

Vyhodnocení kvality povrchové vody a kalu Kleneč závěrečná zpráva laboratoř

Zpracovatel:

Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra aplikované ekologie
Fakulta životního prostředí
Praha, 12/2024

1. Obsah

1. OBSAH	2
2. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	3
2.1. ÚDAJE O ZÁMĚRU	3
2.2. ÚDAJE O ZADAVATELI	3
2.3. ÚDAJE O ZPRACOVATELI	3
3. ÚVOD	4
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	5
4.1. CÍL PRÁCE	5
4.2. METODIKA	5
4.3. VÝSLEDKY	8
5. ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ EFEKTU APLIKACE BIOPREPARÁTU NA SEDIMENT, KVALITU VODY, KYSLÍKOVÝ REŽIM NÁDRŽE A OBSAH A DYNAMIKU FOSFORU S OHLEDEM NA RIZIKO EUTROFIZACE – SHRUTÍ VEGETAČNÍ SEZÓNY 2024	27

Přílohy

1. Vyhodnocení kvality povrchové vody a kalu Kleneč závěrečná zpráva laboratoř – výsledková část

2. Identifikační údaje

2.1. Údaje o záměru

Předmět prací:

Vyhodnocení kvality povrchové vody a sedimentů ve vodní nádrži obce Kleneč v období vegetační sezóny 2024. Práce zahrnovala aplikaci bakteriálního biopreparátu PTP PLUS, odběr vzorků vody a kalu a jejich následné laboratorní analýzy. Cílem bylo zhodnotit efektivitu biopreparátu na sedimentaci, kvalitu vody, kyslíkový režim a dynamiku fosforu s ohledem na riziko eutrofizace.

Zájmová lokalita: Vodní plocha p. č. 21 Kleneč o ploše 0,25 ha (2.500 m²)

2.2. Údaje o zadavateli

BAKTOMA spol. s r.o.

ČSA 2, 783 53 Velká Bystřice

IČ:27815188, DIČ: CZ27815188

E-mail: info@baktoma.cz, Web: www.baktoma.cz

2.3. Údaje o zpracovateli

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí. Katedra aplikované ekologie

Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchdol

IČ: 60460709, DIČ: CZ60460709

3. Úvod

Výchozí podklady

Projekt vychází z požadavku společnosti **Baktoma s.r.o.** na zhodnocení efektivity aplikace biopreparátu **PTP PLUS** ve vodní nádrži obce Kleneč. Mezi základní podklady patří:

- Charakteristika lokality, včetně parametrů vodní nádrže (rozloha 2 592 m², parcela č. 21).
- Plán aplikace biopreparátu v sezóně 2024 (květen–září), včetně dávkování a harmonogramu.
- Údaje o předchozím stavu kvality vody a sedimentů, které byly poskytnuty zadavatelem.
- Standardní metodiky odběru a laboratorní analýzy vzorků vody a kalu, zajištěné Hydrochemickou laboratoří Katedry aplikované ekologie, ČZU v Praze.

Cíle projektu

Vyhodnocení vlivu aplikace biopreparátu PTP PLUS na kvalitu vody a sedimentů, zejména z pohledu mineralizace organických látek a redukce živin.

Analýza dynamiky fosforu a dusíku ve vodním sloupci a sedimentech s ohledem na prevenci eutrofizace.

Posouzení vlivu biopreparátu na kyslíkový režim nádrže, který má zásadní vliv na biologické procesy.

Formulace doporučení pro další aplikace biopreparátu a optimalizaci jeho využití v podobných typech vodních ploch.

4. Experimentální část

4.1. Cíl práce

Vyhodnocení kvality vody a kalu ve vodní nádrži obce Kleneč v zadaném časovém období.

4.2. Metodika

4.2.1. Použitý biopreparát

Bakteriální biopreparát – přípravek PTP PLUS (<https://www.baktoma.cz/>)

4.2.2. Aplikační schéma biopreparátu

Dávkování pro vodní plochu p. č. 21 Kleneč o ploše 0,25 ha (2.500 m²):

21.5.2024.....6 kg

5.6.2024..... 3,5 kg

19.6.2024.....2 kg

8.7.2024..... 1,5 kg

23.7.2024.....1 kg

20.8.2024.....1 kg

Celkem bylo za rok 2024 aplikováno 15 kg přípravku PTP PLUS.

4.2.3. Způsob aplikace

Aplikace přípravku se provádí přímým sypaním na hladinu, není potřeba žádná aktivace ani složité rozprašovací technologie, vše lze zvládnout s jednou malou loďkou. První dávkování se provádí v polovině května, kdy je teplota vody vyšší než 10°C, konec dávkování bývá většinou do konce prázdnin, kdy teplota vody ještě neklesá pod 10°C.

4.2.4. Místo odběru

Vodní plocha o rozloze 2592 m² v obci Kleneč, okres Litoměřice, Ústecký kraj.

4.2.5. Odběr vzorků

Vzorky povrchové vody a kalu byly odebírány v období 21.5.2024 – 24.09.2024 v měsíčních intervalech dle časového harmonogramu (viz Tab. I). Odběr vody probíhal vždy v místě přítoku a odtoku rybníka a na dvou místech ve středu vodní plochy. Tato místa byla označena jako střed A a střed B. Vzorky kalu byly odebírány v místech označených jako kal C a kal D (viz Obr. 1).

Obr. 1: Jednotlivá odběrová místa – vodní plocha Kleneč



Tab. I: Časový harmonogram odběru vzorků

Datum odběru	Přítok	Odtok	Střed A	Střed B	Kal C	Kal D
21.5.2024	x	x	x	x	x	x
19.6.2024	x	x	x	x	x	x
23.7.2024	x	x	x	x	x	x
20.8.2024	x	x	x	x	x	x
24.8.2024	x	x	x	x	x	x

Voda na přítoku a odtoku byla odebírán pomocí vhodně zvolených odběrových zařízení pro vodu. Vzorky z místa A a B byly odebírány pomocí zapůjčené lodi s použitím odběrových zařízení pro vodu a kal. Odběr byl prováděn osobou oprávněnou ke vzorkování vod a kalů s osobním certifikátem vzorkaře (Ing. Vladimíra Richterová). Vzorky byly odebírány v množství dostatečném pro laboratorní analýzu – voda 3 l z odběrového místa, kal - 0,5 l z odběrového místa. Následně byly vzorky převezeny do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze. Pro převoz byla využita transportní nádoba s konstantní teplotou 7°C. Na místě odběru bylo ihned provedeno měření parametrů uvedených v tabulce II.

Tab. II: Parametry měřené na místě odběru

odběrové místo	pH	vodivost	O ₂	ORP	teplota
Přítok	x	x	x	x	x
Odtok	x	x	x	x	x
Střed A	x	x	x	x	x
Střed B	x	x	x	x	x
Kal C	x				
Kal D	x				

4.2.6. Laboratorní analýzy

Vzorky byly analyzovány v Hydrochemické laboratoři Katedry aplikované ekologie, České zemědělské univerzity v Praze. Provedené analýzy jsou popsány v Tabulce III.

Tab. III: Seznam analýz a metod měření

Terénní měření	Použitá metoda
teplota vody	Terénní měření multimetr Hanna
teplota vzduchu	Terénní měření multimetr Hanna
pH	Terénní měření multimetr Hanna
elektrolytická konduktivita	Terénní měření multimetr Hanna
oxidačně-redukční potenciál (ORP)	Terénní měření multimetr Hanna
rozpuštěný kyslík (O ₂)	Terénní měření multimetr Hanna
nasycení vody kyslíkem (%)	Terénní měření multimetr Hanna
průhlednost vody	Terénní měření pomocí Seccioho desky
Laboratorní měření - voda	
CHSK Mn	Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem - ČSN EN ISO 8467
BSK ₅	Stanovení biochemické spotřeby kyslíku pomocí měřicího systému OxiTop-i IS (diferenční měření)
KNK _{4,5}	Stanovení kyselinové neutralizační kapacity potenciometrickou titrací - ČSN EN ISO 9963-1 (TN 757371)
TOC, TC, TIC	Stanovení celkového organického uhlíku, celkového uhlíku a celkového anorganického uhlíku - ČSN EN ISO 20236 (75 7524)
F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻	Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů (ČSN EN ISO 10304-1, 757391)
N _{celk}	Stanovení celkového dusíku (ČSN EN ISO 20236, TN 75 7524)
N-NH ₄₊	Stanovení amoniakálního dusíku spektrofotometricky (ČSN ISO 7150-1, TN 75 7451)
NO ₃ ⁻	Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů - ČSN EN ISO 10304-1 (757391)
N-NO ₃ ⁻	Výpočet z dusičnanů

NO ₂ ⁻	Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů - ČSN EN ISO 10304-1 (757391)
N-NO ₂ ⁻	Výpočet z dusitanů
Pcelk	Stanovení celkového fosforu spektrofotometricky - ČSN EN ISO 6878 (757465)
P-PO ₄ ³⁻	Výpočet z celkového fosforu
P(f)0,45um	Stanovení celkového fosforu spektrofotometricky po filtraci -0,45um, Nylon - ČSN EN ISO 6878, (757465)
Chlorofyl-a	Stanovení chlorofylu spektrofotometricky - ČSN ISO 10260 (757575)
Cyanobakterie (buňky/ml)	Stanovení planktonních sinic – TNV 75 7717
Řasy (jedinci/ml)	Stanovení biosestonu mikroskopicky – ČSN 75 7712 (STN 75 7711)
Escherichia coli (KTJ/ml)	Stanovení počtu Escherichia coli a koliformních bakterií membránovou filtrací - ČSN EN ISO 9308-1 (STN EN ISO 9308-1)
Koliformní bakterie (KTJ/ml)	Stanovení počtu Escherichia coli a koliformních bakterií membránovou filtrací - ČSN EN ISO 9308-1 (STN EN ISO 9308-1)
Laboratorní měření - kal	
TC - celkový uhlík	Stanovení celkového uhlíku metodou suchého spalování
TOC - celkový organický uhlík	Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) suchým spalováním – ČSN EN 15936 (838151)
TN - celkový dusík	stanovení celkového dusíku metodou suchého spalování – ČSN EN 16168 (838135)
TP -celkový fosfor	Stanovení celkového fosforu – ČSN EN 14672 (758022)
Al	Stanovení prvků atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem – ČSN EN ISO 11885 (757387)
Cu	Stanovení prvků atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem – ČSN EN ISO 11885 (757387)
Fe	Stanovení prvků atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem – ČSN EN ISO 11885 (757387)
Zn	Stanovení prvků atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem – ČSN EN ISO 11885 (757387)
pH	Stanovení pH – ČSN EN 12176 (TN 758010)
Sušina	Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy – Gravimetrická metoda – ČSN ISO 11465 (836635)
Ztráta žiháním	Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy – Gravimetrická metoda – ČSN ISO 11465 (836635)

4.3. VÝSLEDKY

4.3.1. Přítok

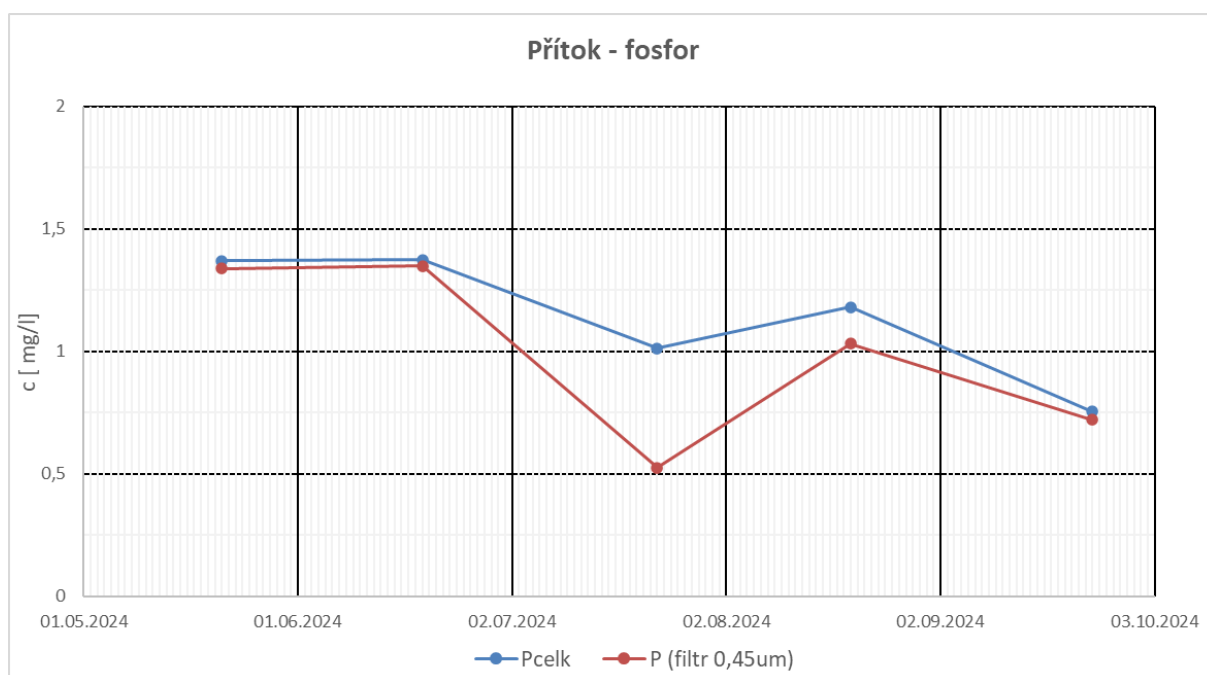
Veškeré výsledky parametrů měřených na místě odběru na přítoku jsou uvedeny v tabulce IV. Jak z tabulky vyplývá, hodnoty pH na přítoku se pohybovaly v rozmezí od 6,61 do 8,12. Nejnižší hodnota byla naměřena 24.9., nejvyšší hodnota 20.8. Konduktivita se pohybovala v rozmezí 1050 až 1212 mS/cm. Nejnižší množství kyslíku bylo naměřeno na přítoku při posledním odběru 24.9. a to 3,45 mg/l, nejvyšší hodnota byla naměřena 23.7. (10,1mg/l). Hodnoty ORP byly poměrně

konstantní, v rozsahu 181 až 250 mV. Teplota vody odpovídala okolním teplotním podmínkám. Pro zjednodušení interpretace výsledků je nejnižší hodnota označena modrou barvou, nejvyšší hodnoty barvou šedou.

Tab. IV: Parametry měřené během odběru na Přítoku. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší

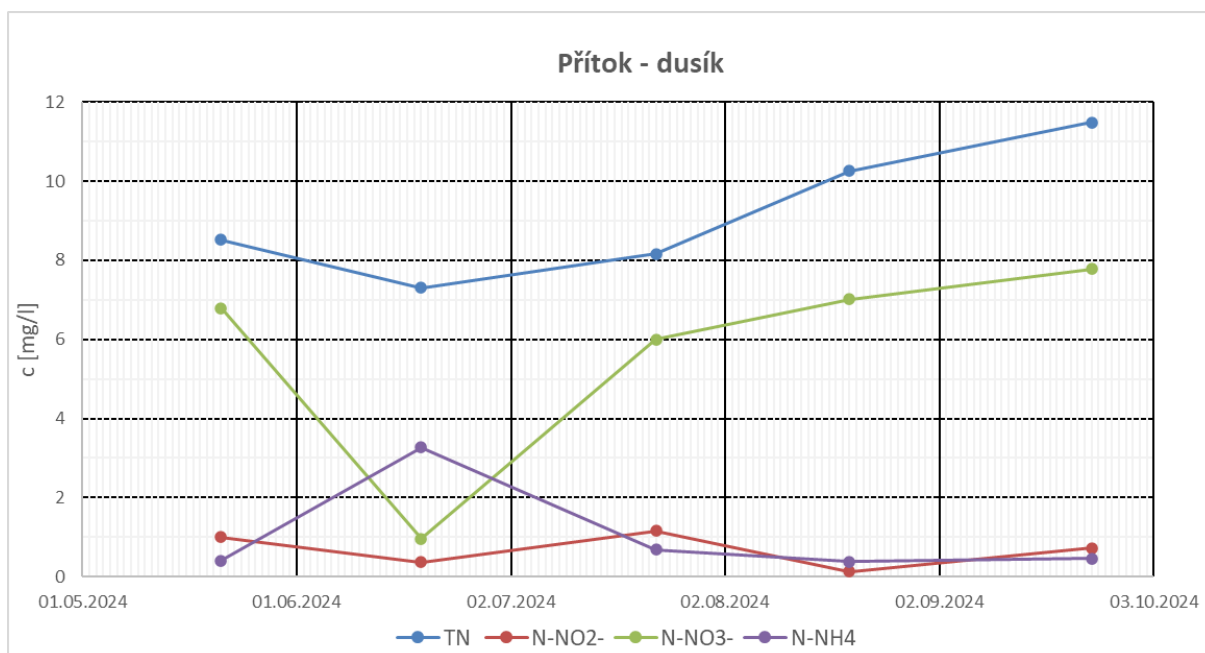
	pH	vodivost	O ₂	orp	teplota
		uS/cm	mg/l	mV	°C
21.05.2024	7,15	1098	9,36	250	18,82
19.06.2024	7,58	1212	4,40	202	17,00
23.07.2024	7,81	1159	10,1	221	22,2
20.08.2024	8,12	1104	7,8	209	16,2
24.09.2024	6,61	1050	3,45	181	13,3

Ve vzorcích vody bylo sledováno množství fosforu. A to jak celkového TP, tak po filtraci P_{filtr} (0,45um). Koncentrace celkového fosforu na přítoku se pohybovaly od 0,754 mg/l do 1,37 mg/l, přičemž nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v prvním odběru 21.5.2024. Poté se množství fosforu kolísavě snižovalo, jak je patrné na Grafu 1. Stejný trend vykazovalo i množství P_{filtr}. Lze konstatovat, že přítok, ale i měrné body v rámci tělesa nádrže vykazují přítomnost fosforu. Ten je zejména v rozpuštěné formě ve významné koncentraci. Aplikace biopreparátu však jeho koncentraci na odtoku nezvyšuje.



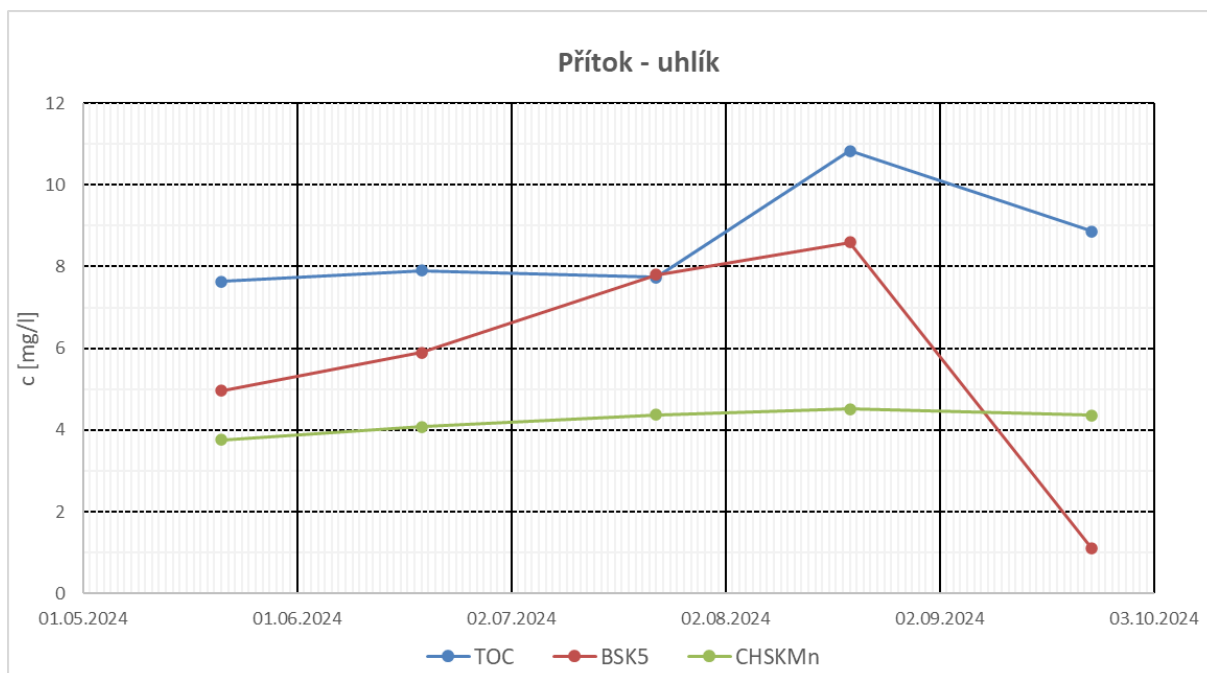
Graf 1: Koncentrace celkového a filtrovaného fosforu na přítoku v průběhu sledovaného období 21.5.2024 – 24.09.2024

Dále bylo ve vodě sledováno množství celkového dusíku TN a jeho jednotlivých forem (Graf 2). Nejnižší hodnota celkového dusíku na přítoku byla naměřena 19.6. (7,31 mg/l). Poté jeho množství vzrůstalo, nejvyšší naměřená hodnota byla při posledním odběru 24.9. (11,48 mg/l). Koncentrace jednotlivých forem dusíku v průběhu času je možné pozorovat v Grafu 2. Dusík v průběhu sezony narůstá, zejména díky přísunu NO_3^- z povodí - to nebývá obvyklé, jedná se pravděpodobně o zatížení pocházející z přečištěných OV z čistírny na toku situované nad nádrží.



Graf 2: Koncentrace celkového dusíku a jednotlivých forem dusíku na přítoku v průběhu sledovaného období 21.5.2024 – 24.09.2024

V grafu 3 jsou zaznamenány hodnoty celkového organického uhlíku TOC, biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ a chemická spotřeba kyslíku CHSK_{Mn} na přítoku. Hodnoty TOC se pohybovaly v rozmezí 7,63 až 10,83 mg/l, přičemž tato nejvyšší koncentrace byla zaznamenána v měsíci srpnu. Hodnota BSK₅ v průběhu



času pozvolna narůstala z 4,96 mg/l na 8,6 mg/l (v měsíci srpnu) a následně

prudce klesla na 1,1 mg/l. Hodnoty CHSK byly ve sledovaném období poměrně konzistentní (3,76 až 4,51 mg/l).

Graf 3: Koncentrace celkového organického uhlíku, biochemická spotřeby kyslíku BSK₅ a chemické spotřeby kyslíku na přítoku v průběhu sledovaného období 21.5.2024 – 24.09.2024

Bakteriální znečištění vody na přítoku bylo vysoké. Koliformní bakterie ve všech odebraných vzorcích překročily množství 300 KTJ/100ml, u bakterií rodu *Echerichia Coli* byla situace podobná, vyjma odběru z 19.6., kdy byla zjištěno 41 KTJ/100ml.

Ve vzorcích vody na přítoku převažují penátní rozsivky (hl. rody *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Navicula* s.l.) a zelené řasy (hl. kokální rodů *Scenedesmus* a *Desmodesmus* a zelení bičíkovci (*Chlamydomonas* a *Chlorogonium* s.l.)), řídčeji bezbarví bičíkovci, prvoci (kryténky a nálevníci + cysty), sinice, krásivky (*Closterium aciculare*), skryténky, zlativky (*Mallomonas* sp.) a krásnoočka (*Euglena* sp. a bezbarvé druhy).

V případě sinic převažují špičaté vláknité *Raphidiopsis mediterranea* a tenké vláknité druhy (hl. *Pseudanabaena* sp.), málo významné drobné kokální *Merismopedia punctata*.

Výsledky z jednotlivých odběrů jsou uvedeny v Příloze 1 a jsou součástí této zprávy.

4.3.2. Střed A

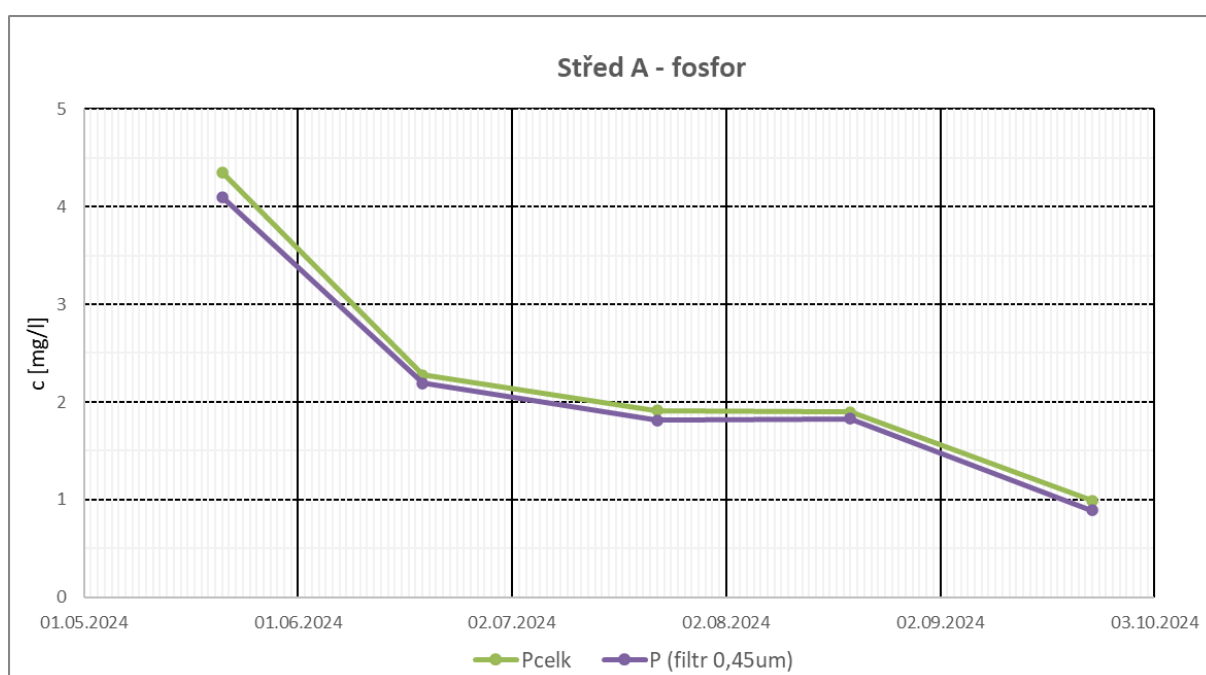
Výsledky parametrů měřených na odběrovém místě střed A během jednotlivých odběrů jsou shrnuty v tabulce V. Pro zjednodušení interpretace byly nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty označeny rozdílnou barvou.

Tab. V: Parametry měřené během odběru na Středu A. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší.

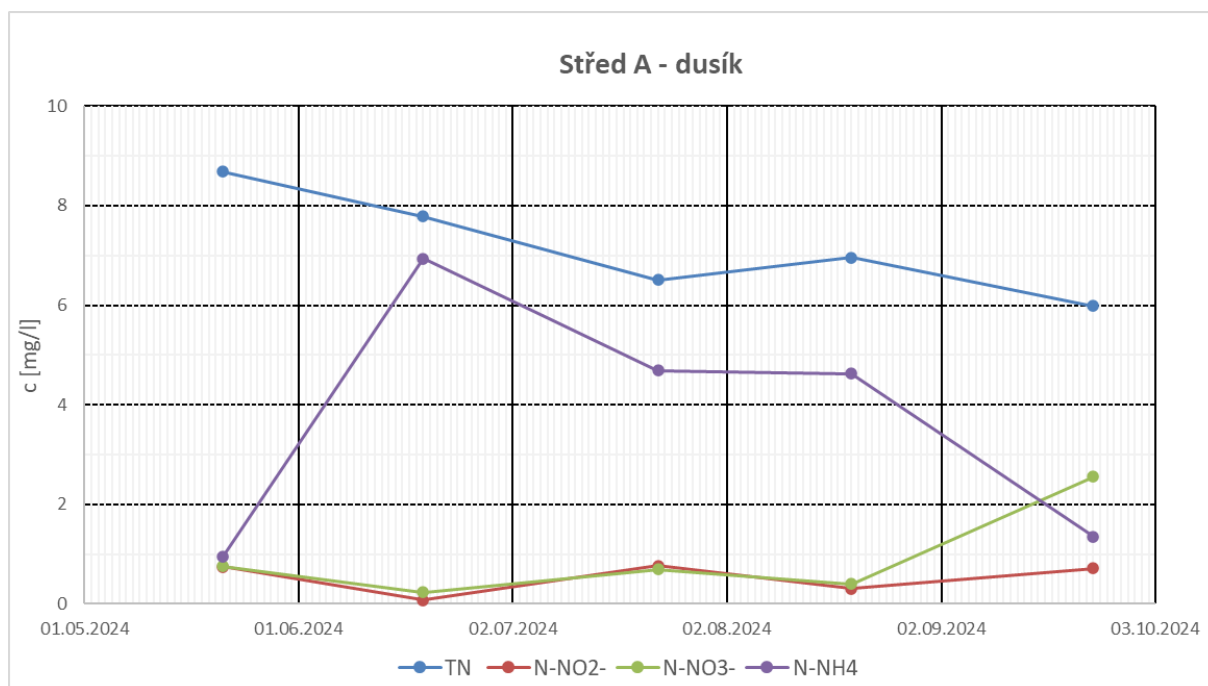
	pH	vodivost	O ₂	orp	teplota
		uS/cm	mg/l	mV	°C
21.05.2024	6,50	1115	1,05	257	21,60

	pH	vodivost	O ₂	orp	teplota
19.06.2024	7,51	1219	1,90	216	24,10
23.07.2024	7,42	1208	2,3	202	27,4
20.08.2024	8,57	967	1,9	230	21,9
24.09.2024	6,72	1029	4,08	176,5	16,5

Koncentrace celkového i filtrovaného fosforu v odběrovém místě střed A (Graf 4) vykazovaly klesající trend. Na začátku sledování byla naměřena nejvyšší hodnota 4,35 mg/l pro TP a 4,1 mg/l pro P_{filtr.} Nejnižší koncentrace obou parametrů pak byla pozorována na konci sledovaného období (0,99 mg/l, resp. 0,89 mg/l).

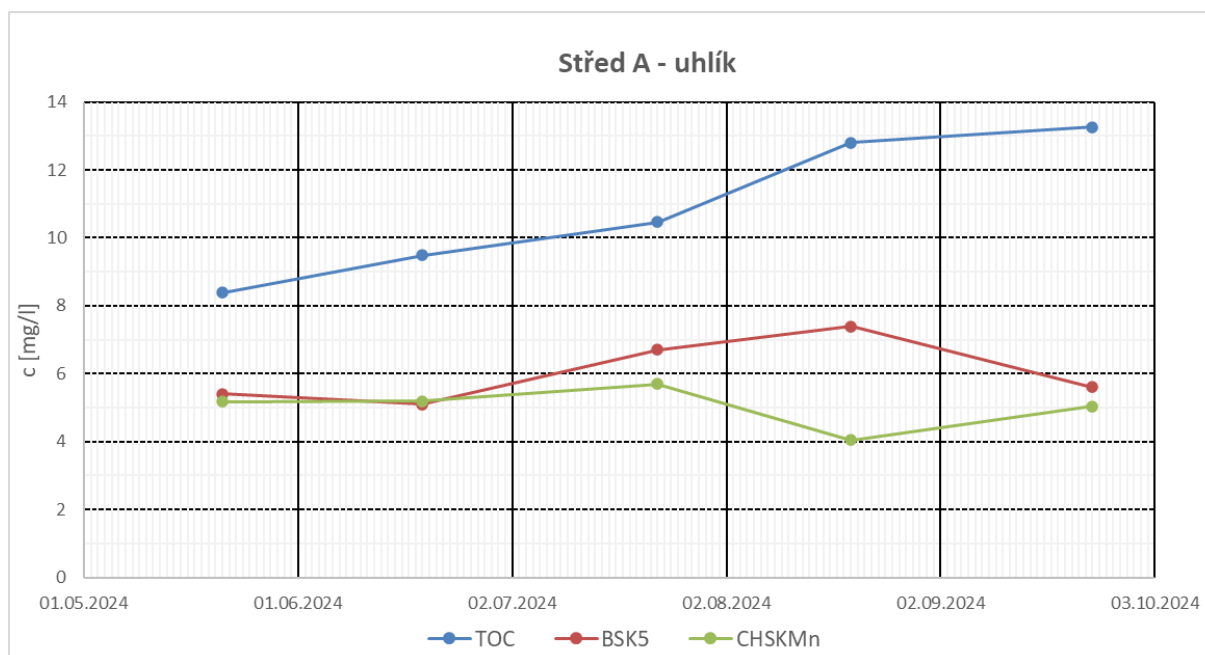


Graf 4: Koncentrace celkového a filtrovaného fosforu v Střed A v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024



Graf 5: Koncentrace celkového dusíku a jednotlivých forem dusíku v Střed A v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Rovněž u celkového dusíku ve středě A byl pozorován úbytek a klesající trend. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána při prvním odběru v měsíci květnu (8,68 mg/l), nejnižší koncentrace byla naměřena při posledním odběru v měsíci září (5,98 mg/l). Koncentrace jednotlivých forem dusíku ve sledovaném období značně kolísaly, zejména v případě amoniakálního dusíku (jak je vidět na Grafu 5).



Graf 6: Koncentrace celkového organického uhlíku, biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ a chemické spotřeba kyslíku v Střed A v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Opačný trend můžeme pro toto odběrové místo pozorovat u hodnot TOC (Graf 6), kdy koncentrace pozvolna narůstala v průběhu sledovaného období z 8,39 mg/l na 13,26 mg/l. Hodnoty BSK se kolísavě pohybovaly v rozsahu 5,1 až 7,4 mg/l, CHSK 4,04 až 5,7 mg/l.

Bakteriální znečištění vody na ve sledovaném profilu Střed A bylo obdobně jako na přítoku vysoké. Koliformní bakterie ve všech odebraných vzorcích překročily množství 300 KTJ/100ml, u bakterií rodu *Echerichia Coli* byla situace podobná, vyjma odběru z 19.6., kdy byla zjištěno 18 KTJ/100ml.

Provedené analýzy mikroskopického obrazu prokázaly že v uvedeném profilu převažovaly zejména Skrytěnky (zejména větší druhy *Cryptomonas spp.* a malé *Plagioselmis sp.*) a rozsivky (blíže neurčené centrické (cca 10um), řídce *Aulacoseira sp.* a penátní rodů *Fragilaria* a *Nitzschia*), méně pak zelené řasy (hl. kokální rodů *Scenedesmus* a *Desmodesmus*, v malé míře pak byly zastoupeni větší zelení bičíkovci *Chlamydomonas s.l.*). Řídce až ojediněle se vyskytovaly bezbarví bičíkovci, sinice, zlativky (*Mallomonas sp.*) a bezbarvé obrněnky. Řídce, ale vzhledem k velikosti v biomase nezanedbatelná velká krásnoočka rodů *Lepocinclis*, *Euglena* a *Phacus*, méně i obrněnky *Peridinium s.l.* a krásivky *Closterium aciculare*. Ze sinic převažujících v biomase byly nejvíce zastoupené tenké vláknité druhy (směs *Pseudanabaena sp.* a *Planktolyngbya sp.*) a *Aphanizomenon gracile*, méně

pak *Raphidiopsis mediterranea*. Řídce až ojediněle se objevují drobné kokální *Merismopedia punctata* a špičaté vláknité *Cuspidothrix issatschenkoi*.

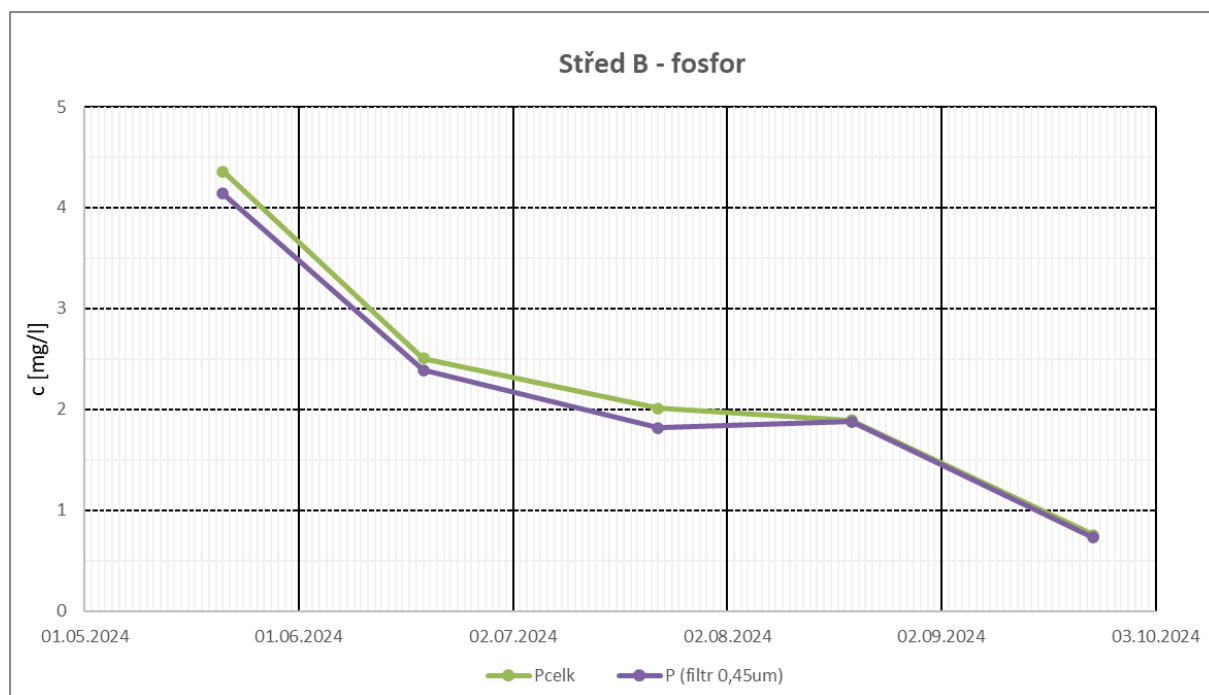
Střed B

Na odběrovém místě Střed B byly rovněž sledovány terénně měřené parametry. Výsledky z tohoto měření jsou uvedeny v tabulce VI. Pro jednodušší orientaci jsou výsledky označeny rozdílnou barvou.

Tab. VI: Parametry měřené během odběru na místě Střed B. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší.

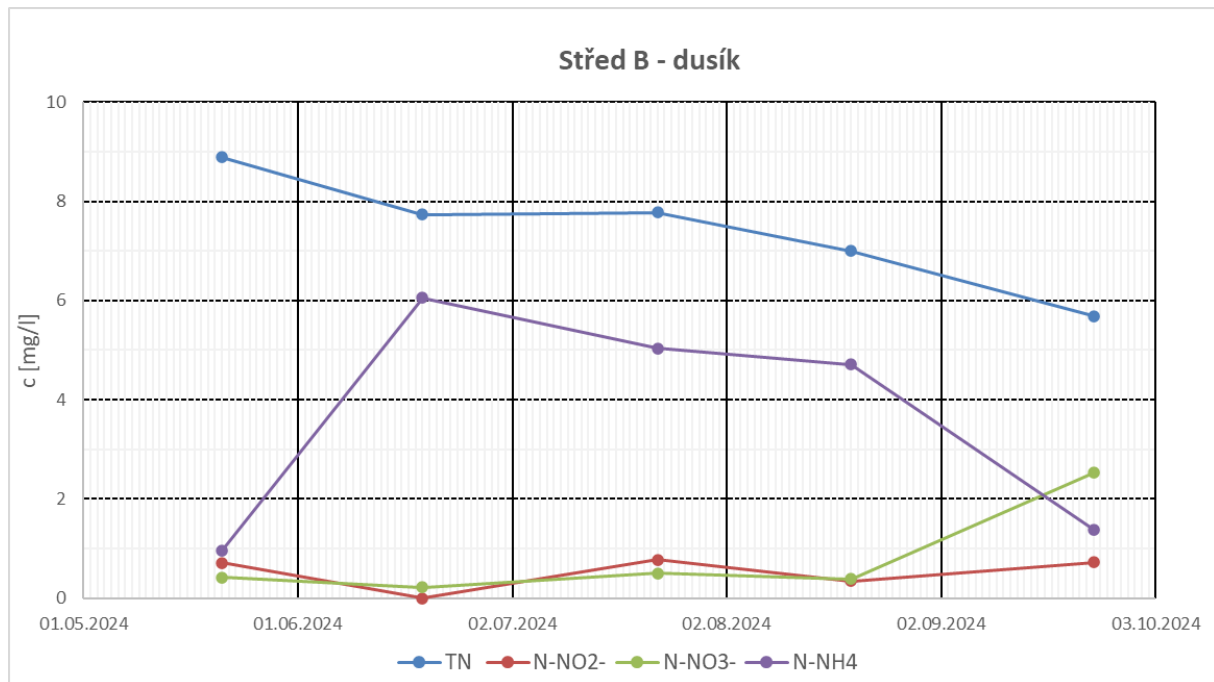
	pH	vodivost	O ₂	orp	teplota
		uS/cm	mg/l	mV	°C
21.05.2024	6,53	1124	1,36	254	21,50
19.06.2024	7,39	1232	1,40	233	23,60
23.07.2024	7,45	1202	2,2	199	27,6
20.08.2024	8,56	970	2	212	21,7
24.9.2024	6,72	1034	4,91	171,2	16,4

Koncentrace celkového i filtrovaného fosforu v odběrovém místě střed B (Graf 7) vykazují podobný trend, jako v případě odběrového místa Střed A. Hodnoty klesají od nejvyšší koncentrace v prvním odběru (4,36 mg/l) po nejnižší naměřenou hodnotu stanovenou na konci sledovaného období (0,75 mg/l). Stejný průběh je pozorován i pro filtrovaný fosfor, kdy hodnoty klesaly z nejvyšší (4,14 mg/l) v měsíci květnu na nejnižší v měsíci září (0,73 mg/l).



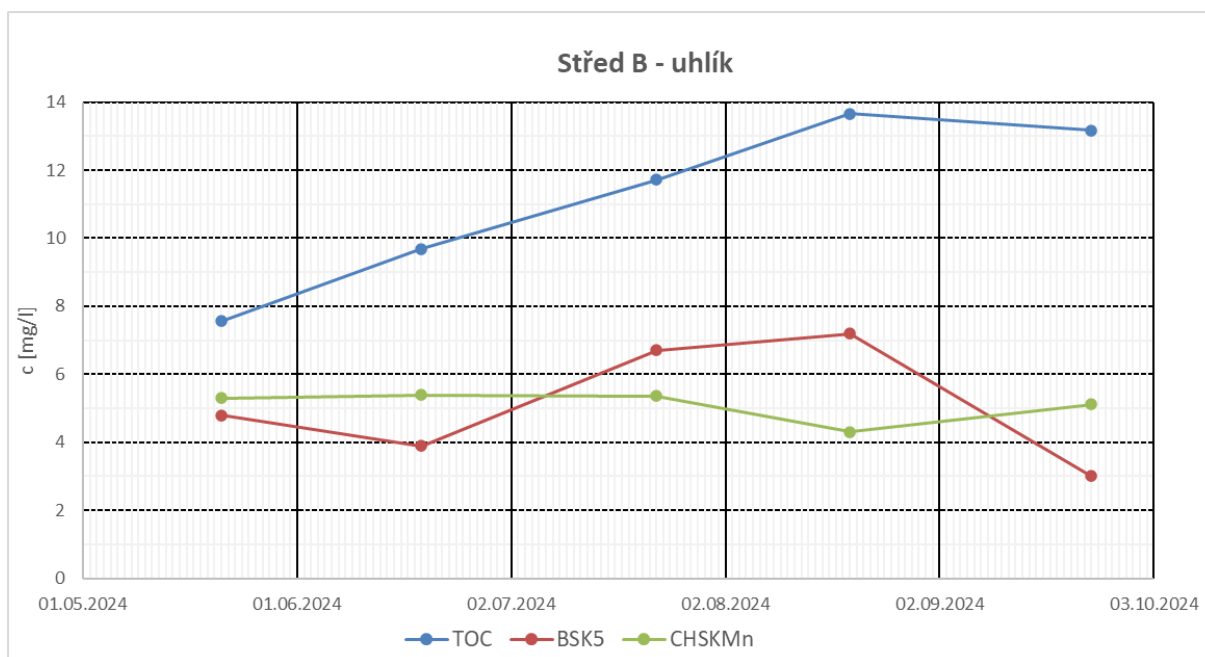
Graf 7: Koncentrace celkového a filtrovaného fosforu v Střed B v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Pozvolný pokles pozorujeme i u hodnot celkového dusíku (Graf 8) z nejvyšší koncentrace v prvním odběru (8,89 mg/l) na nejnižší hodnotu (5,68 mg/l) na konci sledovaného období. Rovněž u jednotlivých forem dusíku pozorujeme podobné průběhy jako na Středu A. Podrobně je průběh zaznamenán v Grafu 8.



Graf 8: Koncentrace celkového dusíku a jednotlivých forem dusíku v Střed B v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Hodnoty celkového organického uhlíku (Graf 9) postupně narůstaly v rozsahu 7,56 až 13,66 mg/l, přičemž nejvyšší hodnota byla pozorována v měsíci srpnu. Koncentrace BSK se proměnlivě pohybovaly od 3 do 7,2 mg/l. Koncentrace CHSK byly stanoveny v rozsahu 4,31 až 5,39.



Graf 9: Koncentrace celkového organického uhlíku, biochemická spotřeba kyslíku BSK₅ a chemické spotřeba kyslíku v Střed B v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Obdobně jako v profilu Střed A byly v profilu Střed B nalezeno vysoké množství sledovaných bakterií. Koliformní bakterie ve všech odebraných vzorcích překročily množství 300 KTJ/100ml. Bakterie rodu *Echerichia Coli*, vyjma odběru z 19.6. (analyzovány 2 KTJ/100ml), ve všech odběrech taktéž přesáhly množství 300 KTJ/100ml.

Z hlediska mikroskopického obrazu v analyzovaných vzorcích převažovaly skrytěnky (převážně větší druhy *Cryptomonas* spp. a malé *Plagioselmis* sp.), méně rozsivky (blíže neurčené centrické (cca 10um), řídce *Aulacoseira* sp. a penátní rodů *Fragilaria* a *Nitzschia*) a zelené řasy (zejména větší zelení bičíkovci *Chlamydomonas* s.l., méně kokálních rodů *Scenedesmus* a *Desmodesmus*).

Řídce až ojediněle bezbarví bičíkovci, sinice a nálevníci (*Strobilidium* sp.). V malém množství, ale vzhledem k velikosti v biomase nezanedbatelná velká krásnoočka rodů *Lepocinclis*, *Euglena* a *Monomorpha*, méně obrněnky *Peridinium* s.l. a krásivky *Closterium aciculare*.

Mezi sinicemi, vyskytujícími se v populaci, početně převažují tenké vláknité druhy (směs *Pseudanabaena* sp. a *Planktolyngbya* sp.), ale z hlediska biomasy jsou významnější větší vláknité druhy - *Aphanizomenon gracile* a kokální *Microcystis* sp. Méně hojně se vyskytující byly vláknité druhy *Raphidiopsis mediterranea*, řídce

až ojediněle přítomny drobné kokální *Merismopedia punctata* a vláknité *Cuspidothrix issatschenkoi* .

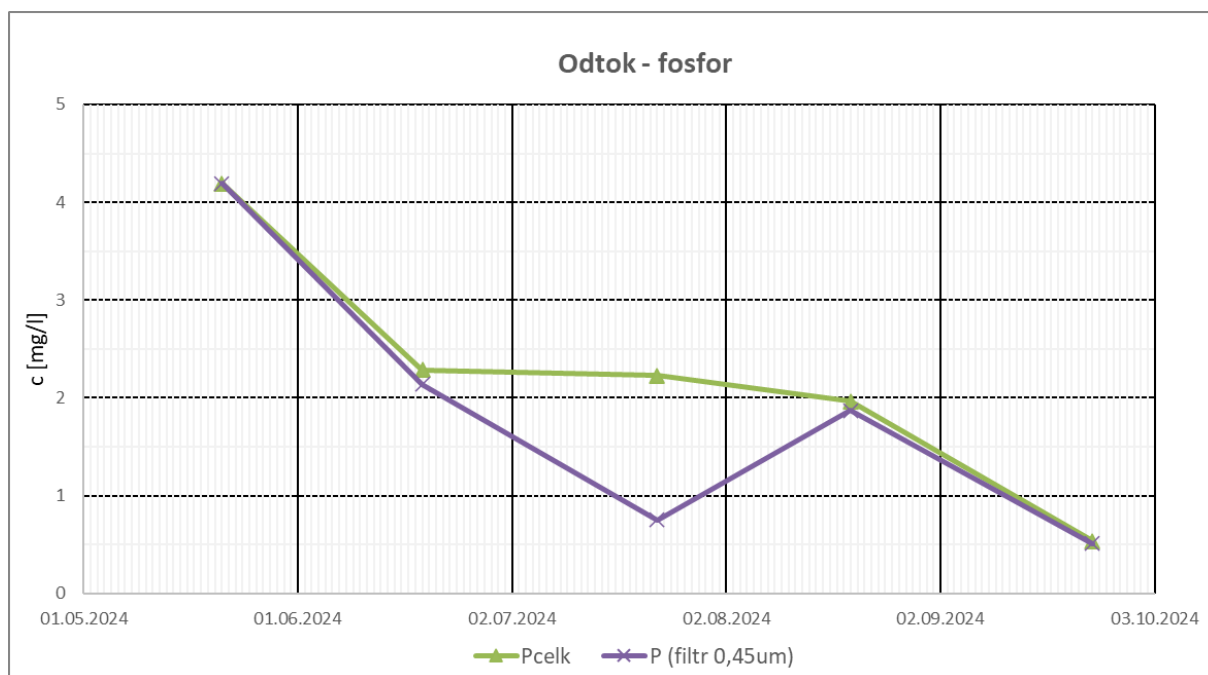
4.3.3. Odtok

V tabulce VII jsou zaznamenány výsledky z terénního měření, přičemž nejvyšší a nejnižší body byly pro lepší orientaci označeny rozdílnou barvou.

Tab. VII: Parametry měřené během odběru na místě Odtok. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší.

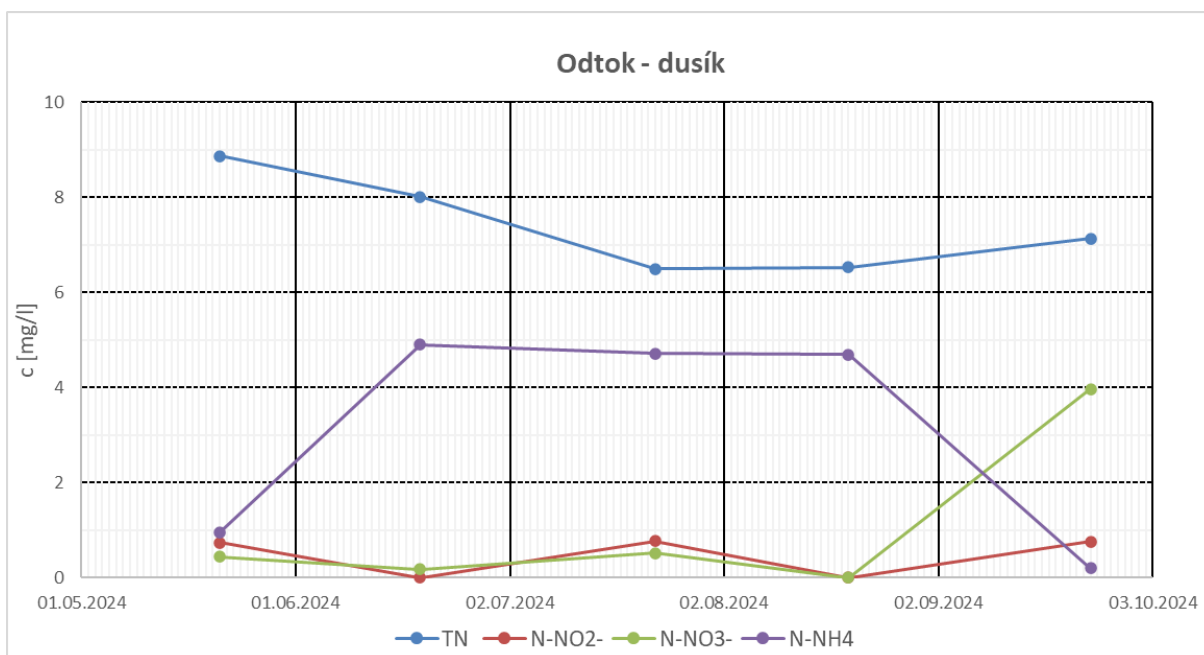
	pH	vodivost	O ₂	orp	teplota
		uS/cm	mg/l	mV	°C
21.05.2024	6,57	1142	0,54	258	21,03
19.06.2024	7,4	1225	1,40	229	23,70
23.07.2024	7,39	1205	5,2	214	27,1
20.08.2024	8,64	981	5,4	224	22,1
24.9.2024	6,31	1046	1,77	151	15,5

Stejně jako v předchozích případech, i na odtoku byl pozorován klesající trend koncentrací celkového i filtrovaného fosforu (Graf 10). Hodnoty se pohybovaly od 4,19 mg/l do 0,54 mg/l pro celkový a od 4,19 mg/l do 0,51 mg/l pro filtrovaný fosfor.



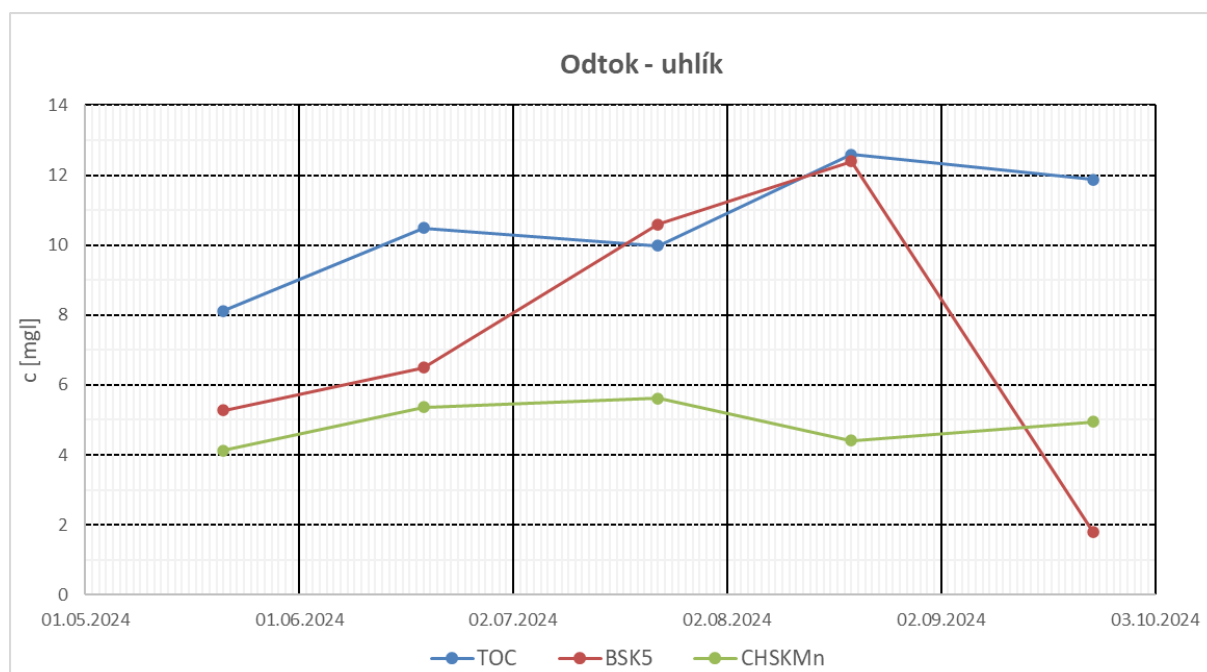
Graf 10: Koncentrace celkového a filtrovaného fosforu na odtoku v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Celkový dusík (Graf 11) na odtoku byl nejvyšší v prvním měsíci sledování (8,87 mg/l). Jeho koncentrace postupně klesla na nejnižší hodnotu 6,50 mg/l v měsíci červenci, načež následně mírně vzrostla na 7,13 mg/l. Průběh jednotlivých forem dusíku během sledovaného období je zaznamenán v Grafu 11.



Graf 11: Koncentrace celkového dusíku a jednotlivých forem dusíku na odtoku v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Koncentrace celkového organického uhlíku (Graf 12) na odtoku postupně narůstala z nejnižší hodnoty na začátku sledovaného období (8,12 mg/l). Nejvyšší hodnota byla sledována v měsíci srpnu - 12,58 mg/l. Podobný trend pozvolného nárůstu byl pozorován na všech odběrových místech. Hodnoty BSK se velmi kolísavě pohybovaly v rozmezí 1,8 až 12,58 mg/l. Koncentrace CHSK byly stejně jako v předchozích odběrových stanovištích poměrně konstantní v rozsahu 4,13 – 5,61 mg/l.



Graf 12: Koncentrace celkového organického uhlíku, biochemická spotřeby kyslíku BSK₅ a chemické spotřeby kyslíku na odtoku v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Koliformní bakterie ve vzorcích na sledovaném profilu Odtok po celou dobu odběrové kampaně překračovaly hodnotu 300 KTJ/100ml. Bakterie rodu *Escherichia Coli* překročily 300 KTJ/100ml v květnovém, srpnovém a zářijovém odběru, v červnu a červenci byly zjištěné hodnoty řádově nižší (24 KTJ/100ml - 19.6. a 28 KTJ/100ml - 23.7.).

Na odběrovém místě Odtok se z organismů vyskytovaly zejména rozsivky (blíže neurčené centrické-cca 10um, méně penátní rodů *Fragilaria* a *Nitzschia*) a skrytěnky (převážně větší druhy *Cryptomonas* spp. a malé *Plagioselmis* sp.), méně pak zelené řasy (větší zelení bičíkovci *Chlamydomonas* s.l., v menší mířekokální rodů *Scenedesmus*, *Desmodesmus* a *Monoraphidium*). Řídce až ojediněle se v odebraných vzorcích vyskytovaly bezbarví bičíkovci, sinice, zlativky (*Mallomonas*

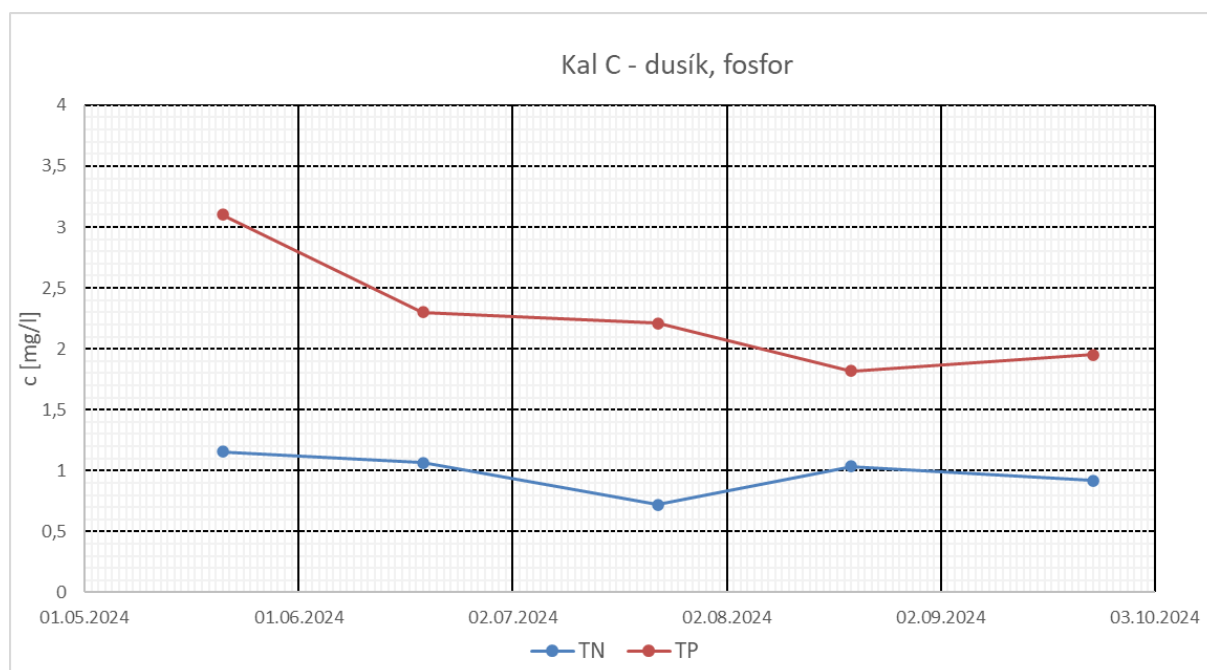
sp.) a nálevníci. Ačkoliv se krásnoočka rodů *Euglena*, *Lepocinclis* a *Monomorphina*, obrněnky *Peridinium*

s.l. a krásivky *Closterium aciculare* vyskytovaly řídce, vzhledem k velikosti v biomase je jejich přítomnost nezanedbatelná.

Ze sinic převažujících v biomase se vyskytovaly převážně tenké vláknité druhy (směs *Pseudanabaena* sp. a *Planktolyngbya* sp.), větší vláknité *Raphidiopsis mediterranea* a *Aphanizomenon gracile* a kokální *Microcystis* sp.. Méně významné jsou nalezené drobné kokální *Snowella* sp. a *Merismopedia punctata*.

4.3.4. Kal C

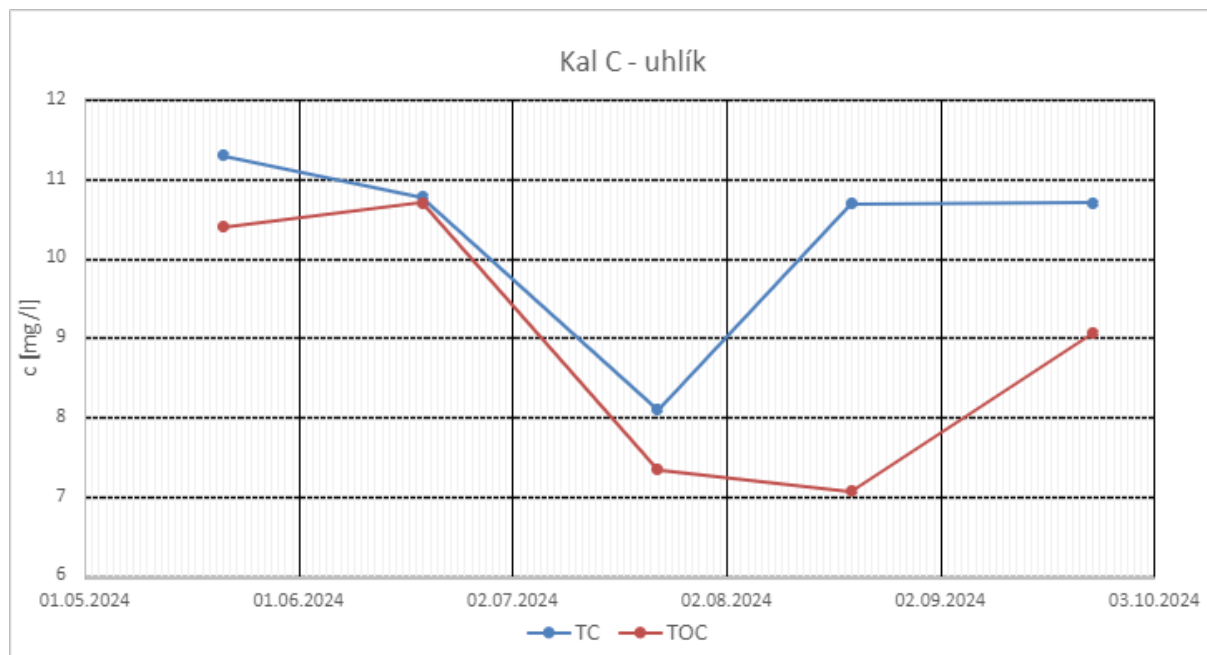
Ve vzorcích kalu odebraných na místě označeném jako Kal C byly sledovány koncentrace celkového fosforu (Graf 13). V průběhu sledování došlo k výraznému poklesu z původní hodnoty 3,10 mg/g suš. na 1,82 mg/g suš. Tato nejnižší hodnota byla stanovena v měsíci srpnu. Ve stejném grafu jsou zaznamenány také hodnoty celkového dusíku, které se pohybovaly v rozmezí od 0,72 mg/g suš do 1,16 mg/g suš bez výrazných výkyvů v průběhu sledování.



Graf 13: Koncentrace celkového dusíku a fosforu v kalu C v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

V následujícím grafu (Graf 14) jsou zaznamenány hodnoty celkového a celkového organického uhlíku ve vzorcích kalu C. V obou případech došlo v průběhu sledování k výraznému poklesu koncentrace v měsíci červenci z původní hodnoty 11,29 %

suš. (pro TC) a 10,4 % suš (pro TOC) na 8,10 % suš resp. 7,34 % suš. Jak vyplývá z grafu, koncentrace v následujících měsících opět vzrostla.



Graf 14: Koncentrace celkového uhlíku a celkového organického uhlíku v kalu C v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

V následující tabulce VIII jsou zaznamenány parametry, které byly rovněž sledovány ve vzorcích kalů. Pro jednodušší interpretaci výsledků jsou nejvyšší a nejnižší zaznamenané hodnoty označeny rozdílnou barvou.

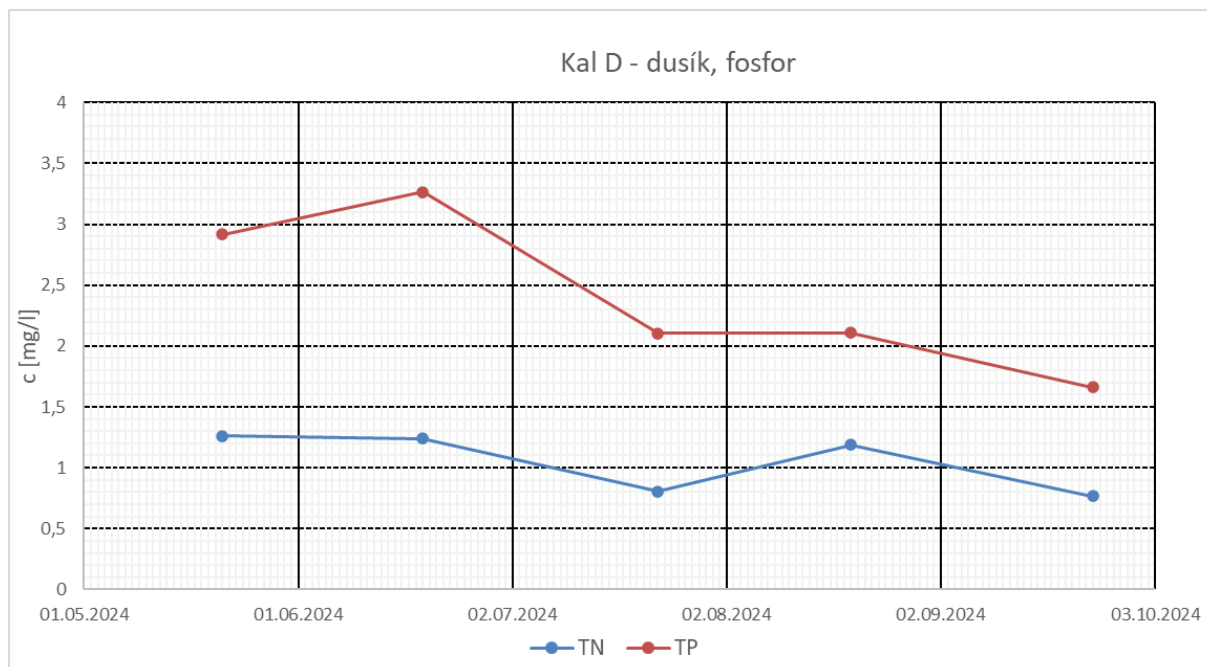
Tab. VIII: Další parametry sledované ve vzorcích kalů z odběrového míst C. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší.

Datum odběru	pH	Sušina	Ztráta žiháním	Al	Cu	Fe	Zn
		%	%	mg/g suš.	mg/g suš.	mg/g suš.	mg/g suš.
21.05.2024	6,78	15,2	22,5	13100	95,2	16200	342
19.06.2024	6,94	18,72	20,1	8610	57,3	10500	215
23.07.2024	7,17	14,9	24,5	11900	61,8	16400	230
20.08.2024	6,7	17,46	20,82	12400	63	16000	230
24.09.2024	7,17	22,33	20,13	13300	72,4	18700	300

4.3.5. Kal D

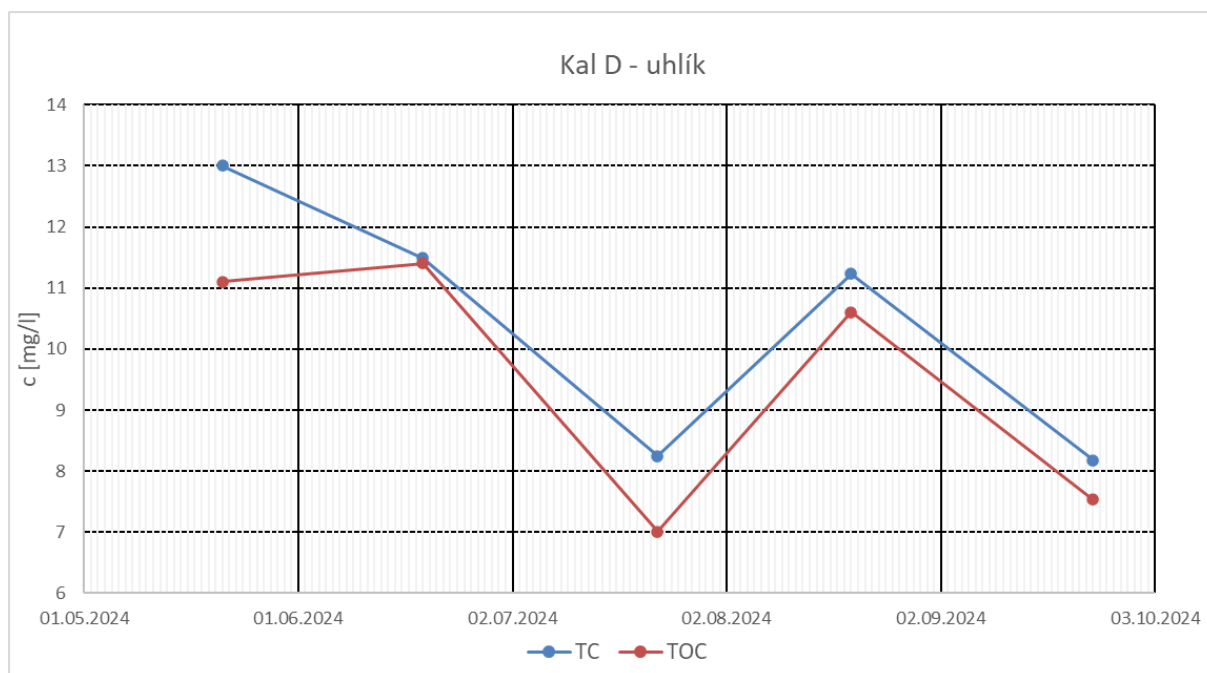
Stejně jako v předchozím případě došlo i ve vzorcích kalu z odběrového místa D k výraznému poklesu koncentrace celkového fosforu v průběhu sledování (Graf 15). Nejvyšší hodnota byla zaznamenána při druhém odběru v měsíci červnu (3,27

mg/g suš). Nejnižší koncentrace (1,66 mg/g suš) pak byla stanovena na konci sledovaného období. Hodnoty celkového dusíku se stejně jako v předešlém případě pohybovaly bez výrazných výkyvů v rozmezí od 0,765 mg/g suš do 1,26 mg/g suš.



Graf 15: Koncentrace celkového dusíku a fosforu v kalu D v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Na následujícím grafu (Graf 16) jsou znázorněny výsledky TC a TOC ve vzorcích kalů z odběrového místa D. Z uvedeného grafu vyplývá velmi obdobný trend, jako u vzorků kalů z odběrového místa C. I v tomto případě došlo k poklesu a následnému vzrůstu obou parametrů v měsíci červenci. V tomto případě ale hodnota znovu klesla v posledním měsíci sledování. Jednotlivé koncentrace se pohybovaly v rozmezí 8,18 % suš – 13,00 % suš pro TC a 7,01 % suš - 11,4 % suš.



Graf 16: Koncentrace celkového uhlíku a celkového organického uhlíku v kalu D v průběhu sledovaného období 21. 5. 2024 – 24. 09. 2024

Zbývající parametry sledované v Kalu D jsou shrnuty v tabulce IX.

Tab. IX: Další parametry sledované ve vzorcích kalů z odběrového místa D. Modrá barva označuje nejnižší hodnotu parametru ve sledovaném období, šedá barva označuje hodnotu nejvyšší.

Datum odběru	pH	Sušina	Ztráta žiháním	Al	Cu	Fe	Zn
		%	%	mg/g suš.	mg/g suš.	mg/g suš.	mg/g suš.
21.05.2024	6,72	15,4	23,2	8050	58,2	9820	214
19.06.2024	6,88	15,34	22,9	6800	65,4	9480	227
23.07.2024	7,19	16,5	25,8	12800	64,6	16400	239
20.08.2024	6,72	17,21	22,63	12900	93,3	16200	308
24.09.2024	7,04	25,89	17,94	13300	67,3	18500	290

Veškeré výsledky použité k vypracování této zprávy jsou uvedeny v Příloze 1 a jsou součástí této zprávy.

5. Závěrečné vyhodnocení efektu aplikace biopreparátu na sediment, kvalitu vody, kyslíkový režim nádrže a obsah a dynamiku fosforu s ohledem na riziko eutrofizace – shrnutí vegetační sezóny 2024

1. Mineralizace organického uhlíku:

- Během sledovaného období bylo patrné výrazné snížení koncentrací celkového organického uhlíku (TOC) v sedimentech, což jednoznačně ukazuje na aktivní mineralizaci organické hmoty. Tento proces je klíčovým ukazatelem biologické aktivity, která byla zřejmě stimulována aplikací biopreparátu.
- Nejvýraznější pokles byl zaznamenán v červenci, což svědčí o efektivním nástupu účinků preparátu. Následný mírný nárůst hodnot TOC může odrážet vyrovnávání mikrobiální aktivity, přičemž celkový efekt ukazuje na dynamiku systému v reakci na biologickou stimulaci.

2. Snížení mocnosti sedimentů:

- Biopreparát prokazatelně přispěl k redukci sedimentů. To je zřejmé z poklesu koncentrace celkového fosforu (TP) v sedimentech na obou sledovaných místech (Kal C a Kal D). Největší úbytek byl zaznamenán v srpnu a září, kdy došlo k vizuálnímu poklesu sedimentů zejména v nátokové zóně nádrže.
- Tento úbytek živin v sedimentech lze interpretovat jako důsledek zvýšené aktivity mikroorganismů, což podporuje přirozenou biologickou regeneraci nádrže a snižuje riziko přísunu fosforu do vodního sloupce.

3. Stabilní parametry sedimentu:

- pH sedimentů zůstalo během celého sledovaného období v přijatelných mezích bez výrazných odchylek. Tento fakt dokládá, že biopreparát nevyvolává nepřírozené chemické změny, které by mohly destabilizovat sediment nebo ovlivnit jeho ekologické vlastnosti.
- Koncentrace těžkých kovů (Fe, Cu, Zn) zůstaly stabilní a v přijatelných mezích, což dokazuje, že biopreparát je bezpečný z hlediska toxicity a nezpůsobuje akumulaci škodlivých látek.

4. Kvalita vody:

- Celkové hodnoty organického uhlíku a dusíku v povrchové vodě kolísaly v rámci přirozených sezónních změn, ale nezaznamenaly

výrazné zhoršení, což potvrzuje, že aplikace biopreparátu nenarušila kvalitu odtoku.

- Snížení hodnot fosforu ve vodním sloupci na všech sledovaných odběrových místech prokazuje efektivní vazbu fosforu biopreparátem, čímž se minimalizuje riziko jeho opětovného uvolnění do vodního sloupce a následné eutrofizace.
- Přítomnost koliformních bakterií byla konstantní, což indikuje potřebu dalšího sledování hygienické kvality vody, nicméně tato skutečnost nijak nesnižuje přínos biopreparátu pro redukci živin.

5. Obsah fosforu v sedimentech:

- Výrazný pokles koncentrací fosforu v sedimentech je jedním z nejvýraznějších pozitivních dopadů aplikace biopreparátu. Tento proces naznačuje zvýšenou mikrobiální mineralizaci fosforu, což přispívá k jeho imobilizaci a omezení biologické dostupnosti.
- Přestože pokles fosforu nebyl vždy doprovázen úbytkem organické hmoty, tento jev lze přičítat selektivnímu rozkladu některých organických složek, což poukazuje na cílený účinek biopreparátu na klíčové nutrienty.

6. Dynamika fosforu a minimalizace rizika eutrofizace:

- Klesající koncentrace biologicky dostupného fosforu (zejména P-filtrovaný) indikují, že biopreparát efektivně snižuje přísun tohoto klíčového prvku do vodního sloupce. Tím se omezuje možnost růstu fytoplanktonu, což je klíčové pro prevenci eutrofizace.
- Ačkoli nízké hladiny kyslíku a vyšší koncentrace amoniakálního dusíku naznačují probíhající intenzivní rozklad organické hmoty, tyto procesy by mohly být přechodného charakteru. Dlouhodobě mohou přispět ke zlepšení kvality vody díky redukci přebytečné organické hmoty.

7. Ekologické dopady:

- Absence masivního rozvoje fytoplanktonu s výjimkou ojedinělých výkyvů dokládá pozitivní vliv biopreparátu na kontrolu primární produkce. To přispívá ke stabilizaci ekosystému nádrže a minimalizaci rizik spojených s nadměrnou produkcí biomasy.
- Dlouhodobá ekologická stabilita nádrže je podpořena udržením nízké biologické dostupnosti fosforu a zlepšením kyslíkového režimu, což zajišťuje lepší podmínky pro vodní organismy a celkovou ekologickou rovnováhu.

Závěr:

Aplikace biopreparátu v nádrži přinesla řadu pozitivních efektů, zejména v oblasti snižování dostupnosti fosforu, redukce sedimentů a kontroly primární produkce. Tyto změny významně přispívají k omezení rizika eutrofizace a ekologické stability nádrže. Doporučuje se pokračovat v monitoringu pro potvrzení dlouhodobých přínosů a optimalizaci podmínek pro aplikaci biopreparátu v podobných vodních plochách.

Příloha 1 - Vyhodnocení kvality povrchové vody a kalu Kleneč závěrečná zpráva laboratoř

Tab. I: Výsledky použité k vytvoření závěrečné zprávy – voda I

		TOC	TC	TIC	TN	Pcelk	P (filtr 0,45um)	BSK5	CHSKMn	KNK4,5
Název	datum odběru	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l
Přítok	21.05.2024	7,63	77,90	70,27	8,52	1,37	1,34	4,96	3,76	5,86
Přítok	19.06.2024	7,90	87,78	79,88	7,31	1,37	1,35	5,90	4,08	6,70
Přítok	23.07.2024	7,74	80,44	72,69	8,16	1,01	0,52	7,80	4,37	6,14
Přítok	20.08.2024	10,83	72,59	61,76	10,26	1,18	1,03	8,60	4,51	5,82
Přítok	24.09.2024	8,86	76,97	68,11	11,48	0,75	0,72	1,10	4,36	6,20
Střed A	21.05.2024	8,39	94,88	86,49	8,68	4,35	4,10	5,40	5,17	7,30
Střed A	19.06.2024	9,48	95,77	86,29	7,78	2,28	2,19	5,10	5,19	7,23
Střed A	23.07.2024	10,46	95,36	84,90	6,50	1,91	1,81	6,70	5,70	7,06
Střed A	20.08.2024	12,81	74,24	61,43	6,96	1,90	1,83	7,40	4,04	5,66
Střed A	24.09.2024	13,26	84,40	71,14	5,99	0,99	0,89	5,60	5,04	6,20
Střed B	21.05.2024	7,56	93,94	86,38	8,89	4,36	4,14	4,80	5,30	7,33
Střed B	19.06.2024	9,69	95,81	86,12	7,74	2,51	2,39	3,90	5,39	7,10
Střed B	23.07.2024	11,71	97,96	86,24	7,78	2,01	1,82	6,70	5,36	7,18
Střed B	20.08.2024	13,66	75,32	61,66	7,00	1,90	1,88	7,20	4,31	5,63
Střed B	24.09.2024	13,18	84,21	71,03	5,68	0,75	0,73	3,00	5,12	6,20
Odtok	21.05.2024	8,12	95,01	86,89	8,87	4,19	4,19	5,27	4,13	7,34
Odtok	19.06.2024	10,49	97,75	87,25	8,01	2,29	2,14	6,50	5,36	7,22
Odtok	23.07.2024	9,99	95,39	85,41	6,50	2,23	0,75	10,60	5,61	7,06
Odtok	20.08.2024	12,58	74,17	61,58	6,53	1,96	1,87	12,40	4,41	5,62
Odtok	24.09.2024	11,87	81,79	69,92	7,13	0,54	0,51	1,80	4,94	6,00

Tab. III: Výsledky použité k vytvoření závěrečné zprávy – voda III

		chlorofyl- a	Escherichia Coli	koliformní bakterie
Název	datum odběru	ug/l	KTJ/100ml	KTJ/100ml
Přítok	21.05.2024	<2,5	>300	>300
Přítok	19.06.2024	<2,5	41	>300
Přítok	23.07.2024	<2,5	>300	>300
Přítok	20.08.2024	7,2	>300	>300
Přítok	24.09.2024	3,4	>300	>300
Střed A	21.05.2024	<2,5	>300	>300
Střed A	19.06.2024	<2,5	18	>300
Střed A	23.07.2024	<2,5	>300	>300
Střed A	20.08.2024	<2,5	>300	>300
Střed A	24.09.2024	100	>300	>300
Střed B	21.05.2024	<2,5	>300	>300
Střed B	19.06.2024	<2,5	2	>300
Střed B	23.07.2024	<2,5	>300	>300
Střed B	20.08.2024	<2,5	>300	>300
Střed B	24.09.2024	110	>300	>300
Odtok	21.05.2024	<2,5	>300	>300
Odtok	19.06.2024	<2,5	24	>300
Odtok	23.07.2024	<2,5	28	>300
Odtok	20.08.2024	2,5	>300	>300
Odtok	24.09.2024	53	>300	>300

Tab. IV: Výsledky použité k vytvoření závěrečné zprávy – kal

		TC	TOC	TN	TP
Název	Datum odběru	% suš.	% suš.	% suš.	mg/g suš.
Kal C	21.05.2024	11,3	10,4	1,16	3,10
Kal C	19.06.2024	10,8	10,7	1,07	2,30
Kal C	23.07.2024	8,1	7,34	0,72	2,21
Kal C	20.08.2024	10,69	7,07	1,035	1,82
Kal C	24.09.2024	10,7	9,05	0,92	1,95
Kal D	21.05.2024	13,0	11,1	1,26	2,92
Kal D	19.06.2024	11,5	11,4	1,24	3,27
Kal D	23.07.2024	8,3	7,01	0,81	2,11
Kal D	20.08.2024	11,23	10,6	1,19	2,11
Kal D	24.09.2024	8,175	7,53	0,765	1,66