPV dosahovala nízkých hodnot (-0.170 m). Následovala další hlavní průtoková vlna, která zahrnovala tři dílčí průtoková maxima.

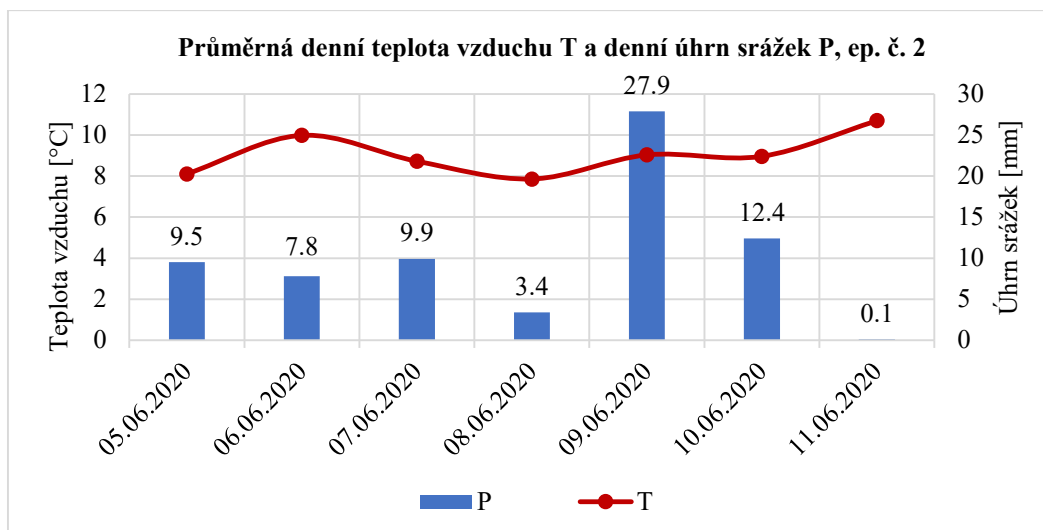
Na druhé dílčí průtokové maximum koncentrace DOC nezareagovaly se zpožděním. Maxima DOC (9. 6. 2020 v 16:40, 44.28 mg.l⁻¹) se dostavily o 30 minut dříve než Qmax (9. 6. 2020 v 17:10, 213.00 l.s⁻¹). To mohlo být způsobeno předchozí průtokovou vlnou, díky které se vyplavila většina zásob organických látek. Dalším možným vysvětlením je ředění srážkami, jejich úhrny dne 9. 6. 2020 dosahovaly 27.9 mm (graf č. 16).

Třetí dílčí průtokové maximum se dostavilo také 9. 6. 2020, ale ve 23:30 (206.69 l.s⁻¹). DOCmax se dostavily již s klesajícím průtokem (202.08 l.s⁻¹), a to 10. 6. 2020 v 0:40 (38.96 mg.l⁻¹). Zde tedy došlo ke zpoždění koncentrací DOC za průtokem v řádu 1 hodiny a 10 minut. Ačkoliv se tato vlna časově nacházela velmi blízko druhého průtokového maxima, došlo k časovému zpoždění DOCmax za Qmax. Časové zpoždění ovlivnila předchozí dvě průtoková maxima, na která DOC reagovaly konstantním nárůstem, a až po druhém průtokovém maximum koncentrace DOC klesly. S následujícím nárůstem průtoku (třetí vlna), pak byly organické látky vyplavovány z hlubších vrstev rašeliny pomocí zvýšené HPV.

Poslední čtvrté dílčí průtokové maximum bylo zaznamenáno 10. 6. 2020 v 10:30 (206.69 l.s⁻¹) a DOCmax 10. 6. 2020 v 8:40 (38.72 mg.l⁻¹) v době narůstajícího průtoku (190.28 l.s⁻¹), takže opět DOCmax dosáhly maxima ještě před vrcholem průtokové vlny. Důvodem bylo vyčerpání organických látek během předchozího průtokového maxima, které se následně nestihly znovu akumulovat a transportovat ve vyšším množství. Rolí mohlo hrát také ředění koncentrací DOC dešťovými srážkami.

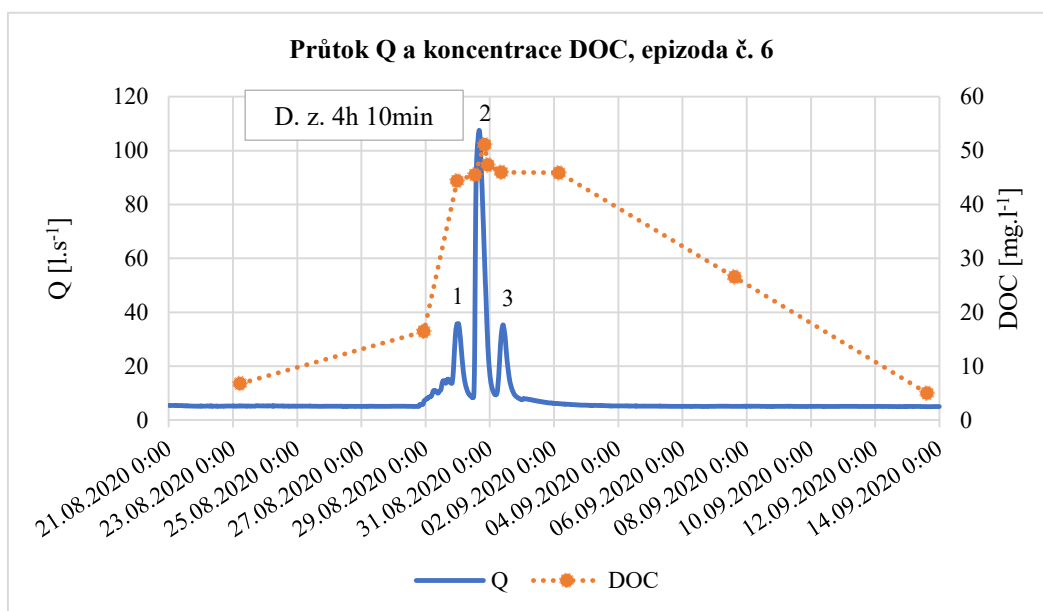


Graf č. 15: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 2 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Graf č. 16: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 2 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

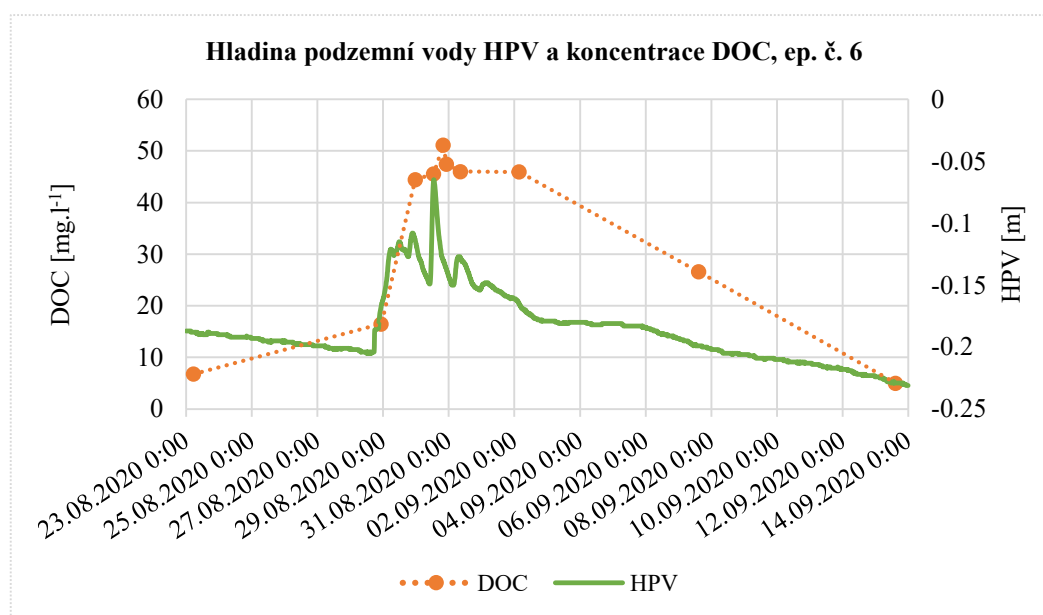
7.1.3.2 Vzorová epizoda č. 6 - 23. 8. - 13. 9. 2020, ROK-R1



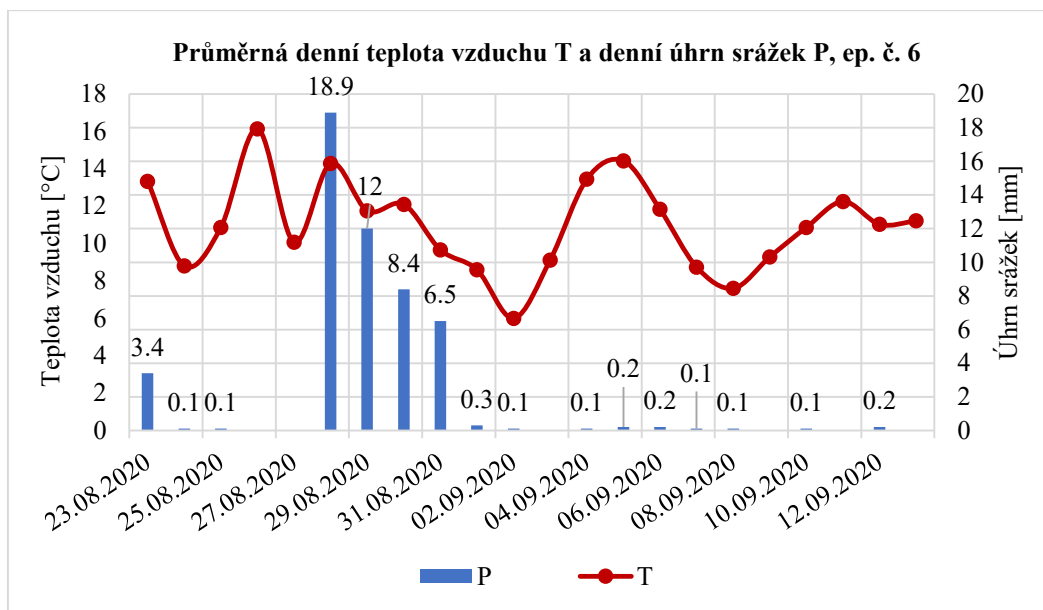
Graf č. 17: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 6 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Počáteční koncentrace u ep. č. 6 (graf č. 17) ještě před nástupem největší průtokové vlny byly velmi nízké. Jejich hodnoty se dne 23. 8. 2020 pohybovaly okolo 6.78 mg.l^{-1} za průtoku 5.22 l.s^{-1} . S takto nízkými koncentracemi se také setkáváme po uplynutí průtokové vlny na konci epizody dne 13. 9. 2020 5.01 mg.l^{-1} za průtoku 5.03 l.s^{-1} . Těsně před nástupem největší průtokové vlny proběhla ještě jedna menší (30. 8. 2020), v jejím průběhu koncentrace DOC narůstaly (v době $Q_{\max} 35.03 \text{ l.s}^{-1}$ koncentrace DOC dosahovaly hodnot kolem $44 \text{ až } 45 \text{ mg.l}^{-1}$). Následně na pokles průtoku koncentrace DOC nezareagovaly a stále se zvyšovaly. To bylo způsobeno nahromaděním velkého množství organických látek, které

se akumulovaly před událostí. Akumulaci napomohla snížená HPV, jejíž průměrná hodnota v průběhu 14 dní před epizodou dosahovala -0.170 m (tabulka č. 16). V případě největší průtokové vlny se Q_{max} dostavilo 30. 8. 2020 v 15:50 (107.43 l.s^{-1}) a DOC_{max} 30. 8. 2020 ve 20:00 (51.15 mg.l^{-1}) se zpožděním 4 hodin a 10 minut, kdy již průtok klesal (59.30 l.s^{-1}). S příchodem průtokové vlny narůstaly i hodnoty HPV, které významně napomohly k transportu DOC (graf č. 18). Následně se koncentrace začaly snižovat. V případě třetí průtokové vlny, která nedosahovala takových rozměrů jako předchozí (31. 8. 2020, 34.76 l.s^{-1}), koncentrace DOC nezareagovaly a držely si konstantní hodnoty kolem 45.9 mg.l^{-1} . To mohlo být způsobeno vyčerpáním koncentrací během předchozí průtokové vlny, která nabyla mnohem větších rozměrů. Z toho vyplývá, že první vlna nastartovala proces uvolňování látek, a naopak třetí nebyla z pohledu dynamických změn koncentrací příliš významná. Dalším faktem je, že všechny tři zvýšené průtokové události přišly v poměrně krátkém časovém sledu za sebou, takže koncentrace DOC nebyly a nemohly být schopny zareagovat na každou z nich. V průběhu sledované epizody spadlo celkem 50.80 mm srážek (graf č. 19), které však neměly příliš velký vliv na dobu zpoždění z pohledu ředění jako například u ep. č. 8.



Graf č. 18: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 6 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

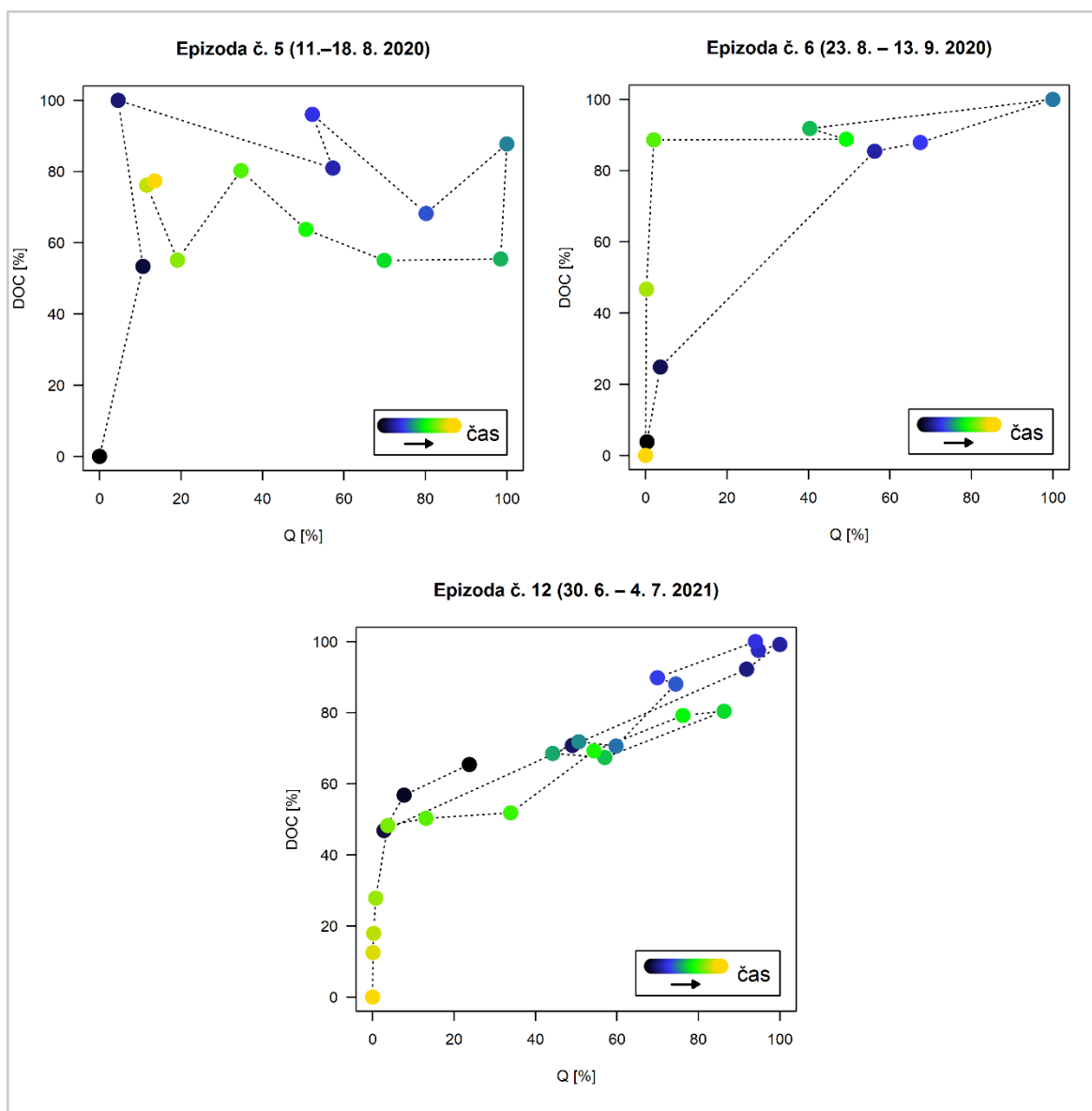


Graf č. 19: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 6 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

7.1.3.3 Hysterezní smyčky – kombinovaný typ chování organických látek

U kombinované kategorie zahrnující epizody, během kterých docházelo k časovému zpoždění DOCmax za Qmax nebo se DOCmax dostavily ještě v průběhu narůstajících průtoků vzestupné větve průtokové vlny, vyšlo několik typů hysterezních smyček.

U epizod č. 12 a 2 vyšel rozptýlený typ hystereze (chaotický). Hysterezní smyčky proti směru hodinových ručiček vyšly u ep. č. 6 a 11. Posledním typem je hysterezní smyčka po směru hodinových ručiček, která charakterizuje ep. č. 5. U kategorie značící kombinovaný typ epizod z pohledu variability DOC nelze s jistotou určit jeden typ hysterezních smyček, který by ji charakterizoval. Důvodem toho může být malé množství epizod, které tato kategorie zahrnuje.



Graf č. 20: Hysterezní smyčky ep. č. 5, 6, 12 – kategorie kombinovaného typu chování organických látek (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Hysterezní smyčka (graf č. 20) u ep. č. 5 vycházela po směru hodinových ručiček, ačkoliv u této epizody byla sledována doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} . Z grafu znázorňující hysterezi po směru hodinových ručiček je patrný rapidní nárůst koncentrací DOC v průběhu nepatrně se zvyšujícího (místy klesajícího) průtoku. Následuje nárůst průtoku s poklesem DOC (občasně i nárůst). Během další fáze koncentrace DOC klesají s konstantním průtokem. V poslední fázi pak klesá průtok a koncentrace DOC střídavě klesají a narůstají. U ep. č. 6 je naopak pozorována hysterezní smyčka proti směru hodinových ručiček. U této epizody proběhly celkem tři průtokové vlny, načež organické látky zareagovaly se zpožděním pouze na druhou vlnu s nejvyššími průtokovými maximy, což pravděpodobně vysvětluje hysterezi proti směru hodinových ručiček. Na první a třetí průtokovou vlnu pak koncentrace DOC nezareagovaly.

7.1.4 Koncentrace DOC sledované mezi srážko-odtokovými událostmi (klidové období)

Vzorky organických látek se neodebíraly pouze během významných srážko-odtokových událostí, jako tomu bylo u předešlých kategorií. Chování organických látek se sledovalo i mezi těmito významnými srážko-odtokovými událostmi za poměrně klidové situace. Tento typ událostí byl monitorován za účelem zjištění chování rašeliniště (organických látek) v době nízké vodnosti, kdy byla nízká hladina podzemní vody a nedocházelo k významným průtokovým vlnám. Během tohoto období docházelo k provzdušňování rašelinišť, mineralizaci a zvýšené akumulaci organických látek. Tyto epizody byly zasazeny do delšího časového období, aby bylo zřejmé, co se děje s koncentracemi organických látek v průběhu delšího časového horizontu bez významné srážko-odtokové události.

Tabulka č. 11: Kategorie epizod sledující DOC mezi srážko-odtokovými událostmi včetně jednotlivých průtokových vln a dob zpoždění

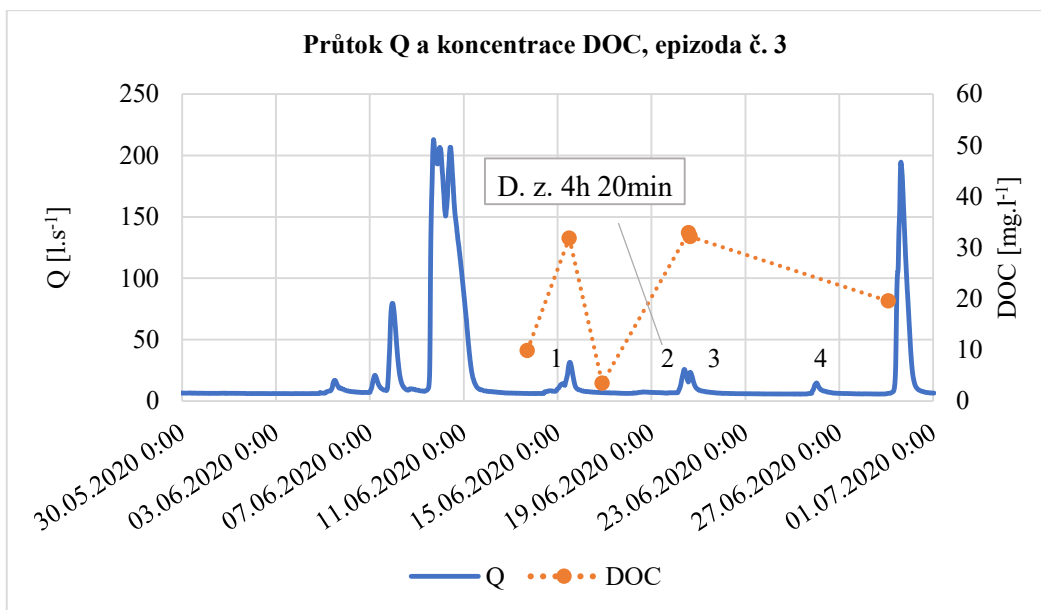
Č. ep. a profil	Hlavní průtoková vlna č.	Dílčí průtokové maximum č.	Datum a čas dílčího průtokového maxima	Doba zpoždění
3 (ROK-R1)	1	1	15. 6. 2020, 12:20	x
	2	2	20. 6. 2020, 9:20	4 h 20 min
		3	20. 6. 2020, 15:50	x
	3	4	11. 7. 2020, 14:15	x
4 (ROK-R1)	1	1	11. 7. 2020, 14:15	3 h 45 min
	2	2	17. 7. 2020, 3:00	15 h 40 min

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: x – DOC_{max} časově předběhly Q_{max} nebo na Q_{max} nereagovaly

7.1.4.1 Epizoda č. 3 - 13. 6. -29. 6. 2020, ROK-R1

Epizodu č. 3 bychom z pohledu variability DOC (doby zpoždění) vzhledem k průtoku zařadili ke kombinované kategorii chování organických látek.



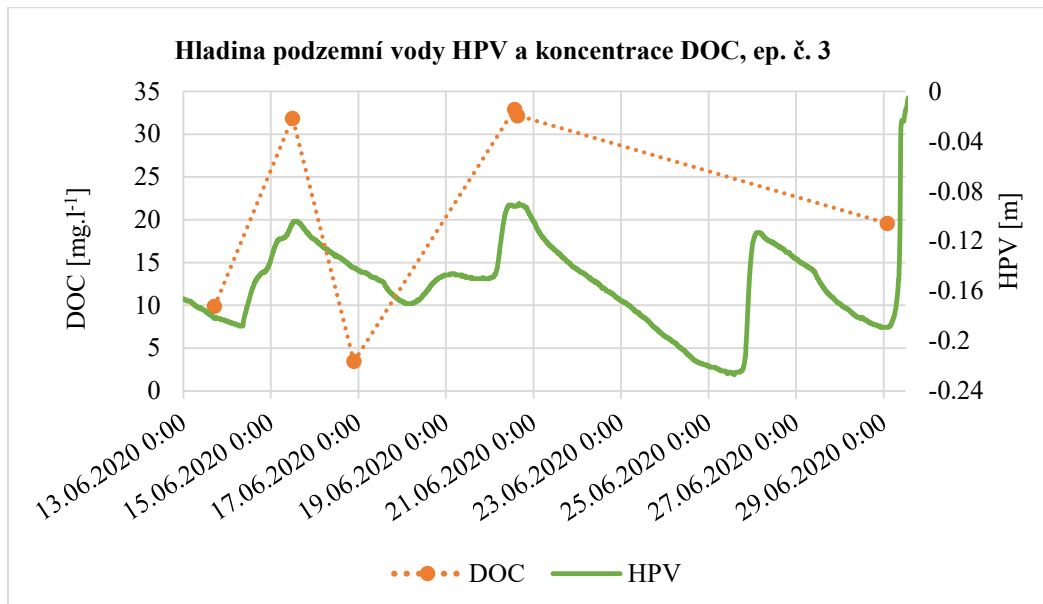
Graf č. 21: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 3 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Z grafu č. 21 znázorňující ep. č. 3 je patrné, že v průběhu epizody proběhlo několik malých průtokových událostí, na které koncentrace zareagovaly. Koncentrace DOC v průběhu epizody nabývaly poměrně nízkých hodnot, což mohlo být dáno velmi nízkými průtokovými maximy, které v případě největší průtokové vlny dosahovaly ke 31.53 l.s^{-1} (první vlna 15. 6. 2020). Obecně můžeme říci, že se koncentrace pohybovaly v nižších hodnotách (průměr 21.64 mg.l^{-1}) než u předešlých epizod s významnými průtokovými vlnami. Nižší koncentrace v průběhu epizody mohla také způsobit výrazná srážko-odtoková událost ze dne 9. 6. 2021, v jejímž průběhu došlo k vyčerpání většiny zásob dostupných organických látek v povodí. Během průtoků $6-7 \text{ l.s}^{-1}$, které v průběhu epizody převládaly, se organické látky pohybovaly od 3 až 9 mg.l^{-1} . Q_{\max} nejvyšší průtokové vlny proběhlo 15. 6. 2020 ve 12:20 (31.53 mg.l^{-1}) a DOC_{\max} 15. 6. 2020 v 11:50 (31.86 mg.l^{-1}). Je zřejmé, že DOC_{\max} časově předběhly Q_{\max} , což mohlo být dáno vyčerpáním velkého množství organických látek předchozí průtokovou vlnou, jejíž maxima přesahovala 200 l.s^{-1} . Dalším faktorem může být i proces ředění dešťovými srážkami (graf č. 23).

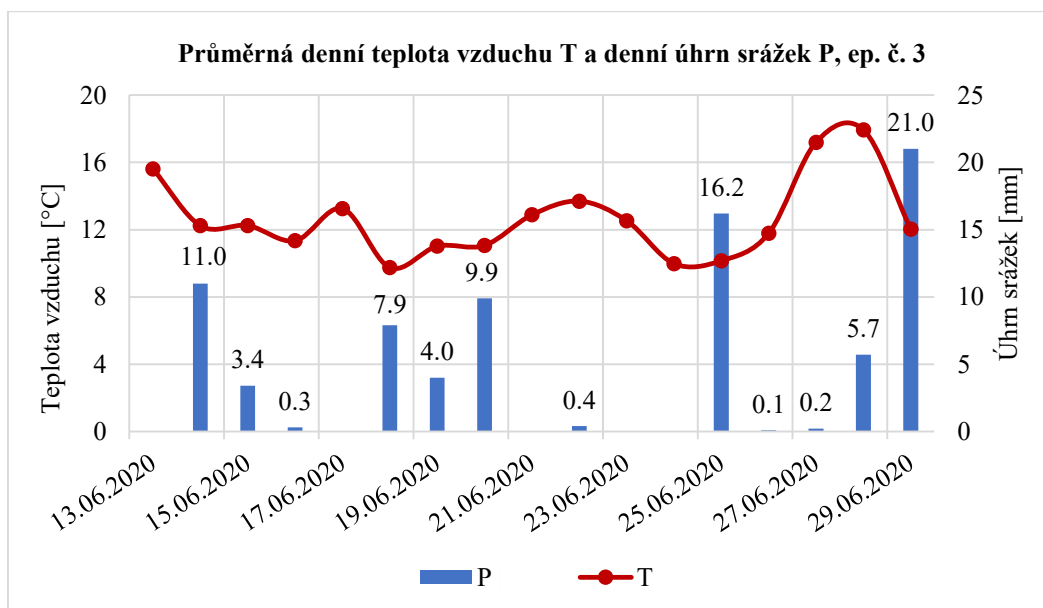
Následovala druhá a třetí dílčí průtoková vlna, kdy druhé dílčí průtokové maximum přišlo 20. 6. 2020 v 9:20 (25.54 l.s^{-1}), na které reagovalo DOC_{\max} se zpožděním 4 hodin a 20 minut dne 20. 6. 2020 ve 13:40 (32.91 mg.l^{-1}). Toto zpoždění může být vysvětleno delším obdobím bez výrazné odtokové události (5 dní od první průtokové vlny), během kterého se mohly koncentrace DOC naakumulovat. Tomu mohla dopomoci i snížená hladina podzemní vody.

Následovala další dvě průtoková maxima, na která již koncentrace DOC nezareagovaly. To mohlo být způsobeno předchozími průtokovými vlnami a vyčerpáním

koncentrací organických látek z povrchových vrstev rašeliny. Následně koncentrace nebyly transportovány z hlubších vrstev rašeliny, jelikož HPV byla snižena. Dále by tuto skutečnost mohl lépe vystihovat větší počet odebraných vzorků, které by následně tyto vlny reprezentovaly.

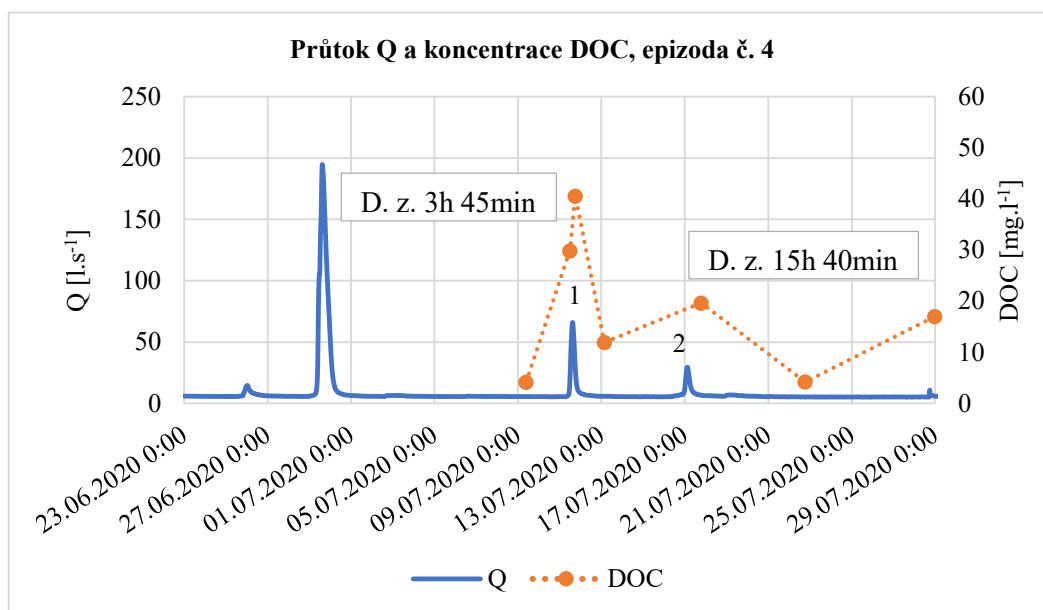


Graf č. 22: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 3 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Graf č. 23: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 3 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

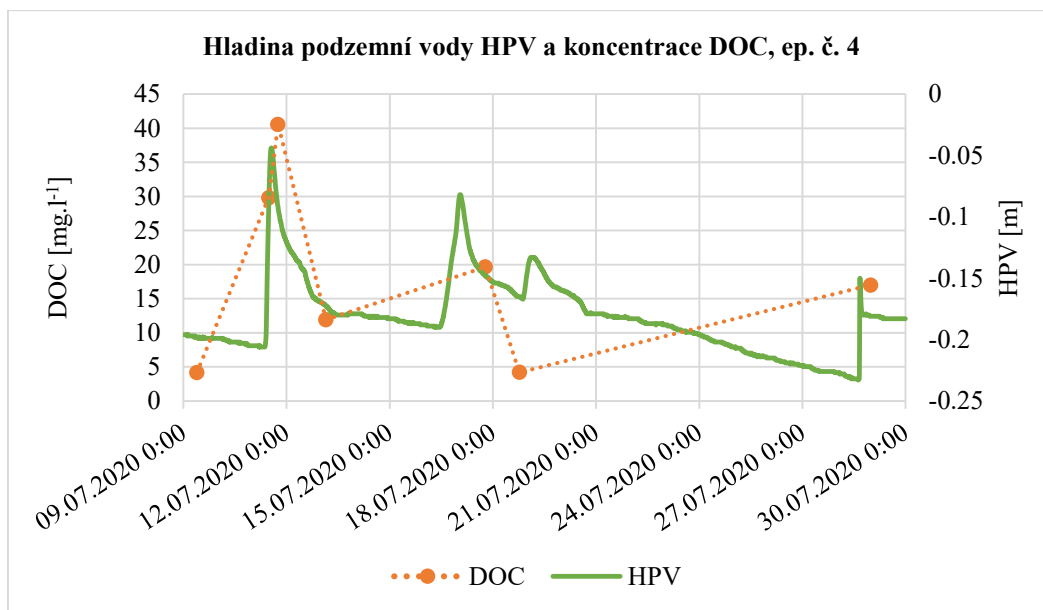
7.1.4.2 Epizoda č. 4 - 9. 7. - 28. 7. 2020, ROK-R1



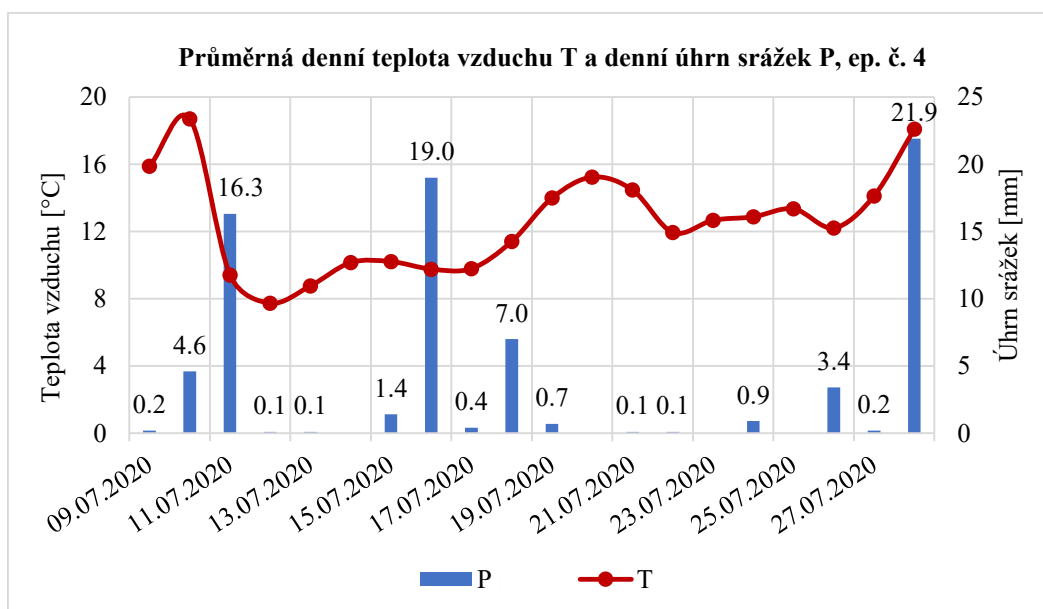
Graf č. 24: Průtok Q a koncentrace DOC, epizoda č. 4 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Z grafu č. 24 je zřetelné, že organický uhlík byl v rámci ep. č. 4 odebrán v průběhu malých vodností v delším časovém rozpětí stejně jako u ep. č. 3. Výjimkou bylo maximum ze dne 12. 7. 2020, které bylo způsobeno zvýšeným průtokem. Hodnoty DOC se během průtoku $5\text{--}7\text{ l.s}^{-1}$ pohybovaly okolo $5\text{--}6\text{ mg.l}^{-1}$. Maximální koncentrace DOC během této epizody byly naměřeny v průběhu první průtokové vlny 11. 7. 2020 v 18:00 (40.57 mg.l^{-1}) o průtoku 28.59 l.s^{-1} , který v tuto dobu již klesal (Q_{\max} 11. 7. 2020 ve 14:15, 65.89 l.s^{-1}). Doba zpoždění byla vyhodnocena na 3 hodiny a 45 minut. Zpoždění DOC_{\max} za Q_{\max} může být vysvětleno delším obdobím bez výrazné odtokové události, kdy nejbližší průtoková vlna proběhla 29. 6. 2020. Vliv mohla mít i snížená průměrná hodnota HPV v průběhu prekonvice (tabulka č. 15).

Druhá zvýšená průtoková událost nastala 17. 7. 2020 s Q_{\max} ve 3:00 (29.46 l.s^{-1}) a DOC_{\max} 17. 7. 2020 v 18:40 (19.64 mg.l^{-1}) v době již klesajícího průtoku (6.64 l.s^{-1}). Doba zpoždění DOC_{\max} za Q_{\max} byla u této průtokové vlny nejvyšší za všechny sledované epizody (15h 40min). Tak velké zpoždění mohlo být dáno poměrně velkým poklesem hladiny podzemní vody, v průběhu kterého se organické látky naakumulovaly (17. 7. 2020) (graf č. 25). Také dostatečný časový odstup obou průtokových vln mohl hrát roli. Na denní úhrny srážek bylo období mezi těmito dvěma průtokovými vlnami velmi chudé (maximální denní úhrn nastal 15. 7. 2020, 1.4 mm) (graf č. 26).



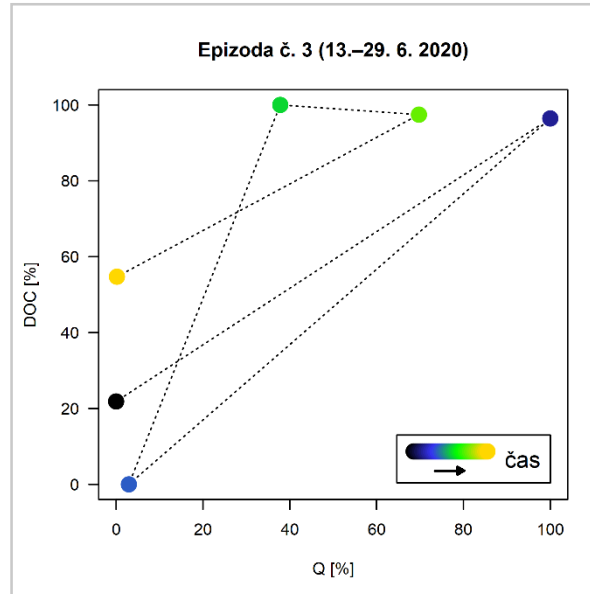
Graf č. 25: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 4 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Graf č. 26: Průměrná denní teplota vzduchu T a denní úhrn srážek P, ep. č. 4 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

7.1.4.3 Hysterezní smyčky – kategorie koncentrací DOC sledovaných mezi srážko-odtokovými událostmi

Hysterezní smyčky u kategorie koncentrací DOC sledovaných mezi srážko-odtokovými událostmi vyšly u obou epizod ve tvaru osmičky. Tento typ hystereze může podle dostupné literatury (kap. č. 4) značit přítomnost hystereze po směru hodinových ručiček (počáteční zvýšení koncentrací organických látek s počátkem odtokové epizody) i proti směru hodinových ručiček (nárůst hodnot koncentrací organických látek po kulminaci toku a následný pokles). Hysterezní smyčka ve tvaru osmičky vyšla i ep. č. 4, ačkoliv během epizody DOC_{max} na Q_{max} reagovaly se zpožděním v případě obou průtokových vln.



Graf č. 27: Hysterezní smyčka ep. č. 3 – kategorie koncentrací DOC sledovaných mezi srážko-odtokovými událostmi (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Hysterezní smyčka ep. č. 3 nejprve značila hysterezi po směru hodinových ručiček, což značí fakt, že DOC_{max} časově předběhly Q_{max} . Druhá hystereze v rámci osmičky vyšla také po směru hodinových ručiček, ačkoliv v případě druhé průtokové vlny došlo k časovému zpoždění DOC_{max} za Q_{max} . Totožně pak vyšla hystereze typu osmičky i u ep. č. 4.

7.2 Vyhodnocení závislosti koncentrací organických látek na ostatních proměnných v rámci epizod

Tabulka č. 12: Pearsonův korelační koeficient a statistická významnost pro DOC a jednotlivé proměnné v rámci sledovaných epizod

Profil	Č. ep.	DOC/Q [mg.l ⁻¹]/[l.s ⁻¹]	DOC/T [mg.l ⁻¹]/[°C]	DOC/P [mg.l ⁻¹]/[mm]	DOC/HPV [mg.l ⁻¹]/[m]	DOC/SCE [mg.l ⁻¹]/[cm]
ROK-R1	1	-0.15*	0.24**	-0.35**	0.14**	x
	2	0.69**	0.17**	0.32**	0.77**	x
	3	0.79	0.06	x	0.71**	x
	4	0.91	-0.16	0.38**	0.93**	x
	5	0.21**	0.37**	-0.16**	0.49**	x
	6	0.74	-0.56**	-0.33**	0.77**	x
	7	0.63**	-0.26**	0.51**	0.68**	x
	8	0.61**	0.02**	0.40**	0.53**	x
	11	0.28**	0.21**	-0.22**	0.32**	x
	12	0.91**	0.01**	0.09**	0.83**	x
	13	0.74	-0.13**	0.17**	0.93**	x
	15	0.57*	-0.06**	0.18**	0.90**	x
	16	0.83**	-0.30**	-0.18**	0.53**	x
	17	0.75	-0.62*	-0.43**	0.62**	x
Průměr		0.61	-0.07	0.02	0.65	x
Medián		0.72	-0.03	0.02	0.70	x

PTA	9	0.78**	0.15**	-0.17**	x	-0.55**
	10	0.67**	-0.57**	-0.10**	x	0.43**
Průměr		0.73	-0.21	-0.14	x	-0.05
Medián		0.73	-0.21	-0.14	x	-0.06

ROK	14	0.86**	-0.21**	x	0.69**	x
	18	0.61**	-0.36**	-0.47**	0.90**	x
Průměr		0.74	-0.29	-0.47	0.80	x
Medián		0.74	-0.29	-0.47	0.80	x

Zdroj dat: KFGG PŘF UK

Vysvětlivky: Proměnné – průtok (Q), teplota vzduchu (T), srážky (P), hladina podzemní vody (HPV) a výška sněhové pokrývky (SCE). Tučně zvýrazněné hodnoty značí silnou závislost (korelační koeficient > 0.75), * p hodnota - 0.05, ** p - hodnota 0.01.

Z tabulky č. 12 je zřejmé, že nejsilnější kladné závislosti z pohledu veškerých proměnných se vztahují na DOC/HPV a DOC/Q. Průměrné hodnoty korelace (0.61) a medián (0.72) u DOC/Q na profilu ROK-R1 značí o něco slabší závislost než v případě DOC/HPV, kde hodnoty průměru činí 0.65 (medián 0.70). Stejně tomu tak je i v rámci profilu ROK. Vztah DOC/SCE lze pozorovat pouze na profilu PTA, kdy byla v rámci epizod

přítomna sněhová pokrývka. Hodnoty korelace dosahují hodnot -0.53 (ep. č. 9), což značí, že s táním sněhové pokrývky dochází ke zvýšenému transportu DOC. Korelační koeficient u ep. č. 10 značí střední, ale kladnou závislost 0.43. To je způsobeno tím, že tato epizoda byla sledována koncem období tání sněhové pokrývky (květen) a sněhová pokrývka tak nabývala i nulových hodnot. V tomto případě by bylo zapotřebí delší období pozorování, aby se záporná korelace projevila.

Nejslabší korelaci s DOC vykazují proměnné teploty vzduchu a srážek. V případě teploty vzduchu jsou hodnoty korelace s DOC velmi slabé, až střední a ve většině případech záporné. Nejsilnější závislost DOC/T nalezneme u ep. č. 17, kde Pearsonův korelační koeficient dosahuje -0.62. Závislost DOC/P je také velmi slabá, až střední a značí, jak kladné tak záporné korelace. Korelace DOC/P nabyla nejsilnějších hodnot u ep. č. 18 a to -0.47.

Dále je z tabulky č. 12 patrné, že statistická významnost nabývá nejčastěji hodnot $p < 0.01$, což značí 99 % spolehlivost hodnot neboli 1 % pravděpodobnost, že by rozdíly parametrů a proměnných vznikly náhodně.

Hodnoty korelačního koeficientu jednotlivých proměnných s DOC jsou velmi ovlivněné variabilitou (dobou zpoždění) organických látek. Ta byla sledována v předchozích kapitolách, ze kterých vyplývá, že DOC_{max} se současně neobjevují s Q_{max}. Byla sledována doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max}, která mohla trvat až 15 hodin nebo DOC_{max} časově předběhly Q_{max}. Další možností je, že na zvýšený průtok organické látky nezareagovaly. Podobné podmínky nastávají i v případě HPV, kdy se maximální koncentrace DOC nedostavily ve stejnou dobu jako maximální hodnoty hladiny podzemní vody. Díky této variabilitě DOC hodnoty korelačního koeficientu nevycházejí silnější. Je tedy nutné brát hodnoty korelačního koeficientu s určitou rezervou.

7.3 Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného DOC v průběhu epizod – PCA analýza

Vyhodnocení vlivu prekondice na množství transportovaného organického uhlíku bylo prováděno pomocí PCA analýzy. Výsledky pak byly zobrazeny pomocí biplotu (graf č. 28).

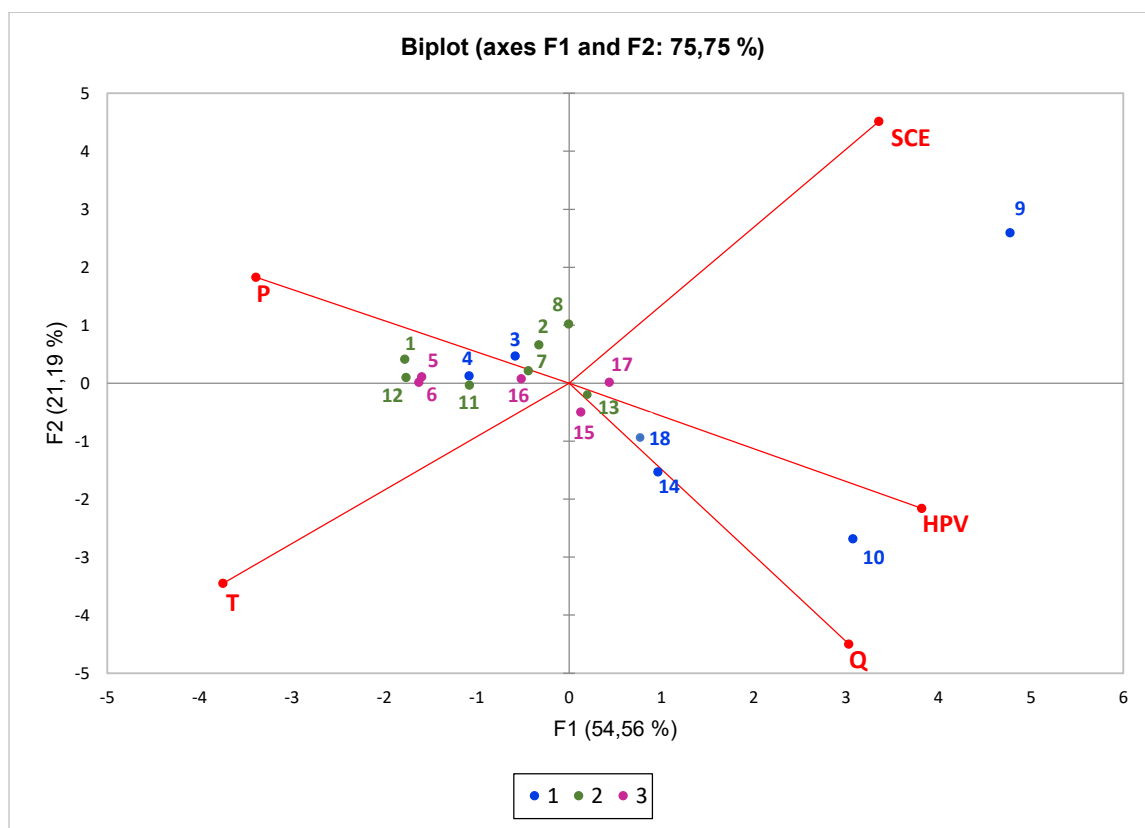
Tabulka č. 13: Hlavní komponenty a jejich variabilita v rámci PCA analýzy

	F1	F2	F3	F4	F5
Eigenvalue	2.728	1.060	0.606	0.399	0.208
Variability (%)	54.558	21.193	12.119	7.970	4.160
Cumulative (%)	54.558	75.750	87.869	95.840	100.000

Zdroj dat: KFGG PŘF UK

Vysvětlivky: Tučně zvýrazněné hodnoty značí první a druhou hlavní komponentu.

Z tabulky č. 13 je patrné, že první komponenta F1 představuje nejvyšší hodnoty rozptylu a podílí se z 54.60 % na celkové variabilitě dat. Druhá komponenta F2 se účastní z 21.19 % na rozptylu všech dat. Tyto dvě hlavní komponenty jsou zobrazeny v biplotu na ose x a y (graf č. 28).



Graf č. 28: Biplot vyhodnocení vlivu prekondice na množství koncentrací DOC v průběhu epizod (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Vysvětlivky: Proměnné sledované v průběhu předchozích 14 dní před epizodou: T [$^{\circ}\text{C}$] - průměrná teplota vzduchu, Q [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$] průměrný průtok, HPV [přepočet k povrchu 0, m] - průměrná hodnota hladiny podzemní vody, P [mm] - úhrn srážek, SCE [cm] - průměrná výška sněhové pokrývky. Body s čísly značí jednotlivá čísla epizod. Barvy epizod kategorizaci založenou na množství průměrných koncentrací organických látek. Č. 1 (modrá barva) značí nižší koncentrace DOC (do $38.76 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), č. 2 (zelená barva) značí zvýšené koncentrace DOC (do $46.48 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a č. 3 (ružová barva) značí velmi vysoké koncentrace DOC (do $55.25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

Korelaci jednotlivých proměnných lze z grafu č. 28 vypočítat pomocí úhlů, které svírají jednotlivé vektory (kvantitativní proměnné). Zápornou korelaci nalezneme v případě výšky sněhové pokrývky s teplotou a srážkami. Naopak kladná korelace je patrná u proměnné průtoku s proměnnou hladinou podzemní vody (HPV). Z pohledu délky vektorů dosahují nejkratších délek vektory značící proměnné srážek a HPV. Tyto proměnné jsou lépe reprezentovány v komponentě F3 a F4.

Největší shluk bodů (epizod) se nachází v bezprostřední blízkosti proměnné značící úhrny srážek. Značná je také blízkost ke středu jednotlivých proměnných. Tyto epizody jsou

si vzájemně velice podobné. Jedná se převážně o epizody zařazené do kategorie 2 a 3. Výjimkou jsou epizody č. 3 a 4, které spadají do kategorie č. 1. Tyto epizody mají sice nízké průměrné hodnoty koncentrací DOC, ale podle kategorizace na základě variability (doby zpoždění) byly zařazeny do kategorie, kde jsou organické látky sledovány mezi významnými srážko-odtokovými událostmi. Zde průtok nebo hladina podzemní vody nehrály z pohledu podobnosti podle PCA analýzy významnou roli, jako u ostatních epizod zařazených do kategorie č. 1. Během epizod spadající do kategorie 2 a 3 byly hodnoty průměrných průtoků v rámci prekondice poměrně nízké oproti epizodám spadajících do kategorie č. 1. Maximum bylo dosaženo u ep. č. 12 (32.53 l.s^{-1}) (tabulka č. 16). Hladina podzemní vody se pohybovala níže až na ep. č. 13, 15 a 17 (tabulka č. 17).

Epizody zařazené do kategorie 1 (nižší koncentrace DOC) ovlivňují v rámci prekondice převážně proměnné průtoky, HPV a SCE. V případě prekondice těchto epizod dosahovaly průměrné průtoky mnohem vyšších hodnot než v případě epizod zařazených do kategorie 2 a 3 (tabulka č. 14 a 15). Nejvyšší průměrné průtoky byly dosaženy u ep. č. 10 (291.98 l.s^{-1}). Průměrná hladina podzemní vody v rámci prekondice ep. č. 14 byla oproti většině epizodám zařazených do kategorie 2 a 3 mnohem vyšší (-0.061 m).

Během epizod č. 9 a 10 na Ptačím potoce tála sněhová pokrývka. U ep. č. 10 měla na množství organických látek spíše vliv proměnná průtoky, což by odpovídalo vzhledem k tomu, že se nacházíme v období května. Během epizody i prekondice dosahovala minima výšky sněhové pokrývky k nulovým hodnotám, zatímco u epizody č. 9 se minimální výška sněhové pokrývky pohybovala okolo 39 cm a průměrné hodnoty průtoky dosahovaly nižších hodnot než u ep. č. 10 (ep. č. 9 – 85.95 l.s^{-1}). Nelze také opomenout na odlišné charakteristiky povodí Ptačího potoka (plocha povodí apod.). Průměrné teploty vzduchu byly u kategorie č. 1 nejnižší ($6.73 \text{ }^\circ\text{C}$) oproti ostatním kategoriím. To mohlo být dáno ročním obdobím, ve kterém byly vzorky DOC kategorie 1 odebírány.

Z toho vyplývá, že kategorie č. 1 s nízkými průměrnými koncentracemi DOC během epizody je nejvíce ovlivňována proměnnými, jako je průtok, HPV či SCE s výjimkou ep. č. 3 a 4. Hodnoty průměrného průtoky jsou u této kategorie zvýšené a projevuje se zde tání sněhové pokrývky. Co se týče hodnot průměrné teploty vzduchu v průběhu předchozích podmínek, dosahovaly také nižších hodnot oproti ostatním kategoriím. Naopak epizody zařazené do kategorie 2 a 3 (zvýšené a vysoké koncentrace DOC) jsou z pohledu prekondice nejvíce ovlivňovány srážkami. S výjimkou ep. č. 13, 15 a 17, u kterých sice byly v rámci prekondice průměrné průtoky nízké, ale průměrná HPV se nacházela ve vysokých hladinách a srážkové úhrny byly nižší oproti ostatním epizodám zařazených do kategorie 2 a 3.

Z výsledků PCA analýzy také vyplývá, že proměnná teploty vzduchu ovlivňovala jednotlivé epizody z pohledu ostatních proměnných nejméně.

7.4 Klasifikace epizod na základě vlivu prekondice na množství transportovaného DOC

Pomocí PCA analýzy byla vytvořena kategorizace dělicí jednotlivé epizody na základě vlivu prekondice na množství transportovaného DOC do čtyř kategorií.

7.4.1 Epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné průtoky, hladinou podzemní vody a výškou sněhové pokrývky

Epizody s nízkými koncentracemi DOC jsou u této kategorie ovlivňovány z pohledu prekondice převážně průtoky, hladinou podzemní vody a výškou sněhové pokrývky (graf č. 28, kategorie č. 1)

Tabulka č. 14: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice ep. č. 9, 14, 10 a 18 včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod

Ep. č. a profil	DOC průměr [mg.l ⁻¹]	Q průměr [l.s ⁻¹]	T průměr [°C]	HPV průměr [m]	P suma [mm]	SCE průměr [cm]
9 (PTA)	27.70	85.92	-2.24	x	5.66	42.00
10 (PTA)	25.22	291.98	7.72	x	0.00	0.96
14 (ROK)	38.76	113.76	13.16	-0.061	1.20	x
18 (ROK)	22.25	90.48	8.30	-0.110	14.20	x

Zdroj dat: KFGG PŘF UK

Vysvětlivky: x – chybějící data

Do této kategorie spadají epizody č. 9 (PTA), 10 (PTA), 14 (ROK) a 18 (ROK). Pro tyto epizody jsou typické nízké koncentrace DOC, kdy nejnižší průměrné koncentrace byly zjištěny u ep. č. 18 (22.25 mg.l⁻¹) a naopak nejvyšší u ep. č. 14 (38.76 mg.l⁻¹) (tabulka č. 14). Celkově se průměrné hodnoty koncentrací DOC u této kategorie pohybovaly okolo 28.48 mg.l⁻¹. Na takto nízké koncentrace organického uhlíku měl vliv charakter průtoku, který u těchto epizod během prekondice dosahoval nejvyšších hodnot ze všech sledovaných epizod. Jeho nejvyšší průměrné hodnoty byly zaznamenány u ep. č. 10 (291.98 l.s⁻¹). Dále je pro tuto kategorii typické tání sněhové pokrývky. Konkrétně u ep. č. 9 a 10, což jsou jediné epizody charakterizující jarní období s táním. Nižší množství koncentrací DOC mohla významně ovlivnit i sezonalita, kdy obecně nejnižší koncentrace DOC nalezneme v zimě a na jaře a naopak nejvyšší v létě či na podzim. Další faktor může hrát i charakter povodí. Odběrný profil na Ptačím potoce se nachází na dolním toku povodí stejně jako profil ROK. V tomto případě je doba dotoku vody do tohoto profilu delší. Může zde docházet k většímu ředění například v podobě vzniku sekundární hydrické sítě. Vliv na množství DOC v rámci

Ptačího potoka má i dostupnost organického materiálu z pohledu menšího zastoupení rašelinišť.

Nejvyšší průměrná hodnota HPV byla zaznamenána u ep. č. 14 (-0.06 m), což byla jedna z nejvyšších průměrných hodnot ze všech sledovaných epizod. V tomto případě měl však podle PCA analýzy větší vliv na nízké koncentrace DOC průtok. Naopak u ep. č. 18 byla průměrná hodnota HPV v průběhu předchozích podmínek snižena, takže větší vliv na množství koncentrací DOC v průběhu epizody měla také proměnná průtoky. Proměnné teploty vzduchu a srážek pro tuto kategorii neměly příliš velký význam.

7.4.2 Epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami

Do této kategorie jsou zahrnuty epizody s nižšími koncentracemi DOC. Od předchozí kategorie se liší tím, že vzorky pro tyto epizody byly odebírány mezi srážko-odtokovými událostmi (klidové období).

Tabulka č. 15: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice ep. č. 3 a 4 včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod

Ep. č. a profil	DOC průměr [mg.l ⁻¹]	Q průměr [l.s ⁻¹]	T průměr [°C]	HPV průměr [m]	P suma [mm]
3 (ROK-R1)	32.91	26.87	8.96	-0.150	81.20
4 (ROK-R1)	29.82	11.65	13.27	-0.171	61.80

Zdroj dat: KFGG PrF UK

Epizody zařazené do této kategorie (ep. č. 3 a 4) jsou podobné, co se týče průměrných hodnot koncentrací DOC, s předchozí kategorií. Průměrné hodnoty DOC jsou nízké a pohybují se okolo 30 mg.l⁻¹. Z grafu č. 28 je zřejmé, že množství koncentrací DOC z pohledu prekondice nejvíce ovlivňovaly srážky na rozdíl od předchozí kategorie. Z pohledu prekondice byly průměrné hodnoty průtoků oproti předchozí kategorii nižší (tabulka č. 15). Naopak srážky dosahovaly vyšších úhrnů, a to až 81.2 mm. Průměrné hodnoty HPV se v průběhu předchozích 14 dní pohybovaly okolo -0.16 m. Proměnná teploty vzduchu podle PCA analýzy neměla vliv na množství koncentrací DOC v průběhu epizod. Je tedy zřejmé, že hlavním faktorem (proměnnou) předurčující charakter epizody z pohledu množství koncentrací DOC pro tuto kategorii je nižší průměrný průtok. Průtok nabýval nižších hodnot i v průběhu samotných epizod, díky kterému se nemohly organické látky transportovat ve zvýšeném množství. Dále snižena byla i HPV (i v průběhu epizody), díky které nedocházelo k vyplavování organických látek z jednotlivých vrstev rašeliny.

7.4.3 Epizody se zvýšeným a vysokým množstvím koncentrací DOC ovlivněné srážkami

Epizody se zvýšenými a vysokými koncentracemi DOC jsou z pohledu prekondice nejvíce ovlivňovány srážkami, tato skutečnost byla vyhodnocena PCA analýzou graf č. 28.

Tabulka č. 16: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 16

Ep. č. a profil	DOC průměr [mg.l ⁻¹]	Q průměr [l.s ⁻¹]	T průměr [°C]	HPV průměr [m]	P suma [mm]
1 (ROK-R1)	45.37	4.55	14.18	-0.258	56.31
2 (ROK-R1)	44.27	9.21	7.53	-0.170	50.30
5 (ROK-R1)	48.21	30.55	14.48	-0.175	103.60
6 (ROK-R1)	51.15	24.65	15.34	-0.170	98.00
7 (ROK-R1)	45.56	5.11	10.86	-0.205	2.40
8 (ROK-R1)	46.48	14.99	4.05	-0.180	52.50
11 (ROK-R1)	40.77	9.85	14.27	-0.130	77.10
12 (ROK-R1)	45.00	32.52	15.03	-0.166	120.40
16 (ROK-R1)	48.47	14.70	11.50	-0.074	92.70

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Průměrné hodnoty koncentrací DOC se u této kategorie pohybují okolo 47.27 mg.l⁻¹. Hodnoty prekondice průměrných průtoků jsou oproti první kategorii velmi nízké (průměr sledovaných epizod 14.39 l.s⁻¹) (tabulka č. 16). Průměrné teploty vzduchu v rámci prekondice podle PCA nijak významně neovlivnily takto vysoké koncentrace DOC. Od první kategorie se tato liší v množství úhrnů srážek. Z tabulky č. 16 je patrné, že se srážky pohybují oproti první kategorii ve vysokých hodnotách. Výjimkou je však ep. č. 7, kde jsou úhrny srážek nízké. Obecně se u této kategorie průměrná HPV pohybuje ve velmi nízkých hodnotách, takže v případě množství koncentrací DOC zde hrálo významnou roli provzdušňování rašelinišť, následná mineralizace a akumulace organických látek. Akumulované látky (během předchozích podmínek) se posléze s příchodem srážko-odtokové události v průběhu epizody mohly transportovat ve vysokých koncentracích a vyšší srážkové úhrny v průběhu předchozích podmínek neměly na koncentrace DOC tak velký vliv.

Obecně lze říci, že vysoké koncentrace DOC u epizod zařazených do této kategorie jsou z pohledu prekondice ovlivňovány především sníženou HPV a nižšími průtoky. Dále zvýšenými úhrny srážek, které však koncentrace DOC nebyly schopny transportovat ani naředit v dostatečně velké míře tak, aby jejich hodnoty byly nižší.

7.4.4 Epizody se zvýšenými a vysokými koncentracemi DOC ovlivněné průtokem a hladinou podzemní vody

Dle PCA analýzy bylo vyhodnoceno, že vysoké koncentrace DOC v průběhu epizod č. 13, 15 a 17 byly ovlivňovány nejvíce průtoky a hladinou podzemní vody.

Tabulka č. 17: Hodnoty sledovaných proměnných v rámci prekondice včetně průměrných koncentrací DOC v průběhu epizod 13, 15 a 17

Ep. č. a profil	DOC průměr [mg.l ⁻¹]	Q průměr [l.s ⁻¹]	T průměr [°C]	HPV průměr [m]	P suma [mm]
13 (ROK-R1)	45.64	7.48	12.01	-0.058	0.90
15 (ROK-R1)	51.16	13.94	12.93	-0.060	28.20
17 (ROK-R1)	55.25	5.11	9.03	-0.091	15.40

Zdroj dat: KFGG PřF UK

U epizod spadajících do této kategorie jsou typické velmi nízké průměrné průtoky a naopak velmi vysoká HPV, čímž se liší od předchozí kategorie. Úhrny srážek z pohledu ostatních epizod nebyly nijak vysoké (tabulka č. 17).

U ep. č. 13 je patrné, že průměrná hodnota HPV v rámci prekondice byla zvýšená. To bylo pravděpodobně způsobeno zvýšenou průtokovou událostí ještě před více jak 14 dny, kdy ke dni 19. 7. 2021 byl zvýšený průtok, který poukazoval na poklesovou fázi průtokové vlny ještě před sledovanými 14 dny. Následovalo období bez významné srážko-odtokové události, během které měly organické látky dostatečný čas se akumulovat. Následně se pak s příchodem srážko-odtokové události během epizody DOC transportovaly ve vysokých koncentracích. U ep. č. 17 byla také zvýšená HPV nicméně v průběhu prekondice (14 dní před sledovanou epizodou) nedošlo k významným srážko-odtokovým událostem.

Z toho vyplývá, že takto vysoké koncentrace DOC v průběhu epizody byly zapříčiněny zvýšenou HPV, která ale hodnoty průměrného průtoku nijak významně neovlivnila. Tudíž nedocházelo ke zvýšenému transportu organických látek v oddobí 14 dní před událostí. Až s příchodem srážko-odtokové události během epizody se začaly naakumulované látky významně vyplavovat z jednotlivých vrstev rašelin.

7.5 Vyhodnocení vlivu průtoků na množství transportovaného DOC v průběhu epizod

V rámci epizod byl sledován i vliv průtoků na množství transportovaného DOC. Tuto problematiku znázorňuje tabulka č. 18, kde lze vidět jednotlivé průtokové vlny, které během epizody mohly zahrnovat více průtokových maxim. K příslušným průtokům byly následně přiřazeny aktuální hodnoty DOC. Počet průtokových vln v rámci epizod se může lišit od předchozích kapitol, jelikož bylo zapotřebí časově synchronizovat DOC s Q. Dále bylo

sledováno jedno průtokové minimum během celé epizody, ke kterému byly opět přiřazeny aktuální hodnoty DOC.

Tabulka č. 18: Maximální průtoky (Q_{max} – více průtokových maxim) a minimální průtoky (Q_{min} – jedno průtokové minimum) s příslušnými koncentracemi DOC

Č. ep	Průtoková vlna č.	DOC ₁ [mg.l ⁻¹]	Q _{max} [l.s ⁻¹]	DOC ₂ [mg.l ⁻¹]	Q _{min} [l.s ⁻¹]
1	1	21.610	51.404	35.890	4.528
2	1	31.627	78.330	29.860	80.118
	2	44.279	208.251		
	3	33.783	205.142		
	4	37.472	206.691		
3	1	31.860	30.823	9.892	6.071
	2	32.908	15.429		
	3	32.155	23.335		
4	1	40.540	28.589		
	2	19.637	6.645		
5	1	27.688	54.592	4.214	5.107
	2	39.841	270.968		
	3	42.827	469.224		
6	1	51.145	59.301	5.016	5.031
	2	45.985	31.764		
7	1	35.401	349.931	10.059	5.107
	2	33.035	7.218		
8	1	42.697	337.015	21.690	6.304
	2	37.177	324.576		
9	1	21.600	370.510	4.908	79.109
10	1	22.110	989.126	9.918	163.897
11	1	37.780	683.455	33.610	11.166
	2	34.930	101.156		
	3	30.390	95.249		
12	1	40.820	245.727	20.110	6.645
	2	38.500	184.638		
	3	36.900	213.004		
13	1	45.635	144.054	9.682	5.847
	2	41.770	138.737		
14	1	38.755	525.056	17.610	119.855
15	1	50.595	193.162	5.788	5.107
	2	50.495	194.620		
	3	45.735	33.230		
	4	46.675	43.894		
16	1	47.210	226.214	43.040	45.920
17	1	54.955	135.641	8.717	4.809
18	1	12.180	134.427	87.285	6.736

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: Červeně vyznačená čísla epizod značí profily (povodí) PTA a ROK, DOC₁ značí aktuální hodnotu koncentrací DOC během průtokového maxima, DOC₂ značí aktuální hodnotu koncentrací DOC během průtokového minima.

Obecně můžeme říci, že se zvyšujícím se průtokem rostou koncentrace DOC. To lze pozorovat v rámci jednotlivých epizod (tabulka č. 18) u Q_{min} a Q_{max} , kde je patrné, že s narůstajícím průtokem narůstají i koncentrace organického uhlíku. Nárůsty hodnot koncentrací DOC s průtokem lze také sledovat během jednotlivých průtokových vln.

Z tabulky č. 18 lze také vypožorovat, jaké hodnoty průtoku generují jaké množství organického uhlíku. Obecně bylo vysledováno, že v případě průtoků do 25 l.s^{-1} se průměrné koncentrace organických látek většinou pohybovaly okolo 18 mg.l^{-1} (velmi nízké hodnoty). Průtoky do 100 l.s^{-1} generovaly koncentrace DOC o hodnotách 37 mg.l^{-1} a průtoky do 200 l.s^{-1} okolo 45 mg.l^{-1} . S průtoky nad 200 l.s^{-1} nabývaly však průměrné koncentrace DOC nižších hodnot než u průtoků do 200 l.s^{-1} .

Takové rozdělení je však velmi nejisté, jelikož z tabulky č. 18 je patrné, že podobné průtoky mohou generovat odlišné koncentrace DOC. Dále je nutné brát v potaz odlišný charakter jednotlivých povodí.

Pro upřesnění a pochopení celého procesu bylo sledováno více průtokových maxim v rámci jedné epizody. Například nižší průtoky mohou generovat mnohem vyšší koncentrace DOC než průtoky s vysokými hodnotami. Příkladem toho může být ep. č. 11, kde maximální průtoky dosahovaly 683 l.s^{-1} a koncentrace DOC činily 38 mg.l^{-1} . Zatímco u ep. č. 12 dosahovaly maximální průtoky nižších hodnot (246 l.s^{-1}) a koncentrace DOC byly vyšší než u ep. č. 11.

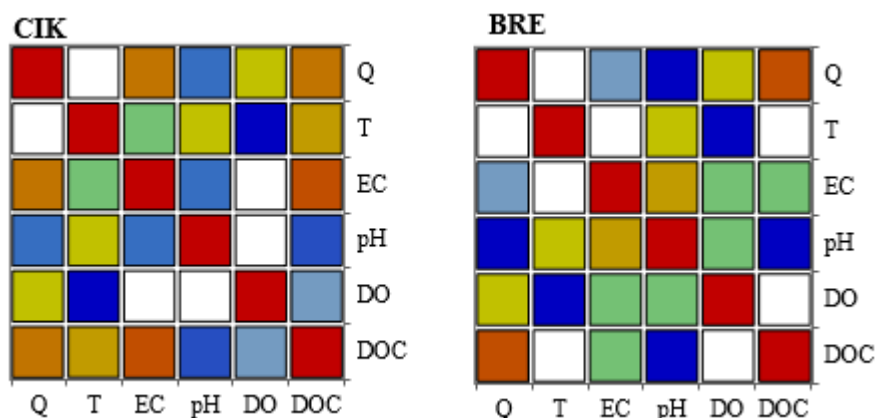
Důležitým faktorem může být také pořadí průtokového maxima (průtokové vlny). Například v případě ep. č. 17, kdy proběhlo jedno průtokové maximum, a hodnoty Q_{max} dosahovaly 135.64 l.s^{-1} a koncentrace DOC činily 54.95 mg.l^{-1} . Zatímco u ep. č. 13 proběhla dvě průtoková maxima v rámci epizody, kdy druhé průtokové maximum nabývalo vyšších hodnot než v případě ep. č. 17 (138.73 l.s^{-1}), ale hodnoty DOC byly nižší (41.70 mg.l^{-1}). Pořadí i počet průtokových maxim tedy hraje důležitou roli z pohledu vyčerpání naakumulovaných organických látek, které pak v průběhu epizody mohou dosahovat nižších hodnot v porovnání s epizodami o jedné Q_{max} vlně, kde sice průtoková maxima nabývala nižších hodnot, ale koncentrace DOC byly vyšší. Dalším určujícím faktorem může být roční období, které je zásadní z hlediska dostupnosti organické hmoty. Jelikož přes 60 % epizod bylo odebíráno v letním období, byly koncentrace DOC dostupné ve zvýšeném množství.

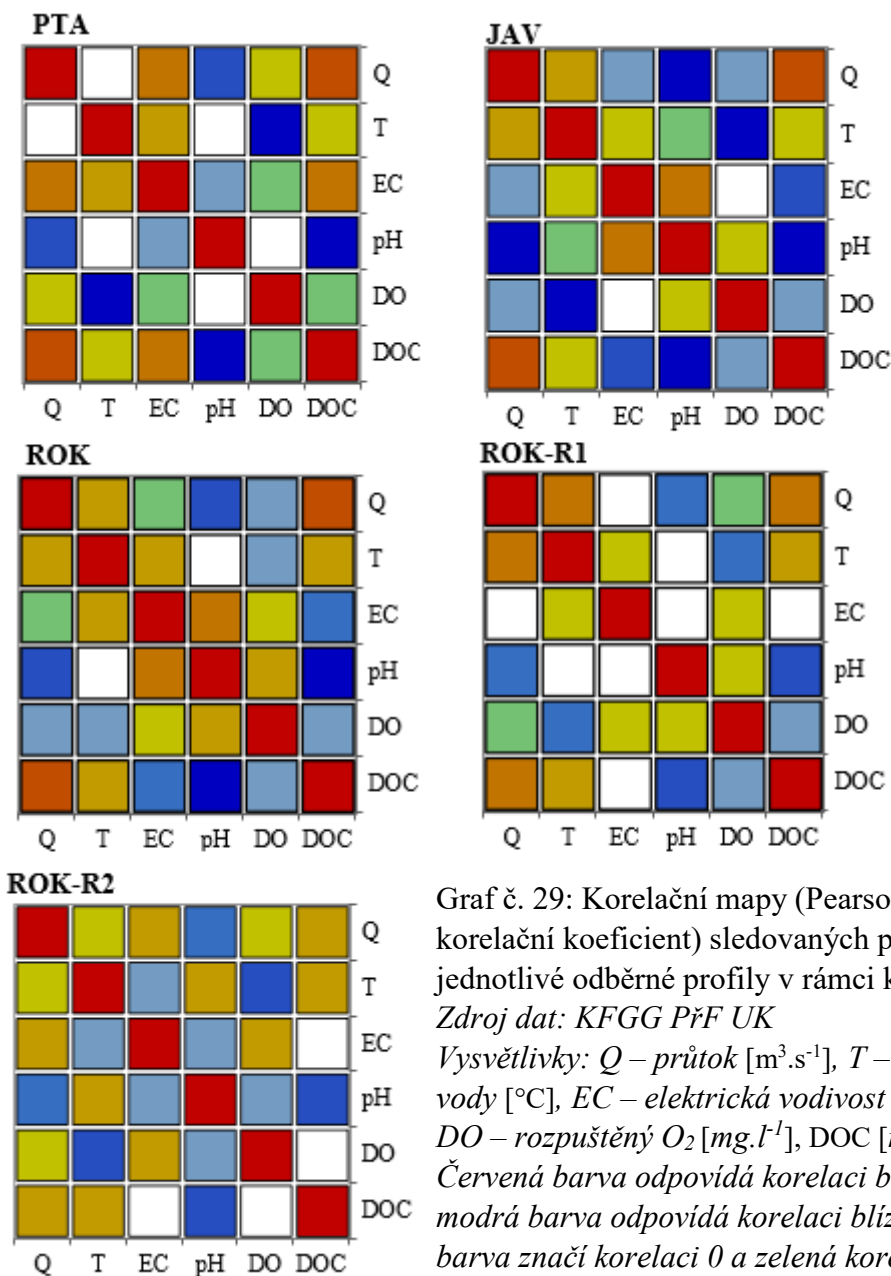
Z toho vyplývá, že je velice důležité sledovat celý proces (jaké průtoky generují jaké koncentrace) v širším kontextu. Toto vyplývá i z předešlých kapitol sledujících variabilitu a množství koncentrací DOC. Vliv na tento proces může mít roční období, charakter povodí, předchozí podmínky a podmínky v průběhu epizody apod.

Dále byl sledován vliv počtu srážko-odtokových událostí (dílčích průtokových maxim) v průběhu epizod na množství koncentrací DOC. Pomocí tabulky č. 8 znázorňující průměrné koncentrace DOC během epizod a tabulek č. 9, 10 a 11 sledujících dílčí průtoková maxima bylo zjištěno následující. Vyšší průměrné koncentrace DOC jsou vyplavovány jak v průběhu epizod s více dílčími průtokovými maximy, tak v průběhu epizod s jedním dílčím průtokovým maximem. Příkladem tomu může být ep. č. 1 (profil ROK-R1), kde proběhlo jedno dílčí průtokové maximum a průměrné koncentrace DOC činily 45.37 mg.l⁻¹. Naopak epizoda č. 2 (profil ROK-R1) je charakteristická čtyřmi dílčími průtokovými maximy a průměrné koncentrace DOC dosahovaly 44.27 mg.l⁻¹. Nelze tedy s jistotou určit, zda více srážko-odtokových událostí (průtokových vln) v průběhu epizod transportuje vyšší množství koncentrací DOC a naopak. I v tomto případě je nutné brát v potaz podmínky v průběhu prekondice a podmínky v průběhu epizod. Dále délku sledovaných epizod, roční období a charakter povodí.

7.6 Vyhodnocení závislosti vybraných parametrů chemismu sledovaných v rámci odběrových kampaní

Vyhodnocení závislosti vybraných parametrů v rámci kampaní na jednotlivých profilech zobrazují korelační mapy z grafu č. 29 (tabulky s přesnými hodnotami korelace jsou uvedeny v přílohách 34–40).





Graf č. 29: Korelační mapy (Pearsonův korelační koeficient) sledovaných parametrů za jednotlivé odběrné profily v rámci kampaní
Zdroj dat: KFGG PŘF UK
Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μ S.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], DOC [mg.l⁻¹]. Červená barva odpovídá korelaci blízké 1, modrá barva odpovídá korelaci blízké -1, bílá barva značí korelaci 0 a zelená korelaci blízké 0.

Z grafu č. 29 je patrné, že závislost organického uhlíku na průtoku byla u všech sledovaných profilů kladná, střední, až silná. Největší závislost byla zaznamenána na profilech BRE a JAV. Naopak nejnižší na profilu ROK-R2, kde byla vyhodnocena jako slabá (0.29). Obecně největší závislost na DOC byla vysledována u parametru pH. Závislost DOC a pH byla v rámci všech profilů vyhodnocena jako záporná a velmi silná. Lze tedy říci, že s klesající hodnotou pH rostou koncentrace DOC. Přičemž nejnižší průměrné hodnoty pH byly naměřeny na profilech CIK a ROK-R2, kde dosahují průměrné hodnoty koncentrací DOC nejvyšších hodnot ze všech sledovaných profilů (vliv půdního typu, krajinného pokryvu či revitalizační opatření) (tabulka č. 19). Závislost DOC a elektrické vodivosti

byla na profilech CIK a PTA vyhodnocena kladně se střední až silnou korelací. Naopak u profilu JAV lze vyzorovat silnou, ale zápornou korelaci DOC s EC. Nejslaběji s DOC korelovaly v rámci všech profilů teplota vody a rozpuštěný kyslík. Závislost rozpuštěného kyslíku byla vyhodnocena jako záporná a velmi silná v případě parametru teploty vody. Hodnoty korelace na některých profilech přesahovaly i -0.90 (JAV, PTA, CIK, BRE). Se zvyšující teplotou klesá množství rozpuštěného kyslíku, jelikož díky rostoucí teplotě dochází ke zvýšenému mikrobiologickému rozkladu a následně větší spotřebě kyslíku. Nejslabší korelace rozpuštěného kyslíku s teplotou vody je patrná na profilech ROK, ROK-R1 a ROK-R2. Tyto profily jsou typické zamokřenými vrchovišti s nedostatkem kyslíku, kde je organický materiál hůře rozkládán a následně dochází k jeho nahromadění. Závislost DO s ostatními parametry je slabá. Závislost pH nabyla silných a záporných hodnot (kromě DOC) s průtokem na všech profilech, kromě CIK, ROK-R1 a ROK-R2, kde byla korelace střední. Elektrická vodivost nejvíce korelovala s průtokem na profilech CIK a PTA, kde její výsledné hodnoty nabyly střední kladné závislosti.

Tabulka č. 19: Průměrné hodnoty sledovaných parametrů v rámci kampaní u jednotlivých profilů

	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
CIK	0.129	7.12	21.80	5.30	10.12	22.10
BRE	0.191	7.48	14.75	6.19	10.21	11.39
JAV	0.303	7.77	23.53	6.65	10.08	10.62
PTA	0.180	6.58	19.08	5.92	10.05	12.42
ROK	0.195	7.42	21.32	5.98	8.93	14.41
ROK-R1	0.039	6.71	24.53	5.45	9.04	17.16
ROK-R2	0.009	7.61	33.96	4.74	7.28	28.29

Zdroj dat: KFGG PřF UK

7.7 Vyhodnocení podobnosti jednotlivých profilů na základě sledovaných parametrů v rámci kampaní

Vyhodnocení podobnosti jednotlivých profilů na základě sledovaných parametrů v rámci kampaní bylo provedeno pomocí PCA analýzy.

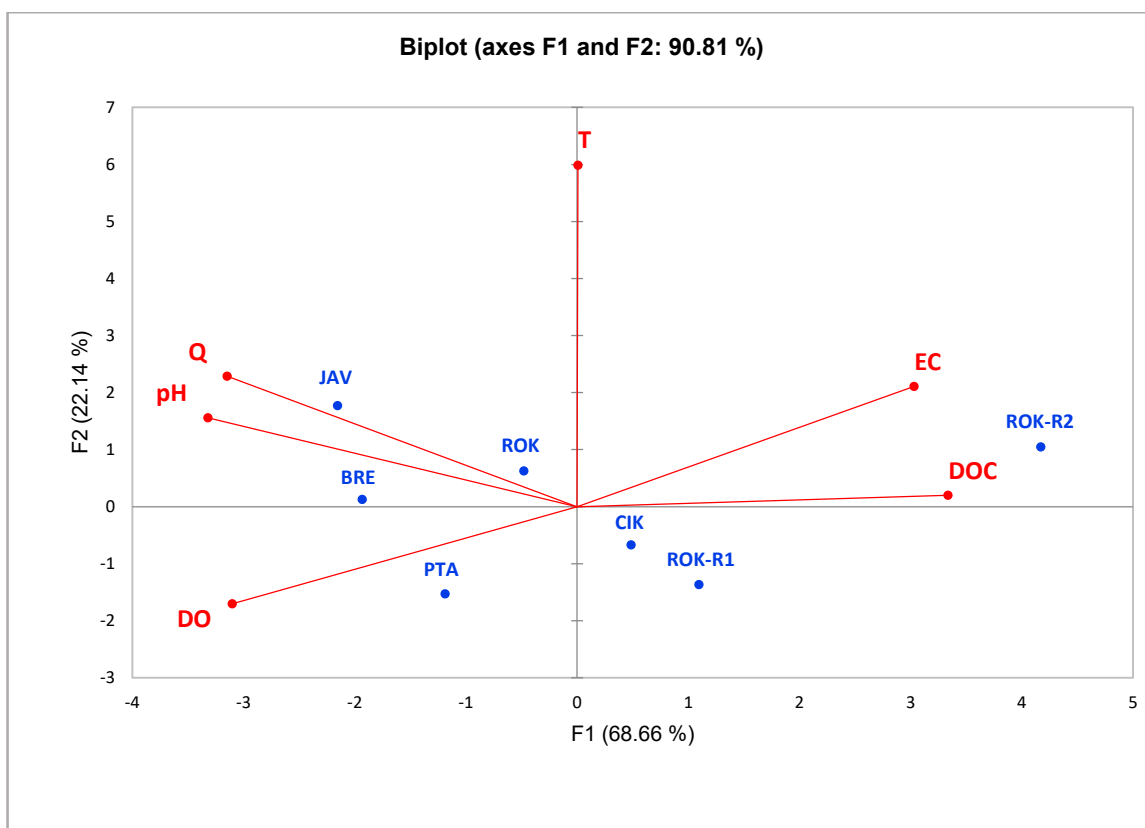
Tabulka č. 20: Hlavní komponenty a jejich variabilita v rámci PCA analýzy

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Eigenvalue	4.120	1.329	0.315	0.188	0.048	0.000
Variability (%)	68.664	22.142	5.250	3.134	0.806	0.004
Cumulative (%)	68.664	90.806	96.056	99.190	99.996	100.000

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: Tučně zvýrazněné hodnoty značí první a druhou hlavní komponentu

Z tabulky č. 20 je patrné, že první komponenta F1 představuje nejvyšší hodnoty rozptylu a podílí se z 68.66 % na celkové variabilitě dat. Druhá komponenta F2 se účastní z 22.14 % na rozptylu všech dat. Graf č. 30 znázorňuje biplot PCA analýzy, který na osách x a y značí první hlavní dvě komponenty.



Graf č. 30: Biplot vyhodnocení podobnosti jednotlivých profilů na základě sledovaných parametrů v rámci kampaní (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Vysvětlivky: sledované parametry v průběhu kampaní: Q – průměrný průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$], T – průměrná teplota vody [$^{\circ}C$], EC – průměrné hodnoty elektrické vodivosti [$\mu S \cdot cm^{-1}$], DO – průměrné hodnoty rozpuštěného O_2 [$mg \cdot l^{-1}$], DOC – průměrné hodnoty rozpuštěného organického uhlíku [$mg \cdot l^{-1}$]. Modré body značí jednotlivé profily.

Z grafu č. 30 je patrná nejen závislost jednotlivých parametrů, která je detailněji sledována v předešlé kapitole č. 7.5, ale i vliv samotných parametrů na jednotlivé profily. Profily ROK–R2, CIK a ROK–R1 představují podle PCA analýzy první kategorii, která si je podobná na základě parametrů DOC a elektrické konduktivity. Tyto profily jsou si podobné, co se týče nejvyšších hodnot DOC v rámci všech sledovaných profilů. Jelikož se podél vodního toku vyskytují vrchovištní rašeliniště a prameniště (vrchovištní kleč) či vrchovištní smrčina nebo podmáčená smrčina. Průměrné hodnoty konduktivity zde dosahují středně zvýšených, až vysokých hodnot v rámci sledovaných kampaní. V rámci sledovaných kampaní jsou na těchto profilech, také jedny z nejnižších průměrných hodnot pH. Nízké hodnoty se vyskytují i u parametru DO, především na ROK-R1, ROK-R2 (tabulka č. 19).

Druhou kategorii z hlediska podobnosti značí profily JAV, ROK, BRE, které jsou si podobné podle PCA analýzy na základě parametrů průměrných průtoků a pH. Průměrné hodnoty pH jsou u těchto profilů o něco vyšší v porovnání například s profily zařazenými do předchozí kategorie. Co se týče průměrných průtoků, mají tyto profily vyšší hodnoty v porovnání s ostatními. Průměrné hodnoty konduktivity jsou u těchto profilů vysoké pouze na ROK a JAV. DO nabývá nejvyšších průměrných hodnot na JAV a BRE (tabulka č. 19).

Poslední kategorie zahrnuje pouze profil PTA, na který mají největší vliv průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku. Hodnoty parametru u tohoto profilu nabývají velice vysokých hodnot (10.05 mg.l^{-1}). DO zde nabývá vysokých průměrných hodnot a EC naopak nižších. Hodnoty pH (5.92) a DOC (12.42 mg.l^{-1}) nabývají středních hodnot v rámci všech kampaní (tabulka č. 19).

8 Diskuse

Tato diplomová práce se primárně zabývá vlivem hydrologických extrémů (především vyšších vodností) na změny koncentrací a variabilitu DOC v experimentálních povodích horní Vydry. V rámci diplomové práce byly sledovány tzv. epizody, při kterých byly odebrány vzorky povrchové vody pomocí automatických odběráků ISCO na profilech ROK, ROK-R1 a PTA během významných srážko-odtokových událostí. U těchto epizod byl sledován právě vliv vybraných proměnných na variabilitu a množství koncentrací DOC z pohledu předchozích podmínek (14 dní před sledovanou epizodou) a v době samotných epizod. Hydro-klimatické proměnné zastupuje teplota vzduchu (T), srážky (P), průtok (Q), hladina podzemní vody (HPV) a výška sněhové pokrývky (SCE).

Nejprve byla sledována variabilita (doba zpoždění) koncentrací organických látek ve vztahu s průtokem. Jednotlivé epizody byly podle podobnosti z pohledu variability rozděleny do čtyř kategorií. První kategorie zahrnuje epizody, kde se maximální koncentrace DOC (DOC_{max}) dostavily s časovým zpožděním za maximálními průtoky (Q_{max}). Druhá kategorie značí epizody, kde maximální koncentrace DOC časově předběhly průtokové maximum. Třetí kategorie zahrnuje kombinaci epizod s časovým zpožděním DOC_{max} za Q_{max} a epizody, kdy časové zpoždění neproběhlo. Poslední kategorií značí epizody sledované mezi srážko-odtokovými událostmi (klidová situace).

Na základě této kategorizace bylo zjištěno, že podmínky, které způsobují rozdílnou dobu zpoždění DOC_{max} , jsou předchozí podmínky bez významné srážko-odtokové události, kdy byla HPV snižena, docházelo k provzdušňování rašelinišť, mineralizaci a následně ke zvýšené akumulaci DOC. Toto potvrzují i *Bowes et al. (2009)* a *Bieroza et al., (2015)*, kteří tvrdí, že doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} může být způsobena právě předchozími podmínkami, v průběhu kterých nedošlo k významné srážko-odtokové události. Tyto podmínky hrály roli i při samotném nástupu nárůstů koncentrací DOC, kdy nárůst koncentrací DOC trval delší dobu.

Doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} se mohla dostavit i v případě přítomnosti srážko-odtokové události během předchozích 14 dní před epizodou. Doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} nastala díky transportu organických látek z hlubších vrstev rašelin pomocí zvýšené HPV. Toto bylo opět potvrzeno stejnými autory, kteří tvrdí, že v tomto případě zde hraje důležitou roli právě vzdálenost zdrojů organické hmoty. Také *Broder et al. (2017)* a *Quassim et al. (2014)* potvrzují, že ke zvýšenému transportu organických látek v případě přítomnosti předchozí srážko-odtokové události může následně docházet pomocí vytlačování vody ze

spodních vrstev rašelinišť. Tento proces mohl zapříčinit i větší dobu zpoždění. Jelikož se organické látky do vodního toku transportovaly z větší vzdálenosti (hlubších vrstev rašeliny) a transportní procesy tak trvaly delší dobu.

Naopak epizody, během kterých nebyla zaznamenána doba zpoždění, jsou charakteristické srážko-odtokovou událostí v průběhu předchozích podmínek, která nasýtila povodí, a tím došlo k vyčerpání většiny naakumulovaných organických látek ještě před sledovanou epizodou. Další možností je proces ředění samotnými srážkami v průběhu epizody. Příčinou může být i více dílčích průtokových maxim v rámci jedné průtokové vlny či více průtokových vln časově blízko u sebe. V tomto případě se organické látky nestihly včas a v dostatečném množství mobilizovat, aby mohly zareagovat na průtokovou vlnu se zpožděním. Také *Chen et al. (2019)*, *Hood et al. (2006)*, *Bowes et al. (2009)* a *Bieroza et al. (2015)* potvrzují fakt, že v případě, kdy DOC_{max} časově předběhly Q_{max} , došlo k vyčerpání organických látek díky předchozí srážko-odtokové události nebo se časové zpoždění nedostavilo z důvodu ředění srážkami.

Délka doby zpoždění se zkracuje v případě, kdy během předchozího období i v průběhu epizody bylo povodí nasycené a hladina podzemní vody dosahovala vysokých hodnot. Během těchto podmínek došlo k vyčerpání většiny naakumulovaných zásob organických látek, kdy ani spodní vrstvy rašeliniště pomocí HPV nebyly schopny mobilizovat další organické látky. Nicméně jak již bylo výše zmíněno i v případě nasycení povodí může být doba zpoždění delší. V tomto případě mohly být podmínky ještě před srážko-odtokovou událostí v době předchozích podmínek sušší (bez výrazné odtokové události) nebo zvýšená HPV neměla vliv na průtok. Dalším vysvětlením může být i roční období, které hraje významnou roli z pohledu samotné dostupnosti organického materiálu (množství DOC), kdy nejvyšší průměrné koncentrace jsou zaznamenány v létě a na podzim. Důležitost sezonality z pohledu dostupnosti a zatížení vodního toku organickým materiálem potvrzuje i *Du et al. (2020)* a *Jennings et al. (2020)*. Doba zpoždění se také zkracuje vlivem ředění jak dešťovými srážkami, tak táním sněhové pokrývky. *Špringerová (2019)* rozdílné délky doby zpoždění ve své práci také přisuzuje vlhkostním podmínkám, kdy v případě nasyceného povodí je doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} kratší.

Kromě předchozích podmínek, podmínek v průběhu epizody a ročního období má vliv na transport a množství organických látek i charakter povodí a lokalizace odběrných profilů. Příkladem mohou být epizody na Ptačím potoce, které jsou charakteristické táním sněhové pokrývky. Zde mělo vliv nejen tání sněhové pokrývky, ale i rozmrzávání jednotlivých půdních vrstev, doba dotoku vody do odběrného profilu (ředění) apod.

Každá kategorie z pohledu variability DOC byla vyhodnocena i pomocí hysterezních smyček. U první kategorie značící zpoždění DOCmax za Qmax vycházela hystereze převážně proti směru hodinových ručiček. Druhá kategorie (bez zpoždění DOCmax za Qmax) zahrnuje pouze ep. č. 8, pro kterou vyšel rozptýlený (chaotický) typ hystereze. Jelikož se jednalo o jednu epizodu, byla srážko-odtoková událost rozdělena na jednotlivé průtokové vlny. V tomto případě u každé průtokové vlny vyšla hystereze po směru hodinových ručiček. U třetí kategorie značící kombinovaný typ epizod z pohledu variability DOC vyšly celkem tři typy hysterezních smyček. U dvou epizod vyšel rozptýlený typ hystereze (chaotický). U dalších dvou hystereze proti směru hodinových ručiček a posledním typem byla hystereze po směru hodinových ručiček. U této kategorie tedy nelze s jistotou určit jeden typ hysterezních smyček, který by ji charakterizoval. V tomto případě by bylo zapotřebí více epizod, aby mohla být tato skutečnost lépe posouzena. Pro poslední kategorii, kde byly DOC sledovány mezi významnými odtokovými událostmi, vyšly hysterezní smyčky ve tvaru osmičky. Obě smyčky (v rámci osmičky) vyšly po směru hodinových ručiček, což by mělo podle dostupné literatury značit fakt, že DOCmax časově předběhly Qmax. Nicméně v tomto případě tomu tak nebylo, jelikož epizody spadající do této kategorie byly charakteristické i dobou zpoždění DOCmax za Qmax. Výsledky hysterezních smyček, až na některé epizody souhlasily s výsledky studií *Chen et al. (2019)* a *Vaughan et al. (2017)*, kteří uvádějí, že v případě hystereze proti směru hodinových ručiček dochází ke zpoždění DOCmax za Qmax. Hystereze po směru hodinových ručiček pak značí fakt, že se DOCmax dostavily ještě v průběhu narůstajícího průtoku.

Dále byla sledována závislost jednotlivých proměnných s DOC pomocí Pearsonova korelačního koeficientu včetně statistické významnosti. Silnou a kladnou závislost značí především DOC s HPV a také DOC s Q. Silný vztah DOC s Q potvrzuje například *Rostami et al. (2018)*, který nárůsty koncentrací DOC ve vodním toku přisuzuje nárůstům průtoku v době výrazné srážko-odtokové události. Nejslabší závislost a převážně zápornou v rámci jednotlivých epizod představuje teplota vzduchu. Srážky s DOC značí také velice slabou závislost. Zde je však nutné brát zřetel na variabilitu (dobu zpoždění) DOC, která významně ovlivňuje hodnoty korelačního koeficientu. Slabá korelace v případě teploty vzduchu a srážek, může také spočívat v nedostatku počtu měření v průběhu sledovaných epizod.

Vliv prekondice na množství koncentrací transportovaného DOC byl sledován pomocí PCA analýzy. Z výsledků vyplývá, že největší vliv na množství koncentrací DOC měly proměnné průtoku, HPV, srážek a SCE. Epizody byly opět rozděleny do kategorií podle podobnosti.

První kategorie zahrnovala epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ($\text{DOC}_{\text{max}} 38.76 \text{ mg.l}^{-1}$). Na takto nízké koncentrace měly vliv z pohledu prekondice převážně vysoké průměrné průtoky (průměr průtoku sledované kategorie 145.53 l.s^{-1}), nízké úhrny srážek, vysoká hladina podzemní vody (u ep. č. 14 (-0.061 m)) nebo i snížená HPV (u ep. č. 18 (-0.110 m)), u které se však více projevovала proměnná průtoky. Dále je pro tuto kategorii typické tání sněhové pokrývky u ep. č. 9 a 10 na Ptačím potoce. Zde se pak také projevuje charakter povodí, jelikož tato kategorie zahrnuje pouze profily (PTA, ROK) ležící na dolním toku v rámci sledovaných povodí (větší plocha povodí, delší doba dotoku vody do profilu, sekundární hydrická síť, zvýšený vliv ředění). Také krajinný pokryv hraje roli z hlediska dostupnosti organické hmoty, roční období či délka epizody apod. Nízké koncentrace díky tání sněhové pokrývky potvrzuje *Broder et al. (2015)*. Naopak studie *Caillon et al. (2020)* z předalpského povodí v Rakousku tvrdí, že během období tání sněhové pokrývky došlo k nárůstům koncentrací látek. Množství transportovaného DOC během období tání sněhové pokrývky je podmíněno předchozími podmínkami v povodí. To potvrzuje *Brooks (1999)*, který dokládá, že v případě, kdy v povodí během letních a podzimních událostí během předchozího roku dominoval zvýšený transport organických látek, tak následně během tání sněhové pokrývky by měly být koncentrace látek nižší.

Druhá kategorie zahrnuje epizody s nízkým množstvím koncentrací DOC ovlivněné proměnnou srážek. Epizody zařazené do této kategorie jsou podobné, co se týče průměrných hodnot koncentrací DOC, předchozí kategorii. Oproti předchozí kategorii se z pohledu prekondice lišily hodnoty průměrných průtoků, které byly velmi nízké (průměr průtoky sledované kategorie 19.26 l.s^{-1}). Průměrné hodnoty HPV byly v průběhu prekondice nízké (okolo -0.16 m). Naopak srážky dosahovaly vyšších úhrnů, a to až 81.2 mm . Takto nízké koncentrace byly ovlivněny převážně nízkým průměrným průtokem a sníženou HPV, díky které nedocházelo k vyplavování organických látek z hlubších vrstev rašeliny. Významný vliv HPV na množství koncentrací DOC potvrzují také *Berhe et al. (2013)* a *Van Gaelen (2014)*.

Třetí kategorie zahrnovala epizody se zvýšenými a vysokými průměrnými koncentracemi DOC ($\text{DOC}_{\text{max}} 55.25 \text{ mg.l}^{-1}$), které se podle PCA analýzy od ostatních epizod lišily proměnnou srážek. Vysoké koncentrace DOC u většiny epizod zařazených do této kategorie byly z pohledu prekondice charakterizovány nízkými průtoky (průměr průtoky sledované kategorie 16.23 l.s^{-1}). Sníženou HPV (průměr sledované kategorie -0.169 m) a zvýšenými úhrny srážek (maximální celkové úhrny dosahovaly 120 mm u ep. č. 12). *Zhong et al. (2020)* a *Vlček et al. (2012)* v tomto případě potvrzují fakt, že během suchých

epizod, kdy je HPV snižená, dochází k provzdušňování, zvýšené produktivitě a následnému nahromadění organických látek, které se s příchodem významné srážko-odtokové epizody aktivují a transportují ve zvýšeném množství. *Kocum et al. (2016; 2018)* pak tuto problematiku sleduje z pohledu jednotlivých vrstev rašeliny. Zvýšený transport DOC v létě během výrazných srážko-odtokových událostí přisuzuje především svrchní vrstvě zvané akrotelm.

Poslední kategorií jsou epizody se zvýšenými a vysokými koncentracemi DOC, které se podle PCA analýzy od ostatních epizod se zvýšenými a vysokými koncentracemi DOC lišily proměnnou průtokem a HPV. Pro tuto kategorii jsou typické velmi nízké průměrné průtoky (průměr sledované kategorie $8.84 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) a naopak velmi vysoká HPV (průměr sledované kategorie -0.069 m). Úhrny srážek z pohledu ostatních epizod nebyly nijak vysoké (maximální celkové úhrny dosahovaly 28.20 mm u ep. č. 15). Z toho vyplývá, že takto vysoké koncentrace DOC v průběhu epizody byly zapříčiněny zvýšenou HPV, která ale hodnoty průměrného průtoku během předchozích podmínek nijak výzamně neovlivnila. Tudíž nedocházelo ke zvýšenému transportu organických látek v období 14 dní před událostí. Až s příchodem srážko-odtokové události během epizody se začaly naakumulované látky transportovat do vodního toku z jednotlivých vrstev rašelin. To potvrzuje myšlenku, že zvýšené koncentrace organických látek se v průběhu epizody mohou transportovat i v případě předchozího nasycení povodí.

Dále byl vyhodnocován vliv průtoku na množství transportovaného DOC v průběhu epizod. Obecně lze říci, že se zvyšujícím se průtokem narůstají koncentrace DOC. Nicméně tato podmínka však neplatí u všech sledovaných epizod, jelikož nižší průtoky mohou generovat i vyšší koncentrace DOC a naopak. Hrají zde důležitou roli předchozí podmínky, podmínky v průběhu epizody, charakter povodí a počet průtokových vln. Sledován byl i vliv počtu srážko-odtokových událostí (dílčích průtokových maxim) v průběhu epizod na množství koncentrací DOC. Zde bylo zjištěno, že vyšší průměrné koncentrace DOC jsou vyplavovány jak v průběhu epizod s více dílčími průtokovými maximy, tak v průběhu epizod s jedním dílčím průtokovým maximem. I v rámci této problematiky hrají velmi důležitou roli předchozí podmínky, podmínky v průběhu epizody, charakter povodí, roční období či délka epizody.

V poslední řadě byl vyhodnocován vliv jednotlivých parametrů (teplota vody, pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík, DOC a průtok) v rámci sledovaných kampaní. Nejprve byla sledována závislost jednotlivých parametrů mezi sebou. Středně silná, až silná kladná závislost byla sledována u DOC/Q u všech sledovaných profilů (s výjimkou profilu

ROK–R2). Kladná střední, až silná korelace byla sledována v případě DOC/EC na profilech CIK, ROK a PTA. Nejvyšší průměrné hodnoty EC byly sledovány u profilů s nejnižší hodnotou pH a vyššími koncentracemi DOC (ROK–R1, ROK–R2). Fakt, že s rostoucím průtokem se snižují hodnoty EC, jak uvádí *Puczko et al. (2020)*, nelze s jistotou určit na všech profilech, jelikož se u jednotlivých profilů objevuje jak záporná, tak kladná korelace s průtokem. Nejsilnější kladná závislost EC/Q byla sledována na PTA a CIK.

Silná a záporná závislost byla vyhodnocena u DOC/pH. Nejnižší průměrné hodnoty pH byly naměřeny na profilech CIK a ROK-R2, kde dosahují průměrné hodnoty koncentrací DOC nejvyšších hodnot ze všech sledovaných profilů (vliv půdních typů a krajinného pokryvu).

Střední, až silná záporná závislost byla zjištěna u pH/Q na všech profilech, kromě CIK, ROK-R1 a ROK-R2, kde byla korelace střední. Závislost DO byla vyhodnocena záporná a velmi silná v případě parametru teploty vody, s výjimkou profilů ROK, ROK-R1 a ROK-R2. Tuto skutečnost potvrzuje i *Mosley (2015)*, který tvrdí, že se zvyšující teplotou klesá množství rozpuštěného kyslíku, jelikož díky rostoucí teplotě dochází ke zvýšenému mikrobiologickému rozkladu a následně větší spotřebě kyslíku.

PCA analýza určila největší podobnost z hlediska sledovaných profilů u ROK–R2, CIK a ROK–R1, které jsou si podobné parametrem DOC a elektrické konduktivity. U těchto profilů byly pozorovány nejvyšší hodnoty koncentrací DOC, což může být vysvětleno půdním typem v podobě histosolů, které podle autorů *Batjes (2002)* a *Van den Berg et al. (2012)* jsou obecně považovány za půdy s nejvyšším obsahem uhlíku. Vliv na vysoké koncentrace má i krajinný pokryv. Průměrné hodnoty elektrické konduktivity zde dosahují středně zvýšených, až vysokých hodnot v rámci sledovaných kampaní. Tato kategorie je dále charakteristická nízkými průměrnými hodnotami pH i nízkými hodnotami DO (na ROK-R1, ROK-R2).

Dále jsou si podobné profily JAV, ROK, BRE, a to na základě průměrných průtoků a průměrných hodnot pH, které jsou o něco vyšší oproti předchozí kategorii. Samostatnou skupinu pak tvoří profil PTA, který se od ostatních profilů nejvíce liší hodnotami rozpuštěného kyslíku. Hodnoty tohoto parametru u tohoto profilu nabývají velice vysokých hodnot.

9 Závěr

Z dostupných studií zabývajících se problematikou dynamických změn koncentrací organických látek je zřejmé, že v posledních letech na některých povodích dochází k dlouhodobým nárůstům koncentrací těchto látek. Podle některých autorů za tyto nárůsty mohou klimatické změny, konkrétně změny teploty vzduchu, avšak ne všechny studie přisuzují narůstající koncentrace organických látek změnám teploty a tvrdí, že za narůstající trend mohou spíše atmosférické depozice. Zvýšené koncentrace organických látek ve vodních tocích pak následně negativně ovlivňují environmentální i společenské prostředí. Proto je nezbytně nutné dynamické změny organických látek sledovat a zabývat se jednotlivými faktory, které je ovlivňují.

Tato diplomová práce primárně sleduje změnu variability a množství rozpuštěného organického uhlíku (DOC) vzhledem k hydro-klimatickým proměnným. Proměnné byly sledovány z pohledu předchozích podmínek a podmínek v průběhu sledovaných epizod. Za hydro-klimatické proměnné byly považovány teplota vzduchu, průtok, hladina podzemní vody a výška sněhové pokrývky. Největší vliv na změnu koncentrací a variabilitu organického uhlíku ve vodních tocích měla změna výšky hladiny podzemní vody a průtok. Větší doba zpoždění DOC_{max} za Q_{max} a vyšší průměrné hodnoty koncentrací DOC během epizody nastaly v případě předchozích podmínek bez srážko-odtokové události. Významný vliv na množství a dobu zpoždění maximálních koncentrací DOC má i proces ředění (tání sněhové pokrývky, zvýšené úhrny kapalných srážek) či rozmrzávání půd. Doba zpoždění nastala i v případě přítomnosti srážko-odtokové události. Zde hrálo roli vyplavování organických látek z jednotlivých vrstev rašeliny zvýšenou HPV.

V rámci výsledků sledující variabilitu a množství koncentrací DOC je nutné zohlednit například charakter povodí (profilů), odlišnou časovou délku sledovaných epizod, roční období apod.

Dále byla sledována podobnost jednotlivých profilů v rámci kampaní z pohledu sledovaných parametrů teploty vody, DOC, pH, rozpuštěného kyslíku, průtoku a konduktivity. V tomto případě bylo zjištěno, že největší vliv z pohledu podobností jednotlivých profilů měl DOC, pH, rozpuštěný kyslík, průtok a konduktivita. Naopak teplota vody neměla téměř žádný význam. Stejně jako u sledovaných epizod se i v rámci kampaní potvrdila kladná a silná závislost DOC s průtokem. Dále spolu silně korelovaly například DOC s pH.

Kromě sledování variability a množství koncentrací DOC pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a PCA analýzy by bylo nasnadě tyto změny a další procesy spojené s organickými látkami sledovat a ověřovat pomocí nejrůznějších geoprostorových, hydrologických a geochemických modelů. Pomocí těchto modelů by mohly být organické látky sledovány z pohledu kvantifikace jednotlivých příspěvků rozpuštěného organického materiálu uvolněných z různých zdrojových oblastí. Mohl by být sledován i samotný proces transportu v podélném profilu toku. Užití těchto modelů je vhodné porovnávat i s dalšími přístupy, jelikož je nutné brát zřetel na nedostatky (nejistoty), které při jejich užití nastávají.

Dále by mohly být předchozí podmínky před sledovanou epizodou sledovány z hlediska delšího časového období. To bylo zmíněno u klasifikace na základě množství koncentrací DOC. Konkrétně se jednalo o kategorii, do které spadaly epizody s vysokými koncentracemi DOC ovlivněné podle PCA analýzy průtokem a hladinou podzemní vody. U této kategorie byly průměrné hodnoty hladiny pozemní vody v době předchozích podmínek velmi vysoké (průměrné průtoky nižší oproti ostatním epizodám), což bylo pravděpodobně způsobeno zvýšenou srážko-odtokovou událostí ještě před více, jak 14 dny před sledovanou epizodou. Zajímavé by bylo kromě proměnných průtoku, teploty vzduchu, srážek, hladiny podzemní vody a výšky sněhové pokrývky sledovat u epizod i další proměnné. Příkladem může být teplota vody, směr větru, intenzita srážek a evapotranspirace.

Zdroje

- ADDINSOFT (2022): XLSTAT. [online]. [cit. 2022-6-22]. Dostupné z: <https://www.xlstat.com/en/>
- ÅGREN, A., HAEI, M., KÖHLER, S. J., BISHOP, K., LAUDON, H. (2010). Regulation of stream water dissolved organic carbon (DOC) concentrations during snowmelt; the role of discharge, winter climate and memory effects. *Biogeosciences* 7, p. 2901-2913.
- ÅGREN, A., BUFFAM, I., JANSON, M., LAUDON H. (2007). Importance of seasonality and small streams for the landscape regulation of dissolved organic carbon export. *J. Geophys. Res.* 112.
- AGUILERA, R., MELACK, J. M. (2018). Concentration-Discharge Responses to Storm Events in Coastal California Watersheds. *Water Resources Research*, p. 1-18.
- AITKENHEAD-PETERSON, J. A., MCDOWELL, W. H., NEFF, J. C. (2003). 2 - Sources, Production, and Regulation of Allochthonous Dissolved Organic Matter Inputs to Surface Waters. *Aquatic Ecosystems. Aquatic Ecology*, p. 25-70.
- ALBRECHT, J. et al. (2003). Chráněná území ČR VIII., Českobudějovicko. AOPK ČR, Praha, p. 807.
- ANDĚRA, M., ZAVŘEL, P. (2003). Šumava příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř - Baset, p. 800.
- ARCDATA PRAHA (2016). ArcČR500 verze 3.3. Digitální geografická databáze 1:500 000. [online]. [cit. 2022-1-13]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>
- ARENDT, C. A., ACIEGO, S. M., HETLAND, E. A. (2015). An open source bayesian monte carlo isotope mixing model with applications in earth surface processes. *Geochem. Geophys., Geosyst.* 16, p. 1274–1292.
- ASADZADEH, M., LEON, L., YANG, W., BOSCH, D. (2016). One-day offset in daily hydrologic modeling: an exploration of the issue in automatic model calibration. *J. Hydrol.*, 534, p. 164-177.
- AUSTNES, K., EVANS, C. D., ELIOT-LAIZE, C., PAMELA, S. N., GARETH, H. O (2010). Effects of storm events on mobilisation and in-stream processing of dissolved organic matter (DOM) in a Welsh peatland catchment. *Biogeochemistry* 99, p. 157–173.
- BAKER, E. B., SHOWERS, W. J. (2019). Hysteresis analysis of nitrate dynamics in the Neuse River, NC. *Science of The Total Environment*, 652, p. 889-899.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006). Geomorfologické členění reliéfu Čech. Praha, Kartografie, p. 79.
- BATJES, N. H. (2002). Carbon and nitrogen stocks in the soils of Central and Eastern Europe. *Soil Use Manage* 18, p. 324–329.
- BERHE, A. A., KLEBER, M. (2013). Erosion, deposition, and the persistence of soil organic matter: mechanistic considerations and problems with terminology. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- BHATIA, M. P., DAS, S. B., KUJAWINSKI, E. B., HENDERSON, P., BURKE, A., CHARETTE, M. A. (2011). Seasonal evolution of water contributions to discharge from a Greenland outlet glacier: insight from a new isotope-mixing model. *J. Glaciol.* 57, p. 929–941.
- BIEROZA, M. Z., HEATHWAITE A. L. (2015). Seasonal variation in phosphorus concentration–discharge hysteresis inferred from high-frequency in situ monitoring, *J. Hydrol.*, 524, p. 333–347.

- BILLET, M. F., DEACON, C. M., PALMER, S. M., DAWSON, J. J. C., HOPE, D. (2006) Connecting organic carbon in streamwater and soils in a peatland catchment. *J Geophys Res Biosci*, vol. 111, G02010.
- BJÖRNERÅS, C., WEYHENMEYER, G. A., EVANS, C. D., et al. (2017). Widespread increases in iron concentration in European and North American freshwaters. *Global Biogeochemical Cycles*, p. 1488–1500.
- BOWES, M. J., JARVIE, H. P., HALLIDAY, S. J., SKEFFINGTON, R. A., WADE, A. J., LOEWENTHAL, M., GOZZARD, E., NEWMAN, J. R., PALMER-FELGATE, E. J. (2015). Characterising phosphorus and nitrate inputs to a rural river using high-frequency concentration–flow relationships. *Sci. Total Environment*, p. 608–620.
- BOWES, M. J., SMITH, J. T., NEAL, C. Neal (2009), The value of high-resolution nutrient monitoring: A case study of the River Frome, Dorset, UK. *J. Hydrol.*, 378, p. 82–96.
- BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J. (1986). *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR*. Univerzita J. E. Purkyně, Brno, p. 298.
- BRODER, T., BIESTER, H. (2015). Hydrologic controls on DOC, As and Pb export from a polluted peatland – the importance of heavy rain events, antecedent moisture conditions and hydrological connectivity, *Biogeosciences*, p. 4651–4664.
- BRODER, T., KNORR, K.-H., BIESTER, H. (2017). Changes in dissolved organic matter quality in a peatland and forest headwater stream as a function of seasonality and hydrologic conditions. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, p. 2035-2051.
- BROM, J., HAIS, M., POKORNÝ, J., PROCHÁZKA, J. (2006). Effect of water drainage on the forest microclimate: case study of two small catchments in Šumava mountains. *Ekológia (Bratislava)*, vol. 25, (no. Suppl. 3), p. 18-26.
- BROOKS, P. D., MCKNIGHT, D. M., BENCALA, K. E. (1999). The relationship between soil heterotrophic activity, soil dissolved organic carbon (DOC) leachate, and catchment-scale DOC export in headwater catchments. *Water Resour Res*, vol. 35, p. 1895-1902.
- BUFKOVÁ, I., SPITZER, K. (2008). *Šumavská rašeliniště*. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, p. 203.
- BUREŠ, F. (2013). *Organické chromofory s vnitřním přenosem náboje ve tvaru písmene X*. Diplomová práce. Univerzita Pardubice.
- BURIÁNKOVÁ, I. (2013). *Detekce a identifikace metanogenních archea v hyporheickém sedimentu pomocí vybraných molekulárních metod*. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Katedra ekologie a životního prostředí.
- CAILLON, F., SCHELKER, J. (2020). Dynamic transfer of soil bacteria and dissolved organic carbon into small streams during hydrological events. *Aquatic Sciences*.
- CANO-PAOLI, K., CHIOGNA, G., BELLIN, A. (2019). Convenient use of electrical conductivity measurements to investigate hydrological processes in Alpine headwaters. *Science of total environment*, p. 37 – 49.
- CASAS-RUIZ, J. P., SPENCER, R. G. M., GUILLEMETTE, F., VON SCHILLER, D., OBRADOR, B., PODGORSKI, D. C., KELLERMAN, A., HARTMANN, J., GÓMEZ-GENER, L., SABATER, S., MARCÉ, R. (2020). Delineating the Continuum of Dissolved Organic Matter in Temperate River Networks. *Global Biogeochemical Cycles*, p. 15.
- CAWLEY, K. M., HOHNER, A. K., MCKEE, G. A., BORCH, T., OMUR-OZBEK, P., OROPEZA, J., ROSARIO-ORTIZ, F. L. (2018). Characterization and spatial

- distribution of particulate and soluble carbon and nitrogen from wildfire-impacted sediments. *J. Soils Sediments*, 18, p. 1314-1326.
- CENIA (2021) [online]. Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Národní geoportál INSPIRE [cit. 2021-08-16]. Dostupné z: https://geoportal.gov.cz/web/guest/map?wms=http://geoportal.gov.cz/arcgis/service/s/CENIA/cenia_ppv/MapServer/WmsServer
 - CLARK, J. M., LANE, S. N., CHAMPAN, P. J., ADAMSON, J. K. (2007). Export of dissolved organic carbon from an upland peatland during storm events: Implication for flux estimates. *J. Hydrol.* 347, p. 438-447.
 - CLARK, J. M., LANE, S. N., CHAPMAN P. J., ADAMSON, J. K. (2008). Link between DOC in near surface peat and stream water in an upland catchment. *Sci. Total Environ.*, p. 308–315.
 - CLAY, G. D., WORRALL, F., FRASER, E. D. G. (2009). Effects of managed burning upon dissolved organic carbon (DOC) in soil water and runoff water following a managed burn of a UK blanket bog. *Journal of Hydrology*, Vol. 367, p. 41-51.
 - CONWAY, V. M., MILLAR, A. (1960). The hydrology of some small peat-covered catchments in the northern Pennines. *Journal of the Institute of Water Engineers* 14, p. 415-24.
 - CRONAN, C. S. (1990). Patterns of organic acid transport from forested watersheds to aquatic ecosystems. In *Organic Acids in Aquatic Ecosystems*. E. M. Perdue and E. T. Gjessing (eds.). Life Sciences Research Report 48. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, p. 245-260.
 - CURRIE, W. S., ABER, J. D. (1997). Modeling leaching as a decomposition process in humid montane forests. *Ecology* 78, p. 1844-1860.
 - CURTIN, D., PETERSON, M. E., ANDERSON, C. R. (2016). PH-dependence of organic matter solubility: Base type effects on dissolved organic C, N, P, and S in soils with contrasting mineralogy. *Geoderma*, p. 161-172.
 - CURTIS, C. J., EMMETT, B. A., REYNOLDS, B., SHILLAND, J. (2004). Nitrate leaching from moorland soils: can soil C:N ratios indicate N saturation. *Water Air Soil Pollution Focus* 4, p. 359-369.
 - ČERNÁ, G. (2011). Biodegradace organických látek. Diplomová práce. Vysoká škola Báňská. Technická univerzita Ostrava. Hornicko-geologická fakulta. Institut environmentálního inženýrství.
 - Česká geologická služba (ČGS) (2021) [online]. Geovědní mapy 1: 25000 [cit. 2021-08-16]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr25/>
 - ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ (ČÚZK) (2018). Prohlížečská služba WMS – ortofoto [online]. [cit. 2022-1-13]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
 - ČURDA, J. (2009). Odtokový režim v pramenných oblastech Vydry se zaměřením na hodnocení povodňových epizod. Magisterská práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Katedra fyzické geografie a geoekologie.
 - ČURDA, J., JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2011). Vliv fyzickogeografických faktorů na extremitu povodní v povodí Vydry. *Geografie*, 116, p. 335–353.
 - DATRY, T., PELLA, H., LEIGH, C., BONADA, N., HUGUENY, B. (2016). A landscape approach to advance intermittent river ecology. *Freshw. Biol.*, 61.
 - DAVID, M. B., VANCE, G., KAHL, J. (1999). Chemistry of dissolved organic carbon at Bear Brook Watershed, Maine: stream water response to (NH₄)₂SO₄ additions. *Environmental Monitoring and Assessment* 55, p. 149–163.

- DAVID, M. B., ZECH, W. (1990). Adsorption of dissolved organic carbon and sulfate by acid forest soils in the Fichtelgebirge, FRG. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 153, p. 379-384.
- DAWSON, J. J. C., SOILSBY, C., TETZLAFF, D., HRACHOWITZ, M., DUNN, S. M., MALCOLM, I. A. (2008). Influence of hydrology and seasonality on DOC exports from three contrasting upland catchments, *Biogeochemistry* 90, p. 93–113.
- DAY, J. W., PSUTY, N. P., PEREZ, B. C. (2002). The role of pulsing events in the functioning of coastal barriers and wetlands: implications for human impact, management and the response to sea level rise. Springer, p. 633-659.
- DELPLA, I., BAURÉS, E., JUNG, A. V., THOMAS, O. (2011). Impacts of rainfall events on runoff water quality in an agricultural environment in temperate areas. *Science of the Total Environment*, 409(9), p. 1683–1688.
- DOSSKEY, M. G., BERTCH, P. M. (1997). Transport of dissolved organic matter through a sandy forest soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, p. 920-927.
- DU, X., LOISELLE, D., ALESSI, D. S., FAAMARZI, M. (2020). Hydro-climate and biogeochemical processes control watershed organic carbon inflows: Development of an in-stream organic carbon module coupled with a process-based hydrologic model. *Science of the Total Environment.*, 718, p. 1-12.
- DU, X., SHRESTHA, N. K., FICKLIN, D. L., WANG, J. (2018). Incorporation of the equilibrium temperature approach in a soil and water assessment tool hydroclimatological stream temperature model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, p. 2343-2357.
- DU, X., SHRESTHA, N. K., WANG, J. (2019). Integrating organic chemical simulation module into SWAT model with application for PAHs simulation in Athabasca oil sands region, Western Canada. *Environ. Model Softw.*, 111, p. 432-443.
- ECKARD, R. S., BERGAMASCHI, B. A., PELLERIN, B., SPENCER, R. G., DYDA, R., HERNES, P. J. (2020). Organic Matter Integration, Overprinting, and the Relative Fraction of Optically Active Organic Carbon in a Human-Impacted Watershed. *Frontiers in Earth Science*, 8, p. 67.
- EDOKPA, D. A., EVANS, M. G., ROTHWELL, J. J. (2015). High fluvial export of dissolved organic nitrogen from a peatland catchment with elevated inorganic nitrogen deposition. *Science of The Total Environment*, Vol. 532, p. 711-722.
- EJARQUE, E., FREIXA, A., VAZQUEZ, E., GUARCH, A., AMALFITANO, S., FAZI, S., ROMANÍ, A. M., BUTTURINI, A. (2017). Quality and reactivity of dissolved organic matter in a Mediterranean river across hydrological and spatial gradients. *Sci. Total Environ.*
- ENSIGN, S. H., DOYLE, M. W., GARDNER, J. R. (2017). New strategies for measuring rates of environmental processes in rivers, lakes, and estuaries. *Freshwater Science*, 36, p. 453–465.
- ERLANDSSON, M., CORY, N., KHÖLER, S., BISHOP, K. (2010). Direct and indirect effects of increasing dissolved organic carbon levels on pH in lakes recovering from acidification. *Journal of Geophysical Research.*
- ESRI (2021). ArcMap 10.6.1. [online]. [cit. 2021-2-1]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>
- ETHERIDGE, J. R., BIRGAND, F., BURCHEL, M. R. (2015). Quantifying nutrient and suspended solids fluxes in a constructed tidal marsh following rainfall: The value of capturing the rapid changes in flow and concentrations. *Ecological Engineering*, 78, p. 41-52.

- EVANS, C. D., JENKINS, A., WRIGHT, R. F. (2000). Surface water acidification in the south Pennines I. Current status and spatial variability. *Water Air Soil Pollution Focus* 4, p. 11-20.
- EVANS, C. D., MONTEITH, D. T., COOPER, D. M. (2005). Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*, Vol. 137, p. 55-71.
- EVANS, CH. D., MONTEITH, D. T., REYNOLDS, B., CLARK, J. M. (2008). Buffering of recovery from acidification by organic acids. *Science of The Total Environment*, p. 316-325.
- EVANS, J. D. (1996). Straightforward statistics for the behavioral sciences [online]. Pacific Grove: Brooks/Cole Pub. Co [cit. 2022-6-5]. Dostupné z: <http://www.worldcat.org/title/straightforward-statistics-for-the-behavioralsciences/oclc/32465263>
- FELLMAN, J. B., HOOD, E., EDWARDS, R. T., D'AMORE, D. V. (2009). Changes in the concentration, biodegradability, and fluorescent properties of dissolved organic matter during stormflows in coastal temperate watersheds. *J. Geophys. Res.*, 114, p. G01021.
- FENNER, N., MEADHAM, J., JONES, T., HAYES, F., FREEMAN, C. (2021). Effects of Climate Change on Peatland Reservoirs: A DOC Perspective. *Global Biochemical Cycles*, p. 23.
- FERDA, J., HLADNÝ, J., BUBENÍČKOVÁ, L., PEŠEK, J. (1971). Odtokový režim a chemismus vod v povodí Horní Otavy se zaměřením na výskyt rašelinišť. Sborník prací HMÚ, sv. 17, HMÚ, Praha, p. 22-126.
- FERRETTO, A., BROOKER, R., MATTHEWS, R., SMITH, P. (2021). Climate change and drinking water from Scottish peatlands: Where increasing DOC is an issue? *Journal of Environmental Management*.
- FINDLAY, S., SINSABAUGH, R. L. (2003). *Aquatic Ecosystems: Interactivity of Dissolved Organic Matter*. Academic Press.
- FRAINDOVÁ, K. (2022). Osobní konzultace, rady při projednávání použitých metod, poskytnutí obrázků. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.
- FRAINDOVÁ, K., MATOUŠKOVÁ, M., KLIMENT, Z., VLČEK, L., VLACH, V., SPRINGEROVÁ, P. (2020). Headwaters biogeochemistry focused on different rainfall-runoff conditions and role of waterlogged areas: Czech mountains comparative study. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 65, p. 64.
- FREEMAN, C., EVANS, C. D., MONTEITH, D. T., REYNOLDS, B., FENNER, N. (2001). Export of organic carbon from peat soils. *Nature* 412, p. 785–786.
- FREEMAN, C., FENNER, N., OSTLE, N. J., KANG, H., DOWRICK, D. J., REYNOLDS, B., LOCK, M. A., SLEEP, D., HUGHES, S., HUDSON, J. (2004). Export of dissolved organic carbon from peatlands under elevated carbon dioxide levels. *Nature* 430 (6996), p. 195-198.
- FRYČOVÁ, K. (2012). Porovnání dvou různých způsobů frakcionace půdní organické hmoty. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzikální a makromolekulární chemie.
- Geoportál CENIA (2019). Půdní mapa 1:250 000. Národní geoportál INSPIRE [online]. [cit. 2022-02-6]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- GLEESON, T., WADA, Y., BIERKENS, M. F., VAN BEEK, L. P. (2012). Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*, 488, p. 197.
- GRANADOS, V., GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C., ARIAS-REAL, R., OBRADOR, B., HARJUNG, A., BUTTURINI, A. (2020). The interruption of longitudinal

hydrological connectivity causes delayed responses in dissolved organic matter. *Science of the Total Environment*, 713.

- GUARCH-RIBOT, A., BUTTURINI, A. (2016). Hydrological conditions regulate dissolved organic matter quality in an intermittent headwater stream. From drought to storm analysis. *Sci. Total Environ.*, 571.
- GUGGENBERGER, G., ZECH, W. (1994). Composition and dynamics of dissolved organic carbohydrates and lignin-degradation products in two coniferous forests, N.E. Bavaria, Germany. *Soil Biol. Biochem.* 26, p. 19-27.
- HAEI, M., ÖQUIST, M. G., BUFFAM, I., ÅGREN, A., BLOMKVIST, P., BISHOP, K., LÖFVENIUS, M. O., LAUDON, H. (2010). Cold winter soils enhance dissolved organic carbon concentrations in soil and stream water. *Geophysical Research Letters*.
- HAIS, M. (2004). Vliv odvodnění na funkce krajiny v oblasti NP Šumava. Collection of Scientific Papers. Faculty of Agriculture in České Budějovice. Series for Crop Sciences. Special Issue: Agroregion, svazek 21, č. 2-3, p. 343-346.
- HAIS, M. (2008a). Vliv odlesnění a odumírání horských smrčín na teploty krajinného krytu a možné důsledky pro formování odtoku v oblasti centrální Šumavy. In LANGHAMMER, J (Ed.), Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. PřF UK, Praha, p. 137-143.
- HAIS, M. (2008b). Vývoj a spektrální projevy odlesnění centrální Šumavy hodnocené prostřednictvím DPZ a GIS. Disertační práce, PřF UK, KFGG, Praha, p. 140.
- HARRISON, J. A., CARACO, N., SEITZINGER, S. P. (2005). Global patterns and sources of dissolved organic matter export to the coastal zone: results from a spatial explicit, global model. *Glob. Biogeochem. Cycles* 19.
- HEJZLAR, J., DUBROVSKÝ, M., BUCHTELE, J., RŮŽIČKA M. (2003). The apparent and potential effects of climate change on the inferred concentration of dissolved organic matter in a temperate stream (the Malse River, South Bohemia). *The Science of the Total Environment*, 310 (1–3), p. 143-152.
- HELLIWELL, R. C., DAVIES, J. J. L., EVANS, C. D., JENKINS, A., COULL, M. C., REYNOLDS, B., NORRIS, D., FERRIER, R. C. (2007a). Spatial and seasonal variation in nitrogen leaching and acidity across four acid-impacted regions of the UK. *Water Air Soil Pollut.* 185, p. 3-19.
- HELLIWELL, R. C., COULL, M. C., DAVIES, J. J. L., EVANS, C. D., NORRIS, D., FERRIER, R. C., JENKINS, A., REYNOLDS, B. (2007b). The role of catchment characteristics in determining surface water nitrogen in four upland regions in the UK. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, p. 356-371.
- HENSLEY, R. T., KIRK, L., SPANGLER, M., GOOSELL, M. N., COHEN, M. J. (2019b). Flow Extremes as Spatiotemporal Control Points on River Solute Fluxes and Metabolism. *JGR Biogeosciences*.
- HENSLEY, R. T., SPANGLER, M. J., DEVITO, L. F., DECKER, P. H., COHEN, M. J., GOOSEFF, M. N. (2019a). Evaluating spatiotemporal variation in water chemistry of the upper Colorado River using longitudinal profiling. *Hydrological Processes*.
- HOLDEN, J., BURT, T. P. & COX, N. J. (2001). Macroporosity and infiltration in blanket peat: the implications of tension disc infiltrometer measurements. *Hydrological Processes* 15, p. 289-303.
- HOLDEN, J., SMART, R. P., DINSMORE, K. J., BAIRD, A. J., BILLETT, M. F., CHAPMAN, P. J. (2012). Natural pipes in blanket peatlands: Major point sources for the release of carbon to the aquatic system. *Glob. Chang. Biol.*, p. 3568–3580.

- HOOD, E., GOOSEFF, M. N., JOHNSON, S. L. (2006). Changes in the character of stream water dissolved organic carbon during flushing in three small watersheds. Oregon. *J. Geophys. Res.*, 111, p. G01007.
- HOULE, D., KHADRA, M., MARTY, CH., COUTURE, S. (2020). Influence of hydro-morphologic variables of forested catchments on the increase in DOC concentration in 36 temperate lakes of eastern Canada. *Science of The Total Environment*, p. 10.
- CHÁBERA, S. et al. (1987). *Příroda na Šumavě*. Jihočeské nakladatelství. České Budějovice, p. 182.
- CHAPMAN, P. J., REYNOLDS, B., WHEATER, H. S. (1995). The seasonal variation in soil water acid neutralizing capacity in peaty podzols in mid-Wales. *Water Air Soil Pollut.* 85, p. 1089-1094.
- CHEN, J., CHANG, H. (2019). Dynamics of wet-season turbidity in relation to precipitation, discharge, and landcover in three urbanizing watersheds, Oregon. *River Res Applic.*, 35, p. 892–904.
- CHOWDHURY, S., CHAMPAGNE, P., MCLELLAN, P. J. (2009). Models for predicting disinfection by product (DBP) formation in drinking waters: a chronological review. *Science of The Total Environment*, p. 4189-4206.
- INAMDAR, S. P., MITCHELL, M. J. (2007). Storm event exports of dissolved organic nitrogen (DON) across multiple catchments in a glaciated forested watershed. *J. Geophys. Res.* 112, G02014.
- JENNINGS, E., DE EYTO, E., MOORE, T., DILLANE, M., RYDER, E., ALLOT, N., NIC AONGHUSA, C., ROUEN, M., POOLE, R., PIERSON, D. C. (2020). From Highs to Lows: Changes in Dissolved Organic Carbon in a Peatland Catchment and Lake Following Extreme Flow Events. *Water* 2020, 12, 2843.
- JUHLS, B., STEDMON, C. A., MORGENSTERN, A., MEYER, H., HÖLEMANN, J., HEIM, B., POVAZHNYI, V., OVERDUIN, P. P. (2020). Identifying Drivers of Seasonality in Lena River Biogeochemistry and Dissolved Organic Matter Fluxes. *Frontier Environmental Science*.
- JUTRAS, M.-F., NASR, M., CASTONGUAY, M., PIT, CH., POMEROY, J.H., SMITH, T.P., ZHANG, CH., RITCHIE, CH.D., MENG, F.-R., CLAIR, T.A., ARP, P.A. (2011). Dissolved organic carbon concentrations and fluxes in forest catchments and streams: DOC-3 model. *Ecological Modelling*, p. 2291-2313.
- KAISER, K. (1996). Sorption gelöster organischer Substanzen (DOM) in Waldböden. *Bayreuther Bodenkundliche Berichte*, Band 49.
- KAISER, K., ZECH, W. (1997). About the sorption of dissolved organic matter to forest soils. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 160, p. 295-301.
- KALBITZ, K., SOLINGER, S., PARK, J. H., MICHALZIK, B., MATZNER, E. (2000). Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review, *Soil Sci.* 165, p. 277–304.
- KANG, H., KWON, M. J., KIM, S., LEE, S., JONES, T. G., JOHNCOCK, A. C., HARAGUCHI, A., FREEMAN, CH. (2018). Biologically driven DOC release from peatlands during recovery from acidification. *Nature Communications*.
- KAPLAN, L. A., NEWBOLD, J. D., VAN HORN, D. J., DOW, C. L., AUFDENKAMPE, A. K, JACKSON, J. K. (2006). Organic matter transport in New York City drinking-water-supply watersheds. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 25.
- KEYS, T. A., CAUDILL, M. F., SCOTT, D. T. (2019). Storm effects on nitrogen flux and longitudinal variability in a river–reservoir system. *River Research and Applications*.

- KLEČKA, A. (1928). Agrobotanická studie o Rokytiských rašelinách. Sborn. čs. Akad. zeměd. 3, p. 195–269.
- KNEALE, P. T., MCDONALD, A. T. (1999). Bridging the gap between science and management in upland catchments T. Trudgill, D.E. Walling, B.W. Webb (Eds.), Water Quality: Processes and Policy, John Wiley and Sons, Chichester, p. 121-133.
- KOCUM, J. (2012). Tvorba odtoku a jeho dynamika v pramenné části Otavy. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, p. 208.
- KOCUM, J., JANSKÝ, B. (2008). Retence vody v pramenných oblastech vodních toků. In LANGHAMMER, J (Ed.), Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, s. 41-58
- KOCUM, J., JANSKÝ, B., VLČEK, L., DOLEŽAL, T. (2018). Hydrological Function of a Midlatitude Headwater Peatland, Peat, Bülent Topcuoğlu and Metin Turan, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.77240. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/62205>
- KOCUM, J., OULEHLE, F., JANSKÝ, B., BŮZEK, F., HRUŠKA, J. & VLČEK, L. (2016). Geochemical evidence for peat bog contribution to streamflow generation process: case study of Vltava River headwaters, Czech Republic. Hydrological Sciences Journal, 61, p. 2579–2589.
- KOČÁRKOVÁ, T. (2016). Změny biochemismu v pramenných oblastech. Aplikace v experimentálním povodí horní Rolavy. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká univerzita. Katedra fyzické geografie a geoekologie.
- KÖHLER, S. J., BUFFAM, I., SIEBERT, J., BISHOP, K. H., LAUDON, H. (2009). Dynamics of stream water TOC concentrations in a boreal headwater catchment: Controlling factors and implications for climate scenarios. Journal of Hydrology 373, p. 44-56.
- Konsolidovaná vrstva ekosystémů (KVES) [elektronická geografická data] (2013). Praha. CzechGlobe, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Detailní data krajinného pokryvu v 41 definovaných kategoriích na území ČR.
- KOZAK, C., FERNANDES, C. V. S., BRAGA, S. M., DO PRADO, L. L., FROEHLNER, S., HILGERT, S. (2019). Water quality dynamic during rainfall episodes: integrated approach to assess diffuse pollution using automatic sampling. Springer.
- KROPÁČEK, J., HEJZLAR, J., KAŇA, J., NORTON, S. A., STUHLÍK, E. (2015). Effect of acidic deposition on in-lake phosphorus availability: A lesson from lakes recovering from acidification. Environmental Science & Technology, p. 2895-2903.
- KROPÁČEK, J., HEJZLAR, J., PORCAL, P., ZNACHOR, P. (2021). Biogeochemical causes of sixty-year trends and seasonal variations of river water properties in a large European basin. Biogeochemistry, p. 81-98.
- KUBÍČEK, J. (2006). Analýza srážkových dat z centrální Šumavy. Diplomová práce. ČZU, Praha, p. 83.
- KUČEROVÁ, A., KUČERA, T., HÁJEK, T. (2009). Mikroklima a kolísání hladiny podzemní vody v centrální části Rokytecké slati. In: Černý, D., Dvořák, L.: Weitfällerské slatě. Sborník z výzkumu na Šumavě, 2. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk.
- KUITERS, A. T. (1993). Dissolved organic matter in forest soils: Sources, complexing properties and action on herbaceous plants. Chem. Ecol. 8, p. 171-184.
- LAMPARTER, A., BACHMANN, J., WOCHE, S. K., GOEBEL, M. O. (2014). Biogeochemical interface formation: Wettability affected by organic matter sorption and microbial activity. Vadose Zone J. 13.

- LARSEN, S., ANDERSEN, T., HESSEN, D. O. (2011). Climate change predicted to cause severe increase of organic carbon in lakes. *Glob. Chang. Biol.*, 17, p. 1186-1192.
- LAUDON, H., TETZLAFF, D., SOULSBY, CH., CAREY, S., SEIBERT, J., BUTTLE, J., SHANLEY, J., MCDONNELL, J., MCGUIRE, K. (2013). Change in winter climate will affect dissolved organic carbon and water fluxes in mid-to-high latitude catchments. *Hydrological Processes*, p. 700-709.
- LAVIČKOVÁ, Š. (2012). Vliv údolních nádrží na společenstva říčního toku. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Katedra ekologie. Obor ekologická a evoluční biologie.
- LEE, M.-H., LEE, Y.-K., DERRIEN, M., CHOI, K., SHIN, K. H., JANG, K.-S., HUR, J. (2019). Evaluating the contributions of different organic matter sources to urban river water during a storm event via optical indices and molecular composition. *Water Research*.
- LEHMANN-KONERA, S., KOCIUBA, W., CHMIEL, S., FRAN CZAK, Ł., POLKOWSKA, Ž. (2019). Concentrations and loads of DOC, phenols and aldehydes in a proglacial arctic river in relation to hydro-meteorological conditions. A case study from the southern margin of the Bellsund Fjord – SW Spitsbergen. *Catena*, Vol. 174., p. 117-129.
- LESSELS, J. S., TETZLAFF, D., CAREY, S. K., SMITH, P., SOULSBY, C. (2015). A coupled hydrology-biogeochemistry model to simulate dissolved organic carbon exports from a permafrost-influenced catchment. *Hydrol. Process.*, 29, p. 5383-5396.
- LIECHTY, H. O., KUUSEOKS, E., MROZ, G. D. (1995). Dissolved organic carbon in northern hardwood stands with differing acidic inputs and temperature regimes, *J. Environ. Qual.* 24, p. 927 – 933.
- LÖFGREN, S., ZETTERBERG, T. (2011). Decreased DOC concentrations in soil water in forested areas in southern Sweden during 1987-2008. *Science of the Total Environment*, p. 1916-1926.
- LOISELLE, D., DU, X., ALESSI, D. S., BLADON, K. D., FARAMARZI, M. (2020). Projecting impacts of wildfire and climate change on streamflow, sediment, and organic carbon yields in a forested watershed. *Journal of Hydrology*.
- LUNDQUIST, E. J., JACKSON, L. E., SCOW, K. M. (1999). Wet-dry cycles affect dissolved organic carbon in two California agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.* 31, p. 1031-1038.
- LUNDSTRÖM, U. S., VAN BREEMAN, N., BAIN, D. (2000). The podzolization process. A review. *Geoderma* 94, p. 91 – 107.
- MAIA, S. M. F., GONZAGA, G. B. M., SILVA, L. K. DOS S., LYRA, G. B., GOMES, T. C. DE A. (2019). Soil organic carbon temperature sensitivity of different soil types and land use systems in the Brazilian semi-arid region. *Soil Use and Management*.
- MALAGÓ, A., BOURAOUI, F., VIGIAK, O., GRIZZETTI, B., PASTORI, M. (2017). Modelling water and nutrient fluxes in the Danube River Basin with SWAT. *Sci. Total Environ.*, 603, p. 196-218.
- MAPY.CZ (2022). Základní mapa. [online]. [cit. 2022-2-5]. Dostupné: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8>
- MATTSON, T., KORTELAJINEN, P., RÄIKE, A., LEPISTÖ, A., THOMAS, D. N. (2015). Spatial and temporal variability of organic C and N concentrations and export from 30 boreal rivers induced by land use and climate. *Science of the Total Environment*, Vol. 508, p. 145-154.

- MCCARTNEY, A. G., HARRIMAN, R., WATT, A. W., MOORE, D. W., TAYLOR, E. M., COLLEN, KEAY, E. J. (2003). Long-term trends in pH, aluminium and dissolved organic carbon in Scottish fresh waters; implications for brown trout (*Salmo trutta*) survival. *The Science of the Total Environment* 310, p. 133-14.
- MCDONOUGH, L. K., SANTOS, I. R., ANDERSEN, M. S., O'CARROLL, D. M., RUTLIDGE, H., MEREDITH, K., OUDONE, P., GOODDY, D. C., SORENSEN, J. P. R., LAPWORTH, D. J., MACDONALD, A. M., WARD, J., BAKER, A. (2020). Changes in global groundwater organic carbon driven by climate change and urbanization. *Nature Communications*.
- MEHAN, R. AGGARWAL, M. W. GITAUC, D. C. FLANAGAN, C. W. WALLACE, J. R. FRANKENBERGER (2019). Assessment of hydrology and nutrient losses in a changing climate in a subsurface-drained watershed. *Science of the Total Environment*, 688, p. 1236-1251.
- MESHESHA, T. W., WANG, J., MELAKU, N. D. (2020). Modelling spatiotemporal patterns of water quality and its impacts on aquatic ecosystem in the cold climate region of Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*.
- MICROSOFT CORPORATION (2016): Microsoft Office. [online]. [cit. 2022-6-5]. Dostupné z: <https://www.office.com/?auth=2>
- MÍKA, D. (2019). Variabilita krátkovlnné a dlouhovlnné radiace na plochách s různou strukturou lesa na Šumavě během tání sněhu. *Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta, obor Geografie a kartografie*, p. 65.
- MILITKÝ, J. [online]. *Analýza hlavních komponent – PCA (učební materiál)*. Technická univerzita v Liberci, katedra textilních materiálů [cit. 2022-5-25]. Dostupné z: <https://meloun.upce.cz/docs/license/sylaby-predmetu/militky/pca.pdf>
- MITCHELL, G. N. (1990). Natural discolouration in freshwater: chemical composition and environmental genesis. *Prog Phys Geogr* 14, p. 317-334.
- MONTEITH, D. T., HENRYS, P. A., EVALNS, CH. D., MALCOLM, I., SHILLAND, E. N., PEREIRA, M. G. (2015). Spatial controls on dissolved organic carbon in upland waters inferred from a simple statistical model. *Biogeochemistry* 123, p. 363–377.
- MONTEITH, D. T., STODDARD, J. L., EVANS, CH. D, et al. (2007). Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature* 450 (7169), p. 537-540.
- MORAETIS, D., EFSTATHIOU, D., STAMATI, F., TZORAKI, O., NIKOLAIDIS, N. P., SCHNOOR, J. L., VOZINAKIS, K. (2010). High-frequency monitoring for the identification of hydrological and bio-geochemical processes in a Mediterranean river basin. *Journal of Hydrology*, 389(1-2), p. 127–136.
- MOSHER, J. J., KAPLAN, L. A., PODGORSKI, D. C., MCKENNA, A. M., MARSHALL, A. G. (2015). Longitudinal shifts in dissolved organic matter chemogeography and chemodiversity within headwater streams: a river continuum reprise. *Biogeochemistry*, 124, p. 371-385.
- MOSLEY, L. M. (2015). Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews*, p. 203-2014.
- MUSOLFF, A., FLECKENSTEIN, J. H., OPITZ, M., BÜTTNER, O., KUMAR, R., TITTEL, J. (2018). Spatio-temporal controls of dissolved organic carbon stream water concentrations. *Journal of Hydrology*, p. 205-215.
- NĚMEČEK, J. et al. (2001). *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 78.
- NĚMEČEK, J. (2002). Jednotná klasifikace půd. *Rostl. Výr*, 48, p. 327-328.

- NETOPIĽ, R., BRÁZDIL, R., DEMEK, J., PROŠEK, P. (1984). Fyzická geografie I. Praha, SPN, p. 273.
- NGUYEN, T. H., HELM, B., HETTIARACHCHI, H., CAUCCI, S., KREBS, P. (2020). Quantifying and Information Content of a Water Quality Monitoring Network Using Principal Component Analysis: A Case Study of the Freiberg Mulde River Basin Germany. *Water*, 12(2).
- NOVÁK, F., ŠESTAUBEROVÁ, M. (2013). Huminové látky v povodí Rašelíniku (obora Fláje, Krušné hory). Biologické centrum AV ČR, v.v.i.
- OULEHLE, F., JONES, T. G., BURDEN, A., COOPER, M. D. A., LEBRON, I., ZIELIŃSKI, P., EVANS, C. D. (2013). Soil–solution partitioning of DOC in acid organic soils: results from a UK field acidification and alkalization experiment. *European Journal of Soil Science*, p. 787-796.
- OULEHLE, F., TAHOVSKÁ, K., CHUMAN, T., EVANS, C.D., HRUŠKA, J., RŮŽEK, M., BÁRTA, J. (2018). Comparison of the impacts of acid and nitrogen additions on carbon fluxes in European conifer and broadleaf forests. *Environmental Pollution*, p. 884-893.
- PARSA, M. M., POURFAKHAR, H., BAGHDADI, M. (2020). Application of graphene oxide nanosheets in the coagulation-flocculation process for removal of Total Organic Carbon (TOC) from surface water. *Journal of Water Process Engineering* 37, 101367.
- PATRICK, S., WATERS, D., JUGGINS, S., JENKONS, A. (1991). The United Kingdom Acid Waters Monitoring Network: site descriptions and methodology report. ENSIS Ltd, London, p. 63.
- PEKEL, J.-F., COTTAM, A., GORELICK, N., BELWARD, A. S. (2016). Belward High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540, p. 418.
- PIVOKONSKÝ, M., PIVOKONSKÁ, L., BUBÁKOVÁ, P., JANDA, V. (2010). Úprava vody s obsahem huminových látek. *Chem. Listy* 104, p. 1015-1022.
- PLÍVA, K. (1987). Typologický klasifikační systém ÚHUL. Brandýs nad Labem.
- PORCAL, P., KOPRIVNĀK, J.-F., MOLOT, L. A., DILLON, P. J. (2009). Humic substances-part 7: the biogeochemistry of dissolved organic carbon and its interactions with climate change. *Environ Sci Pollut Res Int*.
- PREGITZER, K. S., ZAK, D. R., BURTON, A. J., ASHBY, J. A., MACDONALD, N. W. (2004). Chronic nitrate additions dramatically increase the export of carbon and nitrogen from northern hardwood ecosystems. *Biogeochemistry* 68, p. 179-197.
- PUCZKO, K., JEKATIERYN CZUK-RUDCZYK, E. (2020). Extreme Hydro-Meteorological Events Influence to Water Quality of Small Rivers in Urban Area: A Case Study in Northeast Poland. *Science reports*, 10, 10255.
- QASSIM, S. M., DIXON, S. D., ROWSON, J. G., WORRALL, F., EVANS, M. G., BONN, A. (2014). A 5-year study of the impact of peatland revegetation upon DOC concentrations. *Journal of Hydrology*, p. 3578-3590.
- QIN, C., LI, S.-L., WALDRON, S., YUE, F.-J., WANG, Z.-J., ZHONG, J., DING, H., LIU, C.-Q. (2020). High-frequency monitoring reveals how hydrochemistry and dissolved carbon respond to rainstorms at a karstic critical zone, Southwestern China. *Science of The Total Environment*, 714.
- QUALLS, R. G., HAINESB. L. (1991). Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, p. 1112-1123.
- QUITT, E. (1971). Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica ČSAV*, Brno, p. 80.

- R Core Team (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing [online]. [cit. 2022-6-12]. Dostupné online: <https://www.rproject.org/>
- RAMOS, T. B., GONÇALVES, M. C., BRANCO, M. A., BRITO, D., RODRIQUES, S., SÁNCHEZ-PÉREZ, J. M., SAUVAGE, S., PRAZERES, A., MARTINS, J. C., FERNANDES, M. L., PIRES, F. P. (2015). Sediment and nutrient dynamics during storm events in the Enxoé temporary river, southern Portugal. *Catena*, 127, p. 177–190.
- RAYMOND, P. A., SAIERS, J. E. (2010). Event controlled DOC export from forested watersheds. *Biogeochemistry*, p. 197–209.
- RAYMOND, P. A., SAIERS, J. E., SOBCZAK, W. V. (2016). Hydrological and biogeochemical controls on watershed dissolved organic matter transport: Pulse-shunt concept. *Ecology*, p. 5–16.
- RIECKH, H., GERKE, H. H., SIEMENS, J., SOMMER, M. (2014). Water and dissolved carbon fluxes in an eroding soil landscape depending on terrain position. *Vadose Zone J.* 13.
- ROSSET, T., BINET, S., ANTONIE, J.-M., LERIGOLEUR, E., RIGAL, F., GANDOIS, L. (2020). Drivers of seasonal- and event-scale DOC dynamics at the outlet of mountainous peatlands revealed by high-frequency monitoring. *Biogeosciences*, p. 3705-3722.
- ROSTAMI, S., HE, J., HASSAN, Q. K. (2018). Riverine water quality response to precipitation and its change. *Environments*, 5, p. 1-17.
- ROY, R. L., CAMPBELL, P. G. C. (1997). Decreased toxicity of Al to juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in acidic soft water containing natural organic matter: a test of the free-ion model. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16, pp. 1962-1969.
- RUDOLPH, J. C., ARENDT, C. A., HOUNSHELL, A. G., PAERL, H. W., OSBURN, CH. L. (2020). Use of Geospatial, Hydrologic, and Geochemical Modeling to Determine the Influence of Wetland-Derived Organic Matter in Coastal Waters in Response to Extreme Weather Events. *Frontiers in Marine Science*.
- RUDOLPH, K. (1929). Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt*, 45, p. 1–180.
- ŘÍHOVÁ, V. (2014). Acidifikace vodních ekosystémů. Diss. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.
- SARKKOLA, S., KOIVUSALO, H., LAURÉN, A. et al. (2009). Trends in hydrometeorological conditions and stream water organic carbon in boreal forested catchments. *Sci. Total Environ.* 409, p.92–101.
- SHORE, M., JORDAN, P., MELLAND, A. R., MELLANDER, P. E., MCDONALD, N., SHORTLE, G. (2016). Incidental nutrient transfers: assessing critical times in agricultural catchments using high-resolution data. *Sci. Total Environ.*, 553, p. 404-415.
- SHRESTHA, N. K., WANG, J. (2018). Predicting sediment yield and transport dynamics of a cold climate region watershed in changing climate. *Sci. Total Environ.*, 625, p. 1030-1045.
- SICIRICHI, G. M., KAUSHAL, S. S., MAYER, P. M., WELTY, C., BELT, K. T., NEWCOMER, T. A., NEXCOMB, K. D., GRESE, M. M. (2011). Longitudinal variability in streamwater chemistry and carbon and nitrogen fluxes in restored and degraded urban stream networks. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, p. 288-303.

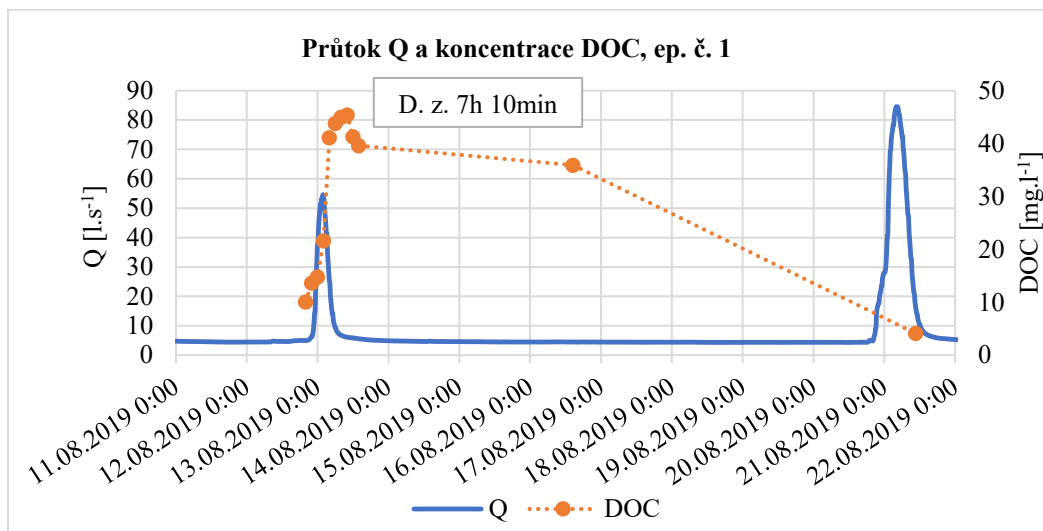
- SMITH, A., TETZLAFF, D., GELBRECHT, J., KLEINE, L., SOULSBY, CH. (2020). Riparian wetland rehabilitation and beaver re-colonization impacts on hydrological processes and water quality in a lowland agricultural catchment. *Science of The Total Environment*.
- SON, K., LIN, L., BAND, L., OWENS, E. M. (2019). Modelling the interaction of climate, forest ecosystem, and hydrology to estimate catchment dissolved organic carbon export. *Hydrol. Process.*, 33, p. 1448-1464.
- SOUKUPOVÁ, L. (1996). Developmental diversity of peatlands in Bohemian Forest. *Botanický ústav AV ČR*, p. 99-107.
- SOUKUPOVÁ, L., SVOBODOVÁ, H., JENÍK, J. (2001). Z ekologie a paleoekologie šumavských rašelinišť. *Botanický ústav AV ČR*, p. 15-21.
- STARÝ, M. (2005). *Hydrologie*. Brno.
- STEDMON, C. A., MARKAKER, S., SØNDERGAARD, M., VANG, T., LAUBEL, A., BORCH N. H., WINDELIN, A. (2006). Dissolved organic matter (DOM) export to a temperate estuary: seasonal variations and implications of land use. *Estuar. Coasts* 29, p. 388–400.
- STODDARD, J. L., KARL, J. S., DEVINEY, F. A., DEWALLE, D. R., DRISCOLL, C. T., HERLIHY, A. T., KELLOGG, J. H., MURDOCH, P. S., WEBB, J. R., WEBSTER, K. E. (2003). Response of surface water chemistry to the Clean Air Act Amendments of 1990. Report EPA 620/R-03/001. United States Environmental Protection Agency, North Carolina
- STRÅÅT, K.D., MÖRTH, C.-M., UNDEMAN, E. (2018). Future export of particulate and dissolved organic carbon from land to coastal zones of the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, p. 8-20.
- SU, Y., LANGHAMMER, J., JARSJÖ, J. (2017). Geochemical responses of forested catchments to bark beetle infestation: Evidence from high frequency in-stream electrical conductivity monitoring. *Journal of Hydrology*, 550, p. 635–649.
- SU, Y., LANGHAMMER, J., JARSJÖ, J. (2017). Geochemical responses of forested catchments to bark beetle infestation: Evidence from high frequency in-stream electrical conductivity monitoring. *Journal of Hydrology*, 550, p. 635-649.
- ŠAJNAROVÁ, L. (2021). Vliv hydrologických extrémů na kvalitu povrchových vod v pramenných oblastech. Aplikace v modelovém povodí horní Rolavy. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká univerzita. Katedra fyzické geografie a geoekologie.
- ŠEFRNA, L. (2004). Pedologická charakteristika povodí Otavy ve vztahu k povodním. In: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03, p. 196–212.
- ŠEFRNA, L. (2004). Pedologická charakteristika povodí Otavy ve vztahu k povodním. In Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03: Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. GAČR, p. 196-212.
- ŠPRINGEROVÁ, P. (2016). Koncentrace organického uhlíku v horských a podhorských vodních tocích. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF UK, Praha, p. 73.
- ŠPRINGEROVÁ, P. (2019). Změny koncentrací organického uhlíku v povrchových vodách v pramenných oblastech. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF UK, Praha, p. 147.
- TIPPING, E., WOOF, C., RIGG, E., HARRISON, A. F. (1999). Climatic influences on the leaching of dissolved organic matter from upland UK moorland soils, investigated by a field manipulation experiment. *Environment International* 25, p. 83-95.

- TOLASZ, R., MÍKOVÁ, T., VALERIÁNOVÁ, A., VOŽENÍLEK, V. (2007). Atlas podnebí Česka. ČHMÚ a UP Olomouc. Praha, p. 256.
- TOMÁŠEK, M. (2003). Půdy České Republiky. Česká geologická služba., Praha, p. 68.
- TONHAUSEROVÁ, Z. (2013). Metoda hlavních komponent a její aplikace. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta, katedra matematické analýzy a aplikací matematiky, p. 68.
- TURNER, R. E., BAUSTIAN, J. J., SWENSON E. M., SPICER, J. S. (2006). Wetland sedimentation from hurricanes Katrina and Rita Science, 314, p. 449-452.
- Univerzita Palackého v Olomouci – studijní materiál (2009). Stanovení obsahu organického uhlíku (TOC) a chlorofylu a. Aplikace analytických metod do výuky hydrobiologie.
- Ústav pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHUL), Brandýs nad Labem (2022) [online]. Lesnická typologie ekosystémů [elektronická geografická data]. [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/lesnicka-typologie>
- VAN DEN BERG, L. J. L., SHOTBOLT, L., ASHMORE, M. R. (2012). Dissolved organic carbon (DOC) concentrations in UK soils and the influence of soil, vegetation type and seasonality. Science of the Total Environment, 427-428, p. 269-276.
- VAN GAELLEN, N., VERHEYEN, D., RONCHI, B., STRUYF, E., GOVES, G., VANDER-BORGHT, J., DIELS, J. (2014). Identifying the transport pathways of dissolved organic carbon in contrasting catchments. Vadose Zone J., 13.
- VANCE, G. F., DAVID, M. B. (1991). Chemical characteristics and acidity of soluble organic substances from northern hardwood forest floor, central Maine U.S.A. Geochim. Cosmochim. Acta 55, p. 3611-3625.
- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R., CUSHING, C. E. (1980). The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, p. 130–137.
- VAUGHAN, M. C. H., BOWDEN, W. B., SHANLEY, J. B., VERMILYEA, A., SLEEPER, R., GOLD, A. J., PRADHANANG, S. M., INAMDAR, S. P., LEVIA, D. F., ANDRES, A. S., BIRGAND, F., SCHROTH, A. W. (2017). High-frequency dissolved organic carbon and nitrate measurements reveal differences in storm hysteresis and loading in relation to land cover and seasonality. Water Resour. Res., 53, p. 5345-5363.
- VAUGHAN, M. C. H., BOWDEN, W. B., SHANLEY, J. B., VERMILYEA, A., SCHROTH, A. W. (2019). Shining light on the storm: in-stream optics reveal hysteresis of dissolved organic matter character. Biochemistry, 143, p. 275-291.
- VLČEK, L. (2022). Konzultace, poskytnutí dat hladiny podzemní vody, rady při zpracovávání charakteristiky krajinného pokryvu a automatických odběráků ISCO. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.
- VLČEK, L., KOCUM, J., JÁNSKÝ, B., ŠEFRNA, L., KUČEROVÁ, A. (2012). Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště: případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, JZ. Česko. Geografie, 117, p. 395 – 414.
- VOSS, B. M., PEUCKER-EHRENBRINK, B., EGLINTON, T. I., SPENCER, R. G. M., BULYGINA, E., GALY, V., LAMBORG, C. H., GANGULI, P. M., MONTLUÇON, D. B., MARSH, S., GILLIES, S. L., FANSLAU, J., EPP, A., LUYMES, R. (2015). Seasonal Hydrology Drives Rapid Shifts in the Flux and Composition of Dissolved and Particulate Organic Carbon and Major and Trace Ions in the Fraser River, Canada. Copernic. Publ.

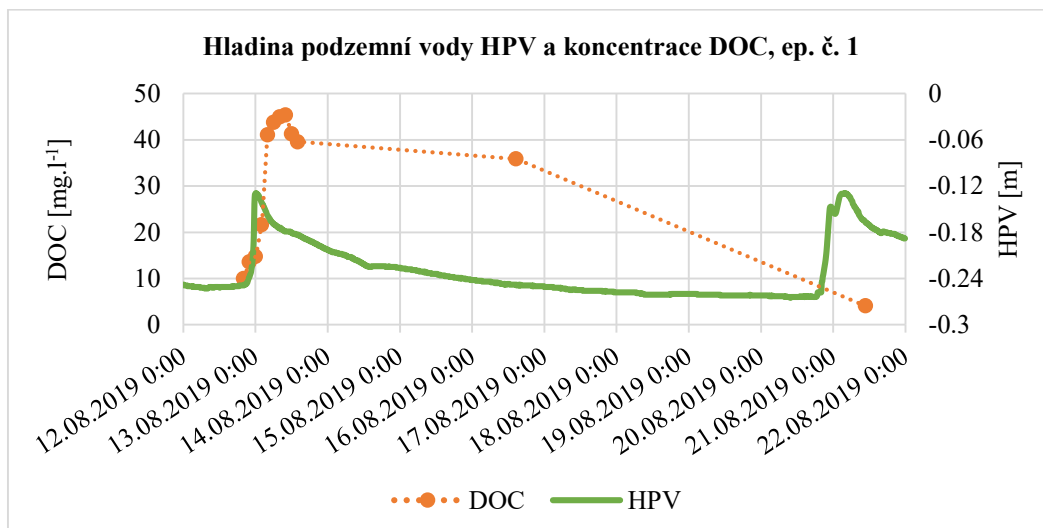
- Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. MASARYKA (2022). Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). [online]. [cit. 2022-01-18] Dostupné z: <http://www.dibavod.cz>
- WAGNER, S., FAIR, H. J., MATT, S., HOSEN, J. D., RAYMOND, P., SAIERS, J., SHANLEY, J. B., DITTMAN, T., STUBBINS, A. (2019). Molecular Hysteresis: Hydrologically Driven Changes in Riverine Dissolved Organic Matter Chemistry During a Storm Event. *JGR Biogeosciences*, p. 759-774.
- WALLAGE, Z. E., HOLDEN, J., MCDONALD, A. T. (2006). Drain blocking: An effective treatment for reducing dissolved organic carbon loss and water discolouration in a drained peatland. *Science of The Total Environment*, Vol. 367, p. 811-821.
- WEI, X., BAILEY, R. T., RECORDS, R. M., WIBLE, T. C., ARABI, M. (2018). Comprehensive simulation of nitrate transport in coupled surface-subsurface hydrologic systems using the linked SWAT-MODFLOW-RT3D model. *Environ. Model Softw.*
- WESTERHOFF, P., ANNING, D. (2000). Concentrations and characteristics of organic carbon in surface water in Arizona: influence of urbanization. *J. Hydrol.*, 236, p. 202-222.
- WISE, J. L., VAN HORN, D. J., DIEFENDORF, A. F., REGIER, P. J., LOWELL, T. V., DAHN, C. N. (2019). Dissolved organic matter dynamics in storm water runoff in a dryland urban region. *Journal of Arid Environments*, 165, p. 55-63.
- WORKU, T., KHARE, D., TRIPATHI, S. (2017). Modeling runoff–sediment response to land use/land cover changes using integrated GIS and SWAT model in the Beressa watershed. *Environ. Earth Sci.*, 76, p. 550.
- WORRALL, F., BURT, T. (2004). Time series analysis of long-term river dissolved organic carbon records. *Hydrological Processes* 18, p. 893-911.
- WORRALL, F., BURT, T. P. (2007). Trends in DOC concentration in Great Britain. *Journal of Hydrology* 346, p. 81-92.
- WORRALL, F., BURT, T. P., JAEBAN, R. Y., WARBURTON, J., SHEDDEN, R. (2002). Release of dissolved organic carbon from upland peat. *Hydrological Processes* 16: 3487– 3504.
- XU, J., MORRIS, P. J., LIU, J., LEDESMA, J. L. J., HOLDE, J. (2020). Increased Dissolved Organic Carbon Concentrations in Peat-Fed UK Water Supplies Under Future Climate and Sulfate Deposition Scenarios. *Water Resources Research*, p. 19.
- YANG, Q., ZHANG, X., XU, X., ASRAR, G. R. (2017). An Analysis of Terrestrial and Aquatic Environmental Controls of Riverine Dissolved Organic Carbon in the Conterminous United States. *Water* 9, 383.
- YU, M., BISHOP, T. F. A., VAN OGTROP, F. F. (2019). Assessment of the decadal impact of wildfire on water quality in forest catchments. *Water*, p. 1-17.
- YU, S., XU, Z., WU, W., ZUO, D. (2016). Effect of land use types on stream water quality under seasonal variation and topographic characteristics in the Wei River basin, China. *Ecological Indicators*, 60, P. 202-212.
- ZEIGER, S. J., HUBBART, J. A. (2016). A SWAT model validation of nested-scale contemporaneous streamflow, suspended sediment and nutrients from a multiple-land-use watershed of the central USA. *Sci. Total Environ.*, 572, p. 232-243.
- ZHANG, Z., FUKUSHIMA, T., ONDA, Y., MIZUGAKI, S., GOMI, T., KOSUGI, K. I., HIRAMATSY, S., KITAHARA, H., KURAJI, K., TERAJIMA, T., MATSUSHIGE, K., TAO, F. (2008). Characterisation of diffuse pollutions from forested watersheds in Japan during storm events—its association with rainfall and watershed features. *Science of the Total Environment*, 390(1), p. 215-226.

- ZHONG, Y., JIANG, M., MIDDLETON, B. A. (2020). Effects of water level alteration on carbon cycling in peatlands. *Ecosystems Health and Sustainability*.
- ZUECCO, G., PENNA, D., BORGA, M. (2018). Runoff generation in mountain catchments: Long-term hydrological monitoring in Rio Vauz Catchment, Italy. *Cuadernos de investigacion geografica*, p. 397 – 428.
- ZUECCO, G., PENNA, D., BORGA, M., VAN MEERVELD, H. J. (2016). A versatile index to characterize hysteresis between hydrological variables at the runoff event timescale. *Hydrological Processes*, 30, p 1449-1466.

Přílohy



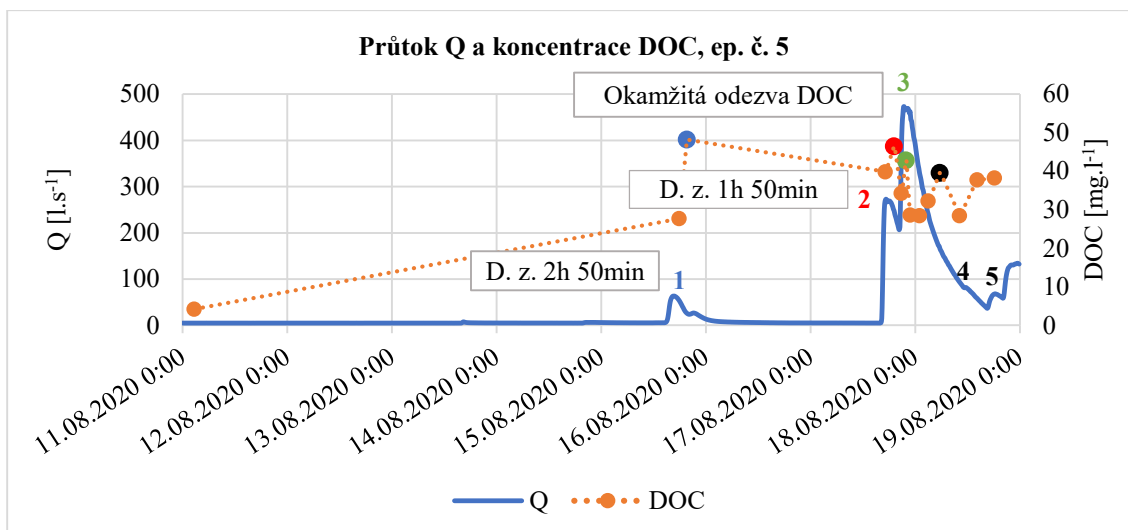
Příloha 1: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 1 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



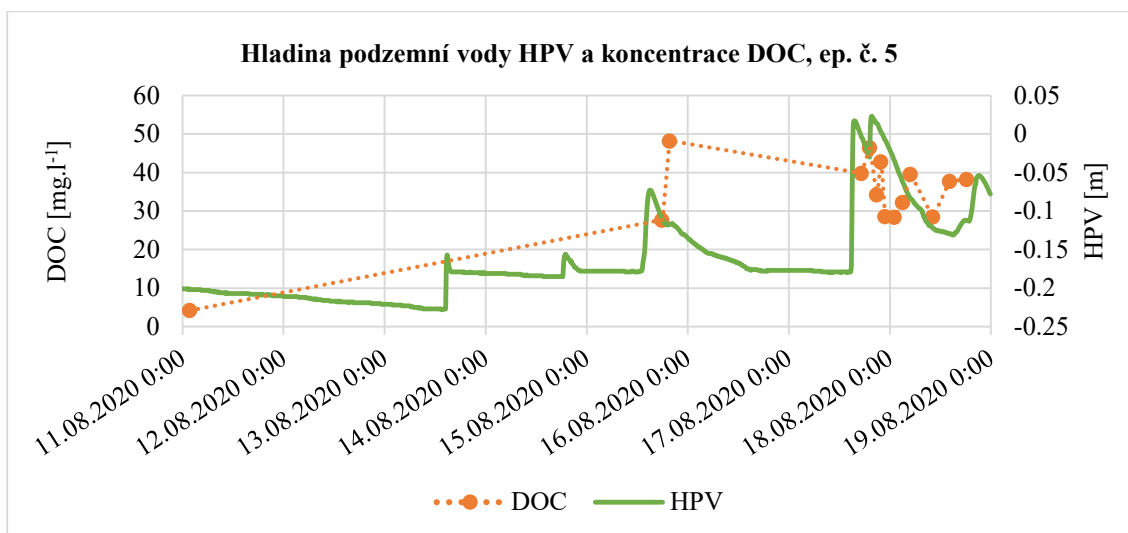
Příloha 2: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 1 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



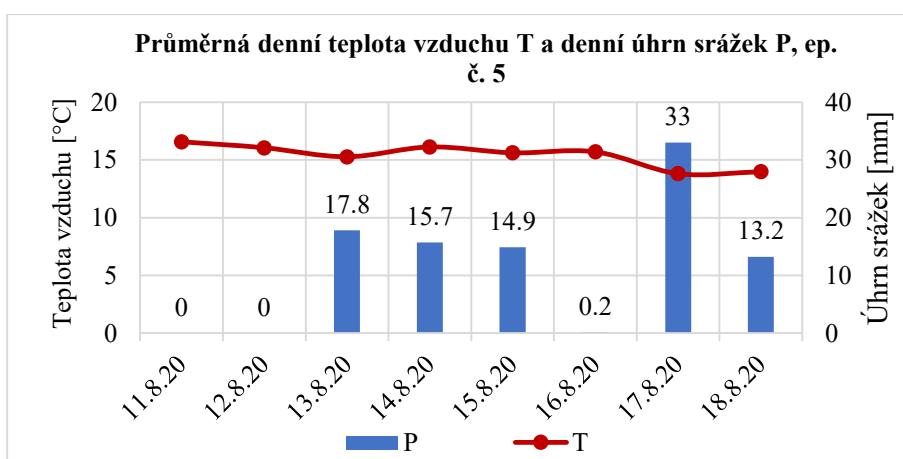
Příloha 3: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 1 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



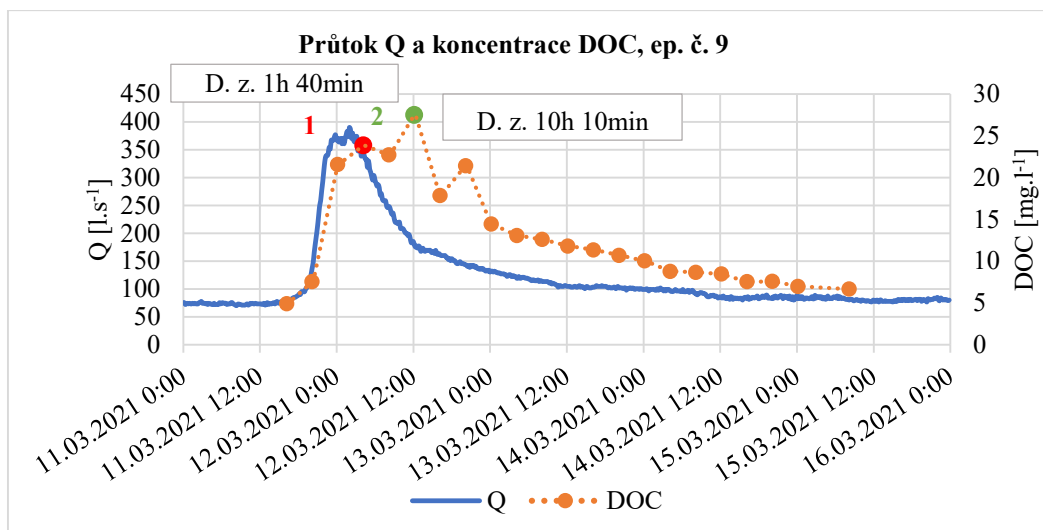
Příloha 4: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 5 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



Příloha 5: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 5 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



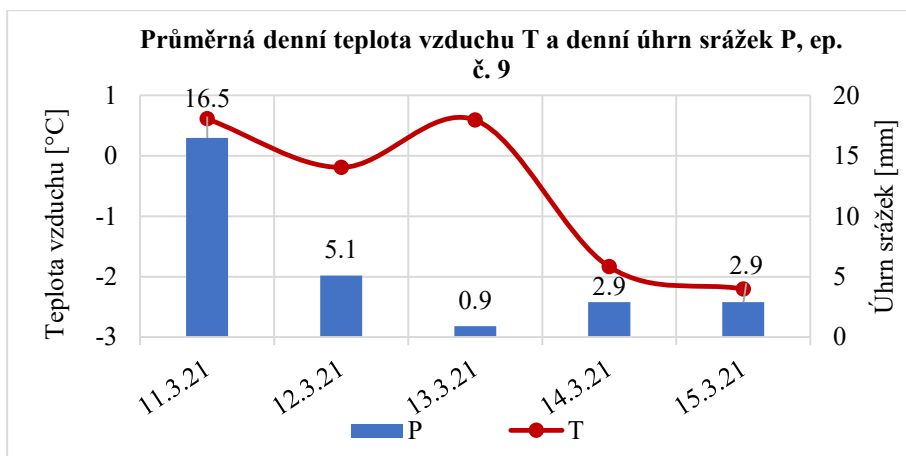
Příloha 6: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 5 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



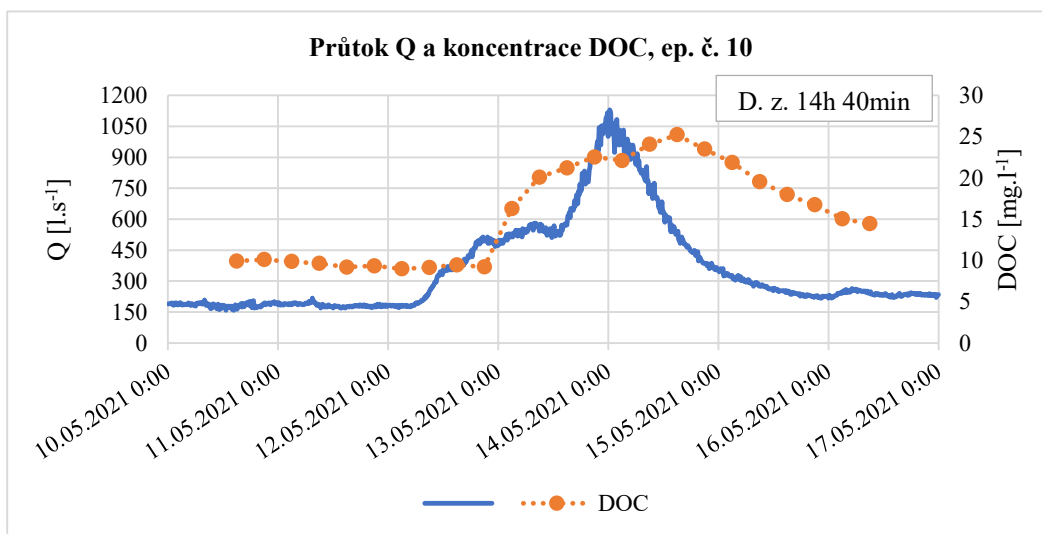
Příloha 7: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 9 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Rok	Měsíc	Průměr SCE [cm]
2020	prosinec	6.47
2021	leden	43.34
2021	únor	51.18
2021	březen	47.98
Č. ep. 9	Datum	Průměr SCE [cm]
Prekondice	25. 2. 2021	45.59
	26. 2. 2021	43.84
	27. 2. 2021	40.02
	28. 2. 2021	42.86
	1. 3. 2021	42.90
	2. 3. 2021	41.63
	3. 3. 2021	40.46
	4. 3. 2021	39.25
	5. 3. 2021	39.65
	6. 3. 2021	42.30
	7. 3. 2021	42.88
Průběh ep.	8. 3. 2021	41.33
	9. 3. 2021	41.45
	10. 3. 2021	43.05
	11. 3. 2021	43.15
	12. 3. 2021	42.76
	13. 3. 2021	42.38
	14. 3. 2021	46.68
	15. 3. 2021	49.02

Příloha 8: Průměrná výška sněhové pokrývky SCE, ep. č. 9 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



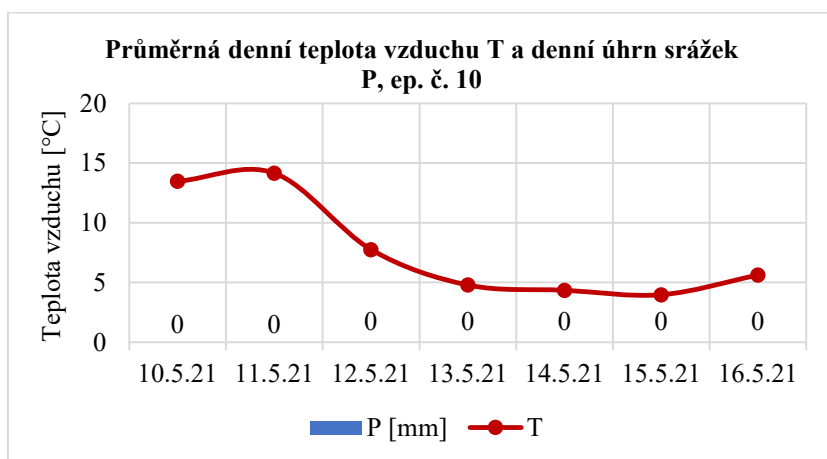
Příloha 9: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 9 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



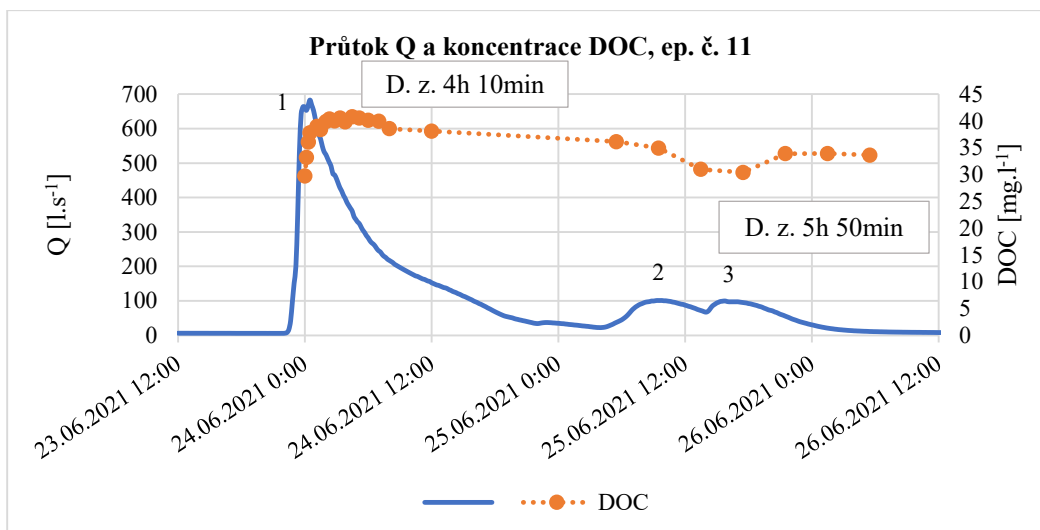
Příloha 10: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 10 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Rok	Měsíc	Průměr SCE [cm]
2021	únor	51.18
2021	březen	47.98
2021	duben	23.02
2021	květen	1.64
Č. ep. 10	Datum	Průměr SCE [cm]
Prekondice	26. 4. 2021	2.22
	27. 4. 2021	0.12
	28. 4. 2021	0.36
	29. 4. 2021	0.50
	30. 4. 2021	0.70
	1. 5. 2021	0.19
	2. 5. 2021	1.94
	3. 5. 2021	0.64
	4. 5. 2021	0.31
	5. 5. 2021	1.39
	6. 5. 2021	1.41
	7. 5. 2021	2.20
	8. 5. 2021	1.40
	9. 5. 2021	0.18
Průběh ep.	10. 5. 2021	0.28
	11. 5. 2021	0.50
	12. 5. 2021	0.31
	13. 5. 2021	1.32
	14. 5. 2021	0.70
	15. 5. 2021	0.57
	16. 5. 2021	0.18

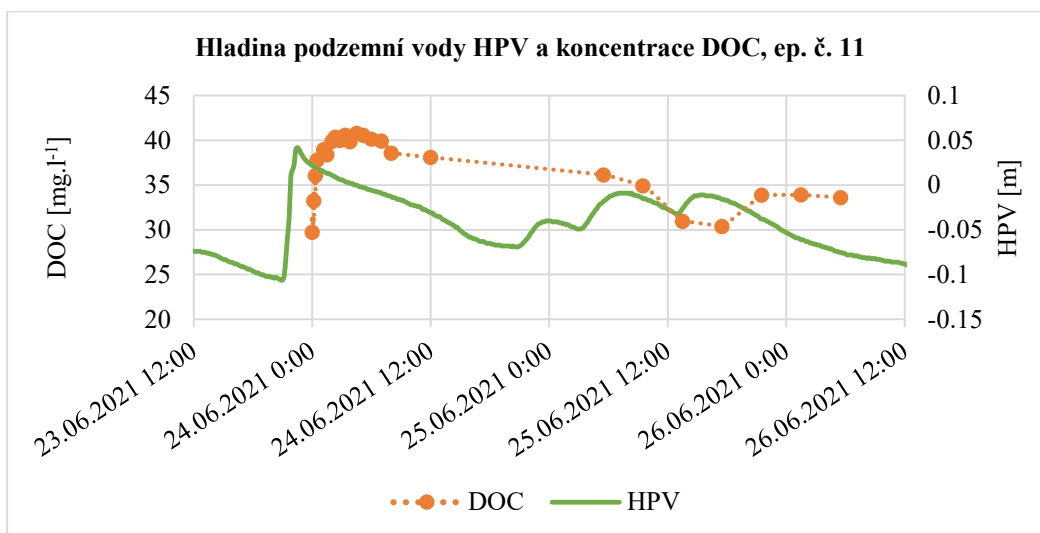
Příloha 11: Průměrná výška sněhové pokrývky SCE, ep. č. 10 (zdroj dat: KFGG PrF UK)



Příloha 12: Průměrná denní teplota vzduchu a denní úhrn srážek, ep. č. 10 (zdroj dat: KFGG PrF UK)



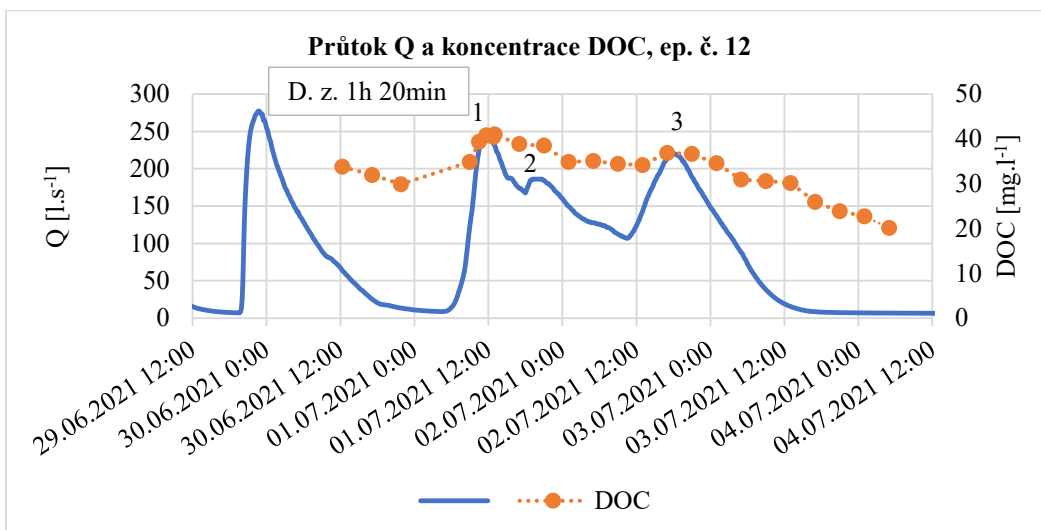
Příloha 13: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 11 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



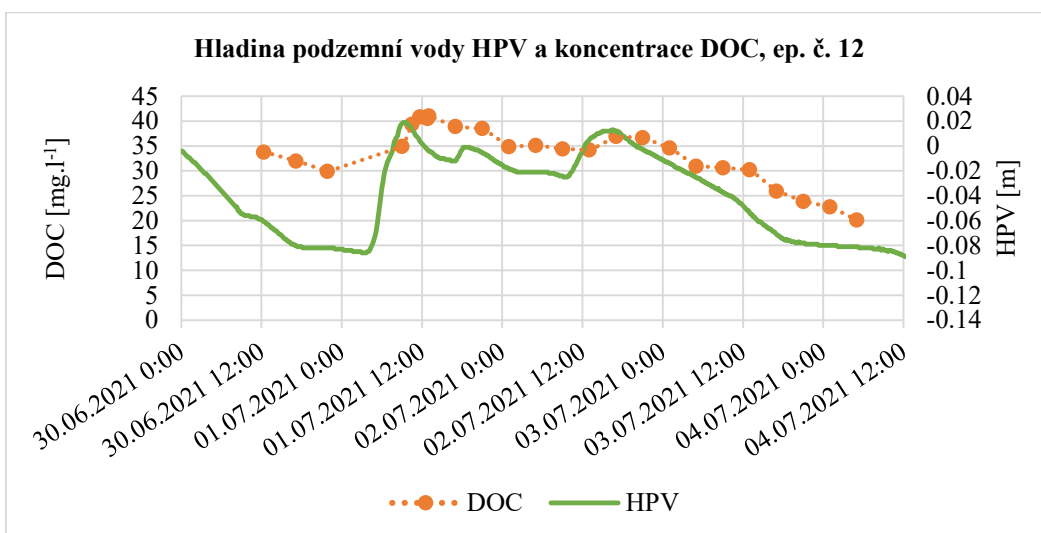
Příloha 14: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 11 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)

Datum	průměr T [°C]	průměr P [mm]
24. 6. 2021	15.10	3.80
25. 6. 2021	12.11	9.00
26. 6. 2021	11.62	1.80

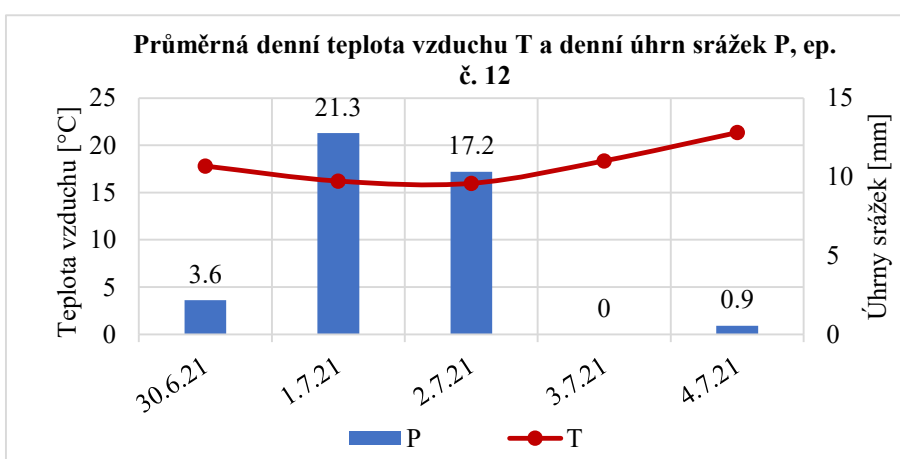
Příloha 15: Průměrná denní teplota vzduchu (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 11 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



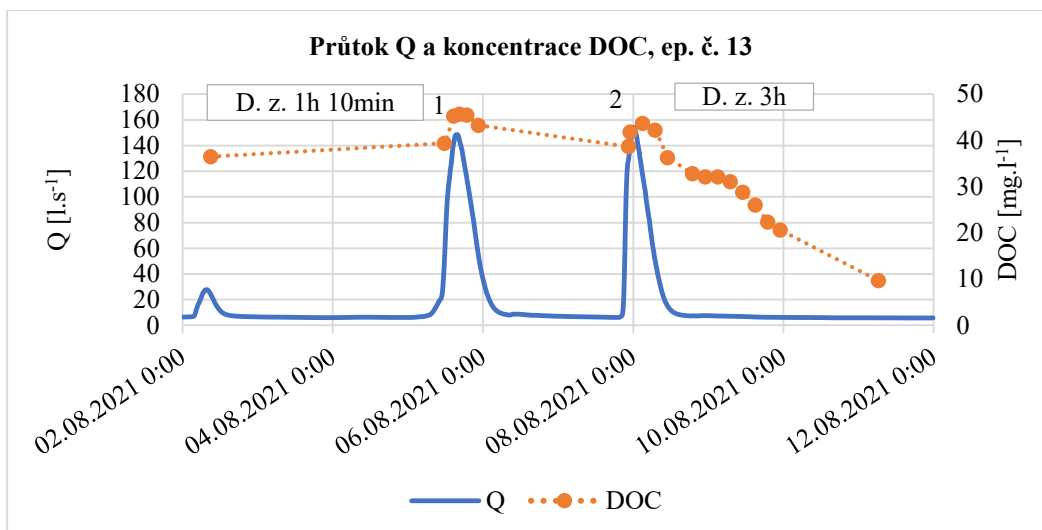
Příloha 16: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 12 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



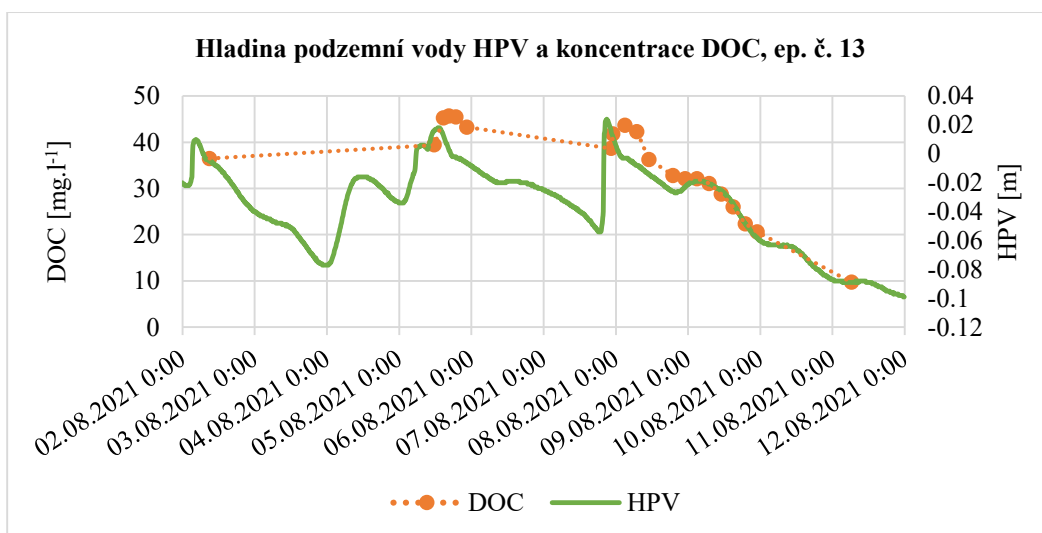
Příloha 17: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 12 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



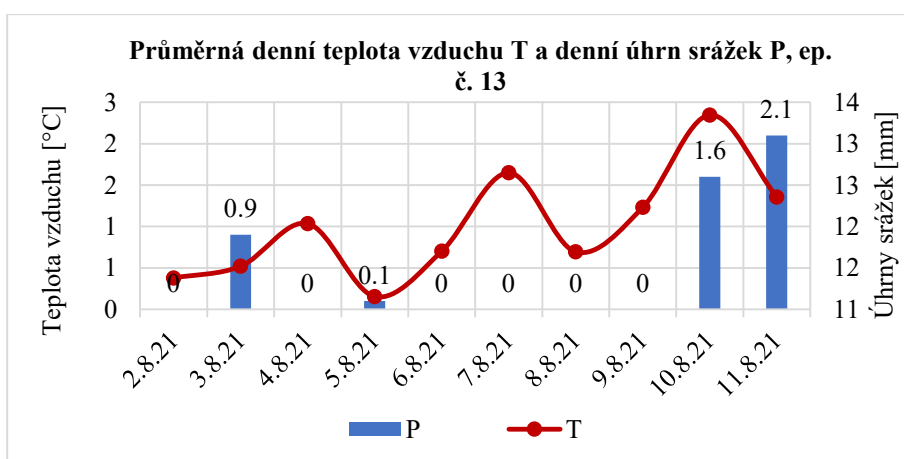
Příloha 18: Průměrná denní teplota a denní úhrn srážek, ep. č. 12 (zdroj dat: KFGG PŘF UK)



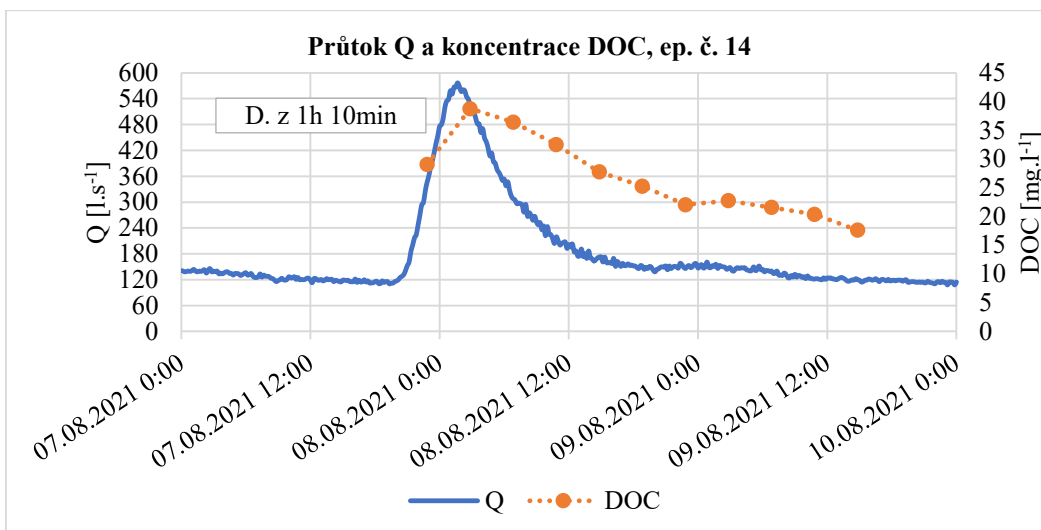
Příloha 19: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 13 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



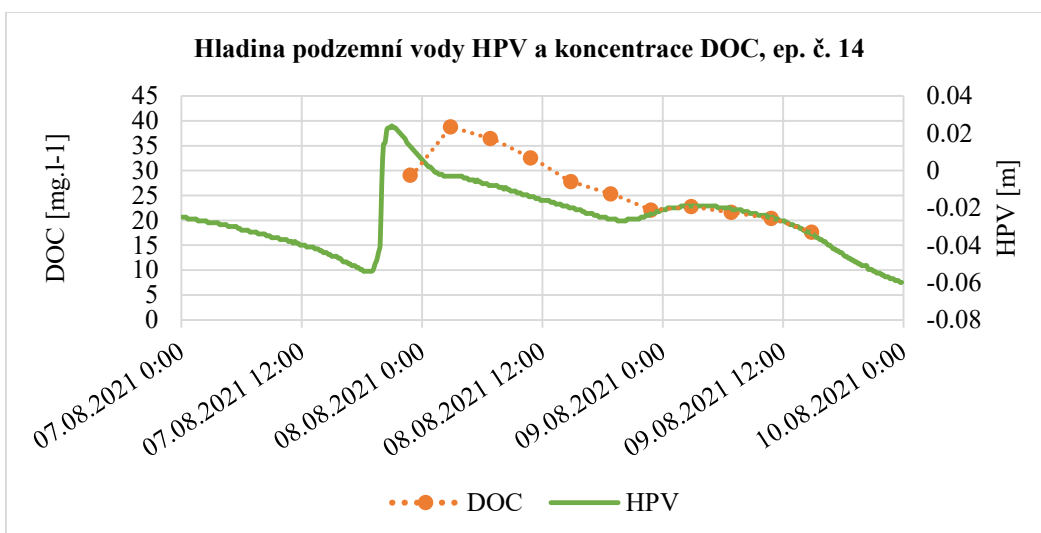
Příloha 20: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 13 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Příloha 21: Průměrná denní teplota a denní úhrn srážek, ep. č. 13 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



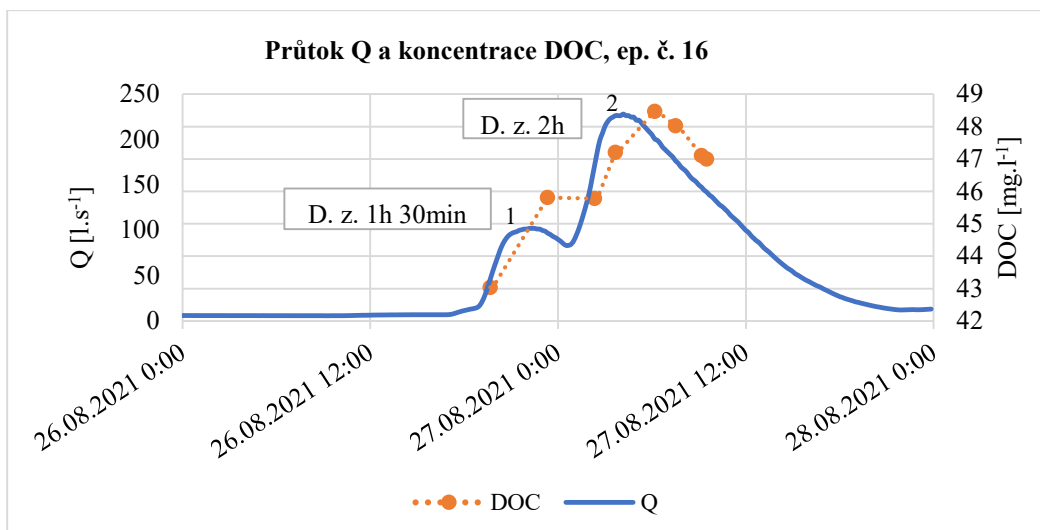
Příloha 22: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 14 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



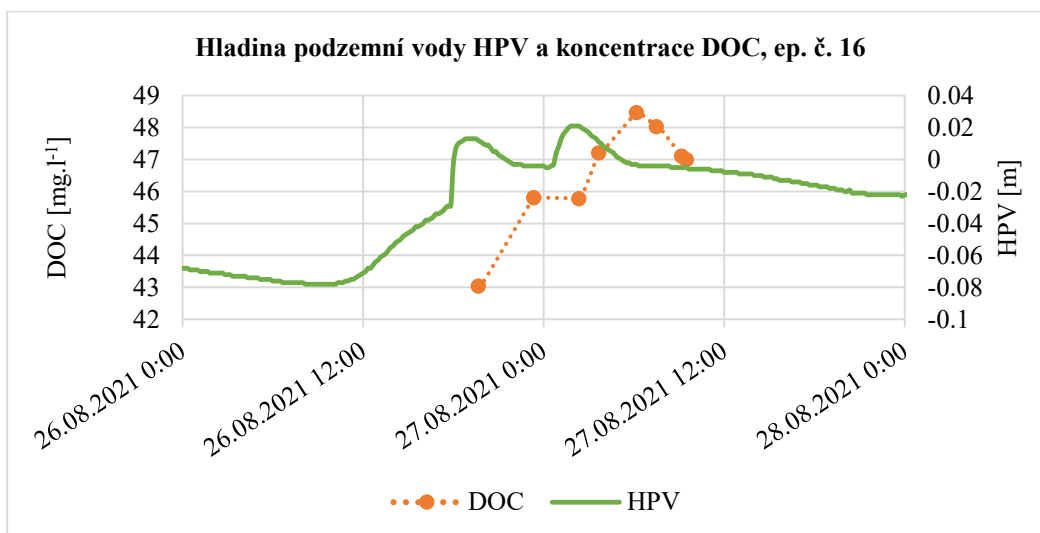
Příloha 23: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 14 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Datum	průměr T [°C]	průměr P [mm]
7. 8. 2021	12.70	0
8. 8. 2021	11.69	0
9. 8. 2021	12.23	0

Příloha 24: průměrná denní teplota (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 14 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



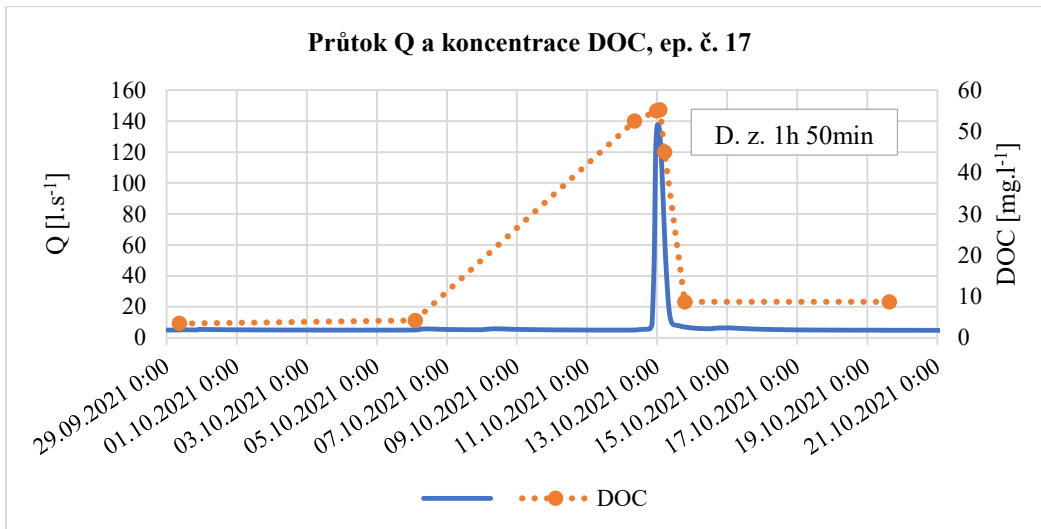
Příloha 25: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 16 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



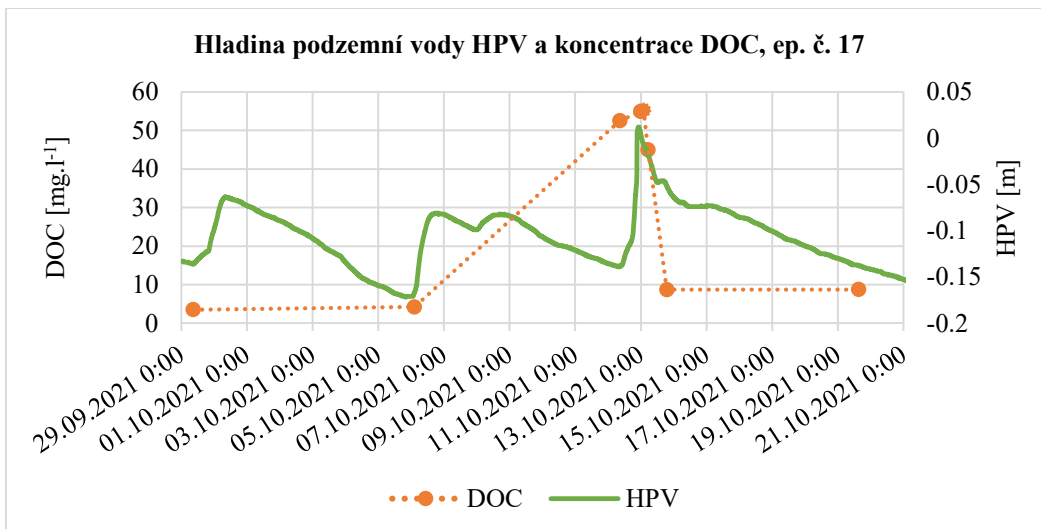
Příloha 26: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 16 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Datum	průměr T [°C]	průměr P [mm]
26. 8. 2021	8.33	17.10
27. 8. 2021	8.80	12.50

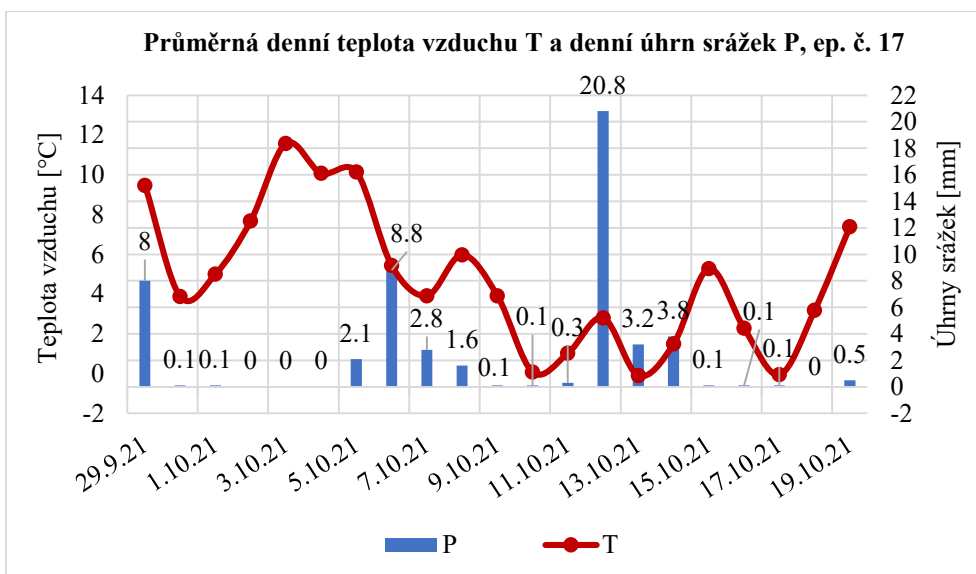
Příloha 27: Průměrná denní teplota (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 16 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



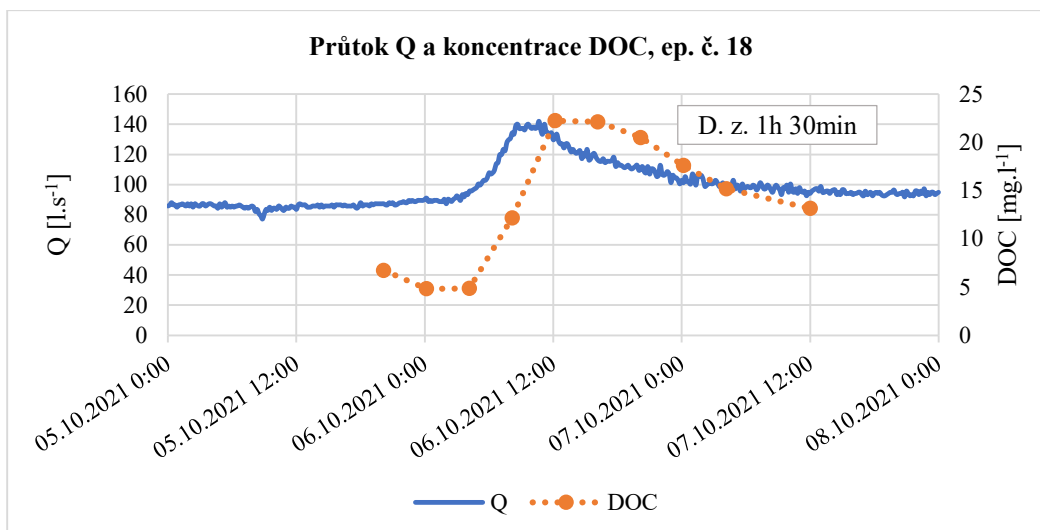
Příloha 28: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 17 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



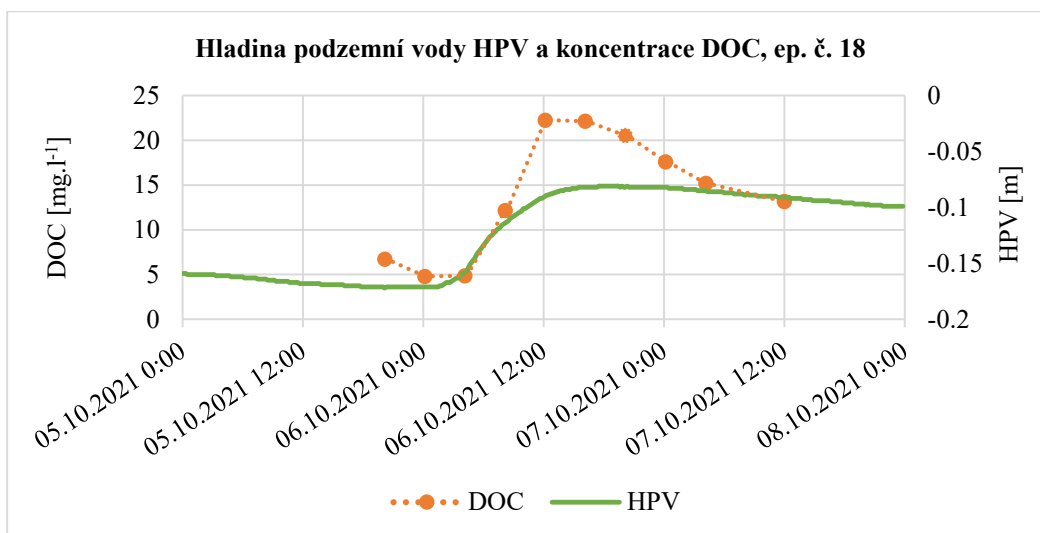
Příloha 29: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 17 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Příloha 30: Průměrná denní teplota a denní úhrn srážek, ep. č. 17 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Příloha 31: Průtok Q a koncentrace DOC, ep. č. 18 (zdroj dat: KFGG PřF UK)



Příloha 32: Hladina podzemní vody HPV a koncentrace DOC, ep. č. 18 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Datum	průměr T [°C]	průměr P [mm]
5. 10. 2021	10.14	2.10
6. 10. 2021	5.44	8.80
7. 10. 2021	3.92	2.80

Příloha 33: Průměrná denní teplota (T) a denní úhrn srážek (P), ep. č. 18 (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.006	0.534	-0.536	0.165	0.523
T [°C]	0.006	1	-0.182	0.102	-0.915	0.204
EC [μS.cm ⁻¹]	0.534	-0.182	1	-0.597	0.046	0.613
pH	-0.536	0.102	-0.597	1	-0.060	-0.757
DO [mg.l ⁻¹]	0.165	-0.915	0.046	-0.060	1	-0.296
DOC [mg.l ⁻¹]	0.523	0.204	0.613	-0.757	-0.296	1

Příloha 34: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **CIK** (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μS.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	-0.069	-0.233	-0.879	0.151	0.724
T [°C]	-0.069	1	0.090	0.147	-0.943	0.011
EC [μS.cm ⁻¹]	-0.233	0.090	1	0.340	-0.126	-0.125
pH	-0.879	0.147	0.340	1	-0.188	-0.821
DO [mg.l ⁻¹]	0.151	-0.943	-0.126	-0.188	1	-0.036
DOC [mg.l ⁻¹]	0.724	0.011	-0.125	-0.821	-0.036	1

Príloha 35: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **BRE** (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μS.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.223	-0.324	-0.857	-0.331	0.770
T [°C]	0.223	1	0.178	-0.126	-0.977	0.138
EC [μS.cm ⁻¹]	-0.324	0.178	1	0.424	-0.096	-0.654
pH	-0.857	-0.126	0.424	1	0.189	-0.832
DO [mg.l ⁻¹]	-0.331	-0.977	-0.096	0.189	1	-0.263
DOC [mg.l ⁻¹]	0.770	0.138	-0.654	-0.832	-0.263	1

Príloha 36: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **JAV** (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μS.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.062	0.563	-0.714	0.160	0.694
T [°C]	0.062	1	0.206	-0.001	-0.927	0.160
EC [μS.cm ⁻¹]	0.563	0.206	1	-0.356	-0.106	0.564
pH	-0.714	-0.001	-0.356	1	-0.003	-0.903
DO [mg.l ⁻¹]	0.160	-0.927	-0.106	-0.003	1	-0.134
DOC [mg.l ⁻¹]	0.694	0.160	0.564	-0.903	-0.134	1

Príloha 37: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **PTA** (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μS.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μS.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.258	-0.119	-0.703	-0.228	0.657
T [°C]	0.258	1	0.288	0.000	-0.390	0.203
EC [μS.cm ⁻¹]	-0.119	0.288	1	0.485	0.102	-0.432
pH	-0.703	0.000	0.485	1	0.327	-0.857
DO [mg.l ⁻¹]	-0.228	-0.390	0.102	0.327	1	-0.246
DOC [mg.l ⁻¹]	0.657	0.203	-0.432	-0.857	-0.246	1

Príloha 38: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **ROK** (zdroj dat: KFGG PřF UK)

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μS.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μ S.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.456	0.070	-0.521	-0.197	0.528
T [°C]	0.456	1	0.107	0.052	-0.526	0.318
EC [μ S.cm ⁻¹]	0.070	0.107	1	-0.062	0.175	-0.042
pH	-0.521	0.052	-0.062	1	0.198	-0.748
DO [mg.l ⁻¹]	-0.197	-0.526	0.175	0.198	1	-0.320
DOC [mg.l ⁻¹]	0.528	0.318	-0.042	-0.748	-0.320	1

Příloha 39: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **ROK-R1**

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μ S.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.

Variables	Q [m ³ .s ⁻¹]	T [°C]	EC [μ S.cm ⁻¹]	pH	DO [mg.l ⁻¹]	DOC [mg.l ⁻¹]
Q [m ³ .s ⁻¹]	1	0.148	0.277	-0.503	0.139	0.286
T [°C]	0.148	1	-0.256	0.324	-0.631	0.245
EC [μ S.cm ⁻¹]	0.277	-0.256	1	-0.362	0.337	-0.048
pH	-0.503	0.324	-0.362	1	-0.389	-0.633
DO [mg.l ⁻¹]	0.139	-0.631	0.337	-0.389	1	-0.093
DOC [mg.l ⁻¹]	0.286	0.245	-0.048	-0.633	-0.093	1

Příloha 40: Pearsonův korelační koeficient proměnných v rámci sledovaných kampaní, profil **ROK-R2**

Zdroj dat: KFGG PřF UK

Vysvětlivky: Q – průtok [m³.s⁻¹], T – teplota vody [°C], EC – elektrická vodivost [μ S.cm⁻¹], DO – rozpuštěný O₂ [mg.l⁻¹], hodnoty vyznačené tučně značí statistickou významnost menší než p 0.05.