

Gymnázium Přírodní škola, z.ú
profilová práce — třída KsÍ
vyšší stupeň studia
2023/2024

Jaroslav Janda

**Sledování kvality vody v Loděnickém
potoce pomocí hydrobiologického
průzkumu, vodivosti, pH a Eh**

Vedoucí práce: Mgr. František Tichý

Datum odevzdání: 7.1.2024

Poděkování

Úvodem bych rád poděkoval mému vedoucímu práce Františkovi Tichému za podporu, konzultace, pomoc při terénní práci i zpracovávání dat a investovaný čas. Také bych rád poděkoval lidem, kteří mi pomáhali při terénním průzkumu a to: Jakubovi Jandovi, Šimonovi Petrovi, Alexovi Teodorovi, Anně Göreové, Adamovi Pochmanovi, Matildě Vyhnákové, Karolíně Martinkové a Adamovi Bukovskému.

Obsah

Úvod	1
Cíle	1
Metodika	1
Vytipování odběrových bodů	1
Metodika sběru živočichů	1
Práce s klíčem	2
Určování biotického indexu	2
Metodika měření vodivosti a teploty	2
Metodika měření Eh a pH	3
Zpracování dat z terénu	3
Informace	3
Povrchové vody v Českém krasu	3
Loděnice	3
Eh	4
pH	4
Vodivost	4
Biotický index	4
Příprava na terénní výzkum	4
Kalibrace přístroje GMH 3530 pro měření pH	4
Ověřování funkčnosti měření u Eh elektrody	5
Měření	5
Body měření	5
Bod měření 1	7
Bod měření 2	7
Bod měření 3	7
Bod měření 4	7
Bod měření 5	7
Bod měření 6	7
Bod měření 7	7
Bod měření 8	7
Bod měření 9	7
Bod měření 10	8
Bod měření 11	8

Bod měření 12	8
Bod měření 13	8
Bod měření 14	8
Bod měření 15	8
Jednotlivá měření	9
Měření 2. června 2023	9
Měření 16. srpna 2023	11
Měření 16. září 2023	14
Měření 25. listopadu 2023	17
Měření 2. ledna 2024	20
Zapojení mladších studentů	24
Účast na terénních měřeních	24
Program na Adaptačním výjezdu třídy Pí	24
Závěry	25
Měření	25
Závěry – sledování biotického indexu	26
Závěry – měření vodivosti	26
Závěry – měření pH	28
Závěry – měření Eh	28
Diskuze a celkové závěry	30
Literatura a zdroje:	31
Přílohy	32
Příloha 1 – Záměr	32

Úvod

Zajímají mě přírodní vědy, proto jsem se rozhodl do tohoto oboru situovat i svoji profilovou práci, téma práce mi navrhl František Tichý, který se stal i mým vedoucím práce. V rámci své profilové práce jsem se tedy rozhodl zkoumat znečištění Loděnického potoka v okolí Svatého Jana pod Skalou. Svatý Jan pod Skalou jsem si vybral, protože tam jezdím se školou už přes sedm let a k místu mám vztah.

Při rešerši jsem nenalezl žádný podobný výzkum a myslím si, že taková práce by mohla přispět ke zlepšení životního prostředí v okolí Svatého Jana pod Skalou. K průzkumu znečištění jsem si vybral kombinaci chemického a biologického průzkumu, která podle mě může dobře poukázat na případné znečištění.

Mým cílem je zjistit stav znečištění na Loděnickém potoce v úseku od Sedlece po Svatý Jan pod Skalou. Chci provést alespoň čtyři měření v různých částech roku, v rámci měření budu provádět sběr vodních bezobratlých živočichů, ze kterých určím v jednotlivých bodech biotický index. Také budu provádět měření vodivosti a teploty vody, v rámci minimálně jednoho měření také změřím parametry vody pH a Eh.

Cíle

- Provést alespoň čtyři měření v různých částech roku mezi obcemi Sedlec a Hostim. V rámci měření provést sběr vodních bezobratlých živočichů a z nich určit biotický index, změřit vodivost vody.
- Minimálně jednou provést měření pH a Eh.
- Vytvořit tabulky a grafy z naměřených dat.
- V případě zjištěných znečištění vytipovat jejich zdroj a kontaktovat příslušné úřady
- Zapojit do měření mladší studenty.

Metodika

Vytipování odběrových bodů

Ve sledovaném úseku mezi Sedlecem a Hostimí jsem si nejdříve okolí říčky prošel a vytypoval si deset bodů, kde budu měření realizovat. Bral jsem ohled hlavně na dostupnost ze břehu i to, aby body reprezentovaly různé úseky toku. Body jsem se snažil určit tak, aby byly kolem 300 metrů od sebe. Body jsem zaznamenal do mapy (viz. mapa č. 1).

Metodika sběru živočichů

Na vybraném místě provedu pomocí sítka sběr vodních živočichů. Provedu vždy kolem patnácti sběrů ze dna. Nalezené bezobratlé živočichy si určím podle Klíče k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od organizace Rezekvítek. Všechny nalezené druhy si zaznamenám. Podle klíče si určím biotický index.

Práce s klíčem

K určování živočichů budu používat klíč k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od Rezekvítku a také klíč k určování vodních bezobratlých živočichů z roku 2010 od Rezekvítku. Při určování živočicha začnu na začátku klíče a odpověďmi na otázky v klíči se dostanu k určenému druhu. V případě, že obrázek nebude odpovídat určenému živočichovi budu opakovat proces určování znovu. V případě, že i po opakovaném pokusu o určení budu neúspěšný, živočicha vyfotografuji a pokusím se ho určit později při zpracování dat z terénního průzkumu.

Určování biotického indexu

Biotický index budu počítat podle Klíče k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od organizace Rezekvítek, kde je ke každé určené živočišné skupině přidělen počet bodů (viz: Tabulka 1). Při určování biotického indexu vynásobím počet jedinců u dané živočišné skupiny počtem bodů určeným klíčem. Výsledné hodnoty všech živočišných skupin sečtu a následně vydělím součtem všech nalezených jedinců, tím získám hodnotu biotického indexu z dané zkoumané lokality.

Jméno živočišné skupiny	Body biotického indexu	Jméno živočišné skupiny	Body biotického indexu
ploštěnci	4	larvy vážky	8
kroužkovci	1	nymfy pošvatek	10
pijavice	3	vodoměrka	5
plži	3	bruslařka	5
hrachovky (mlži)	3	splešťule blátivá	5
škeble rybničná (mlži)	6	znakoplavka	5
kamomil říční (plži)	8	klešťanka	5
rak říční	10	larvy chrostíků se schránkou	7
beruška vodní (korýši, stejnonožci)	3	larvy chrostíků bez schránky	5
blešivci (různonožci korýši)	6	larvy střechatek	4
vodule (roztoči)	4	larvy vodních brouků	5
nymfy jepic	10	larvy tiplic	5
larvy šídlatek	8	larvy pestřenek	3
larvy pakomárů	2	larvy muchničků	5
larvy motýlic (vážky)	6		

Tabulka 1 – tabulka biotického indexu

Metodika měření vodivosti a teploty

K měření vodivosti budu používat přístroj GMH 3410. Na měřeném místě ponořím celou elektrodu pod hladinu a počkám, než se hodnoty ustálí (obvykle cca 1 minutu), z přístroje pak odečtu hodnoty vodivosti a teploty, odečtené hodnoty si zaznamenám do zápisníku.

V případě, že na měřeném místě budu provádět i sběr živočichů, elektrodu umístím proti proudu od místa, kde budu provádět sběr, aby zviřený materiál ze dna neovlivnil měření.

Metodika měření Eh a pH

Pro měření Eh a pH budu používat přístroj GMH 3530. Při měření pH a Eh budu postupovat stejně jako při měření vodivosti, elektrodu tedy umístím proti proudu od místa, kde budu provádět sběr bezobratlých, počkám až se hodnoty ustálí a hodnoty si zaznamenám do zápisníku.

Zpracování dat z terénu

Po příchodu z terénu si zaznamenané hodnoty vodivosti, teploty, pH a Eh zapíši do tabulky v excelu. Také vypočítám z nasbíraných dat biotický index ve všech měřených bodech. Z naměřených dat vytvořím grafy popisující vývoj měřených hodnot v toku. Z naměřených dat sepíšu zprávu

Informace

Povrchové vody v Českém krasu

Český kras je největší krasová oblast na území České republiky. Český kras začal vznikat už ve třetihorách. Ve třetihorách protékala v opačném směru oblastí Českého krasu mohutná řeka, která vytvořila písčité a štěrkové náplavy. Berounka začala protékat Českým krasem až ve čtvrtohorách, ta vyhloubila údolí a zanechala vrstvy vápencového pěnovce, který se ukládal na dně koryta řeky a jejich přítoků. Tok Berounky je ovlivňován dvěma jezy, jeden se nachází u Karlštejna a druhý u Hlásné Třebáně. Řeka také byla zredukována začátkem 20. století, tím se narušil její přirozený tok.

Některé potoky (například Bubovický potok) v časech sucha vysychají. V Českém krasu existuje síť podzemních vod složený z puklin, chodeb a kolektorů. Část podzemních vod v Českém krasu vyvěrá na povrch například pramen Svatého Ivana, pramen Pod Boubovou nebo Karlova studánka. 10–15% podzemních vod je odčerpáváno studnami. Český kras je tvořen z 2,5% vodními plochami, největšími rybníky jsou rybník Obora a Korenský rybník. Rybníky jsou však přerybněné a žijí v nich i invazivní druhy, to narušuje původní ekosystémy. Na území krasu se také nachází mokřady s olšemi a jasany, významným mokřadem je Bubovický mokřad.

Loděnice

Loděnice, někdy nazýváno také Kačák nebo Loděnický potok, je říčka, která se nachází ve středočeském kraji, pramení ve vrchovině Džbán u obce Kroučová, poté teče na jih a jihovýchod přes obce Řevničov, Kačice, Doksy, Malé Kyšice, Chrustenice, Loděnice, Svatý Jan pod Skalou. Poté se vlévá jako levý přítok do Berounky severně od Srbska. Tok je dlouhý 61,1 km a protéká čtyřmi okresy a to Kladno, Rakovník, Praha – západ, Beroun. Povodí Loděnice je 271,1 km² a zabírá části Křivoklátska, Českého Krasu a Pražské plošiny. Mezi Řevničovem a Družcem s nachází několik rybníků z nichž největší je Turyňský rybník, který má 51 hektarů, nachází se u obce Srb a je to největší vodní plocha v okrese Kladno. Loděnice protéká Přírodním parkem Džbán a CHKO Český kras. Kolem Loděnice se v úseku Srb až Chroustenic nachází Přírodní park povodí Kačáku, kolem Loděnice se nachází

několik maloplošných chráněných území a to: PR V Bahnách, PR Záplavy, PR Kalspot, PP pod Veselovem, PP Markův mlýn a NPR Karlštejn.

Eh

Eh neboli oxidačně-redukční potenciál určuje, jestli v měřeném prostředí budou probíhat spíše oxidační nebo redukční reakce, nižší hodnoty ukazují na redukci, zatímco vyšší hodnoty spíše na oxidaci. Oxidačně-redukční potenciál se udává v milivoltech. Hodnota v toku se pohybuje mezi 300 mV a 500 mV. To, jak jsou hodnoty Eh vysoké, ukazuje na množství rozpuštěného kyslíku, síry, dusičnanů a železa. Oxidačně-redukční potenciál může poukazovat na znečištění toku. Snížené množství rozpuštěného kyslíku může mít za následek snížení počtu bakterií ve vodě, které rozkládají mrtvou biomasu.

pH

pH určuje míru zásaditosti nebo kyselosti u vodných roztoků, kyselá látka má schopnost odštěpovat vodíkové kationty, zásady mají zase naopak schopnost vodíkové kationty přijímat. Stupnice kyselosti se pohybuje od 0 do 14, přičemž látky s nižším pH než 7 jsou kyselé, naopak látky s vyšším pH než 7 jsou zásadité, látky o pH 7 jsou neutrální. Hodnoty pitné vody se pohybují mezi 6,5 a 8,5. Různé hodnoty pH mohou ukazovat na chemické znečištění toku. Ve vodě s nižšími hodnotami pH se lépe rozpouští kovy a různé chemikálie. Hodnota pH vody může být ovlivněna vypouštěním chemikálií do toku, dále mohou být hodnoty pH ovlivňovány teplotou vody a podložím.

Vodivost

Vodivost je fyzikální veličina, která určuje schopnost materiálu vést proud při napětí. Jednotkou vodivosti je siemens [S]. Vodivost ovlivňuje množství rozpuštěných iontů v látce, a to může poukazovat na znečištění toku. V tocích se hodnoty obvykle pohybují okolo 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ale hodnoty se mohou lišit v důsledku druhů hornin v okolí toku. Vodivost také ovlivňuje teplota, při vyšší teplotě je vodivost větší, a naopak při nižší teplotě je vodivost menší. Zvýšení vodivosti v toku může být zapříčiněno vypouštěním odpadních vod nebo například solným posypem na silnicích v zimě.

Biotický index

Biotický index je hodnota, která určuje znečištění měřeného místa, biotický index se určuje pomocí druhů živočichů, kteří jsou na místě nalezeni. Z nalezených živočichů se podle čísel přiřazených k daným druhům vypočítá biotický index. Biotických indexů existuje mnoho. Já se rozhodl pracovat s Klíčem k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od organizace Rezekvítek, který data k výpočtu biotického indexu obsahuje.

Příprava na terénní výzkum

Kalibrace přístroje GMH 3530 pro měření pH

Při kalibraci přístroje jsem postupoval podle návodu. Nejprve jsem očistil elektrodu destilovanou vodou. Elektrodu jsem pak postupně vložil do tří kalibračních roztoků o hodnotách pH: 4,01, 7,00, 10,01. Při každé kalibraci jsem zmáčkl tlačítko „CAL“ a vložil elektrodu do roztoku, poté co se na displeji objevilo „OK“, zmáčkl jsem „STORE“ a tím se

zkalibrovaná hodnota uložila. Mezi jednotlivými fázemi kalibrace jsem elektrodu omýval v destilované vodě.

Ověřování funkčnosti měření u Eh elektrody

Při ověřování Eh elektrodami jsem nejprve elektrodu opláchl v destilované vodě, poté jsem nalil ověřovací roztok do čisté sklenice. Roztok by měl mít při 20°C 28mV nebo při 25 stupních 220 mV, po chvíli se hodnota ustálila. Jelikož voda měla kolem 21 °C hodnota Eh byla o něco menší než 228 mV.

Měření

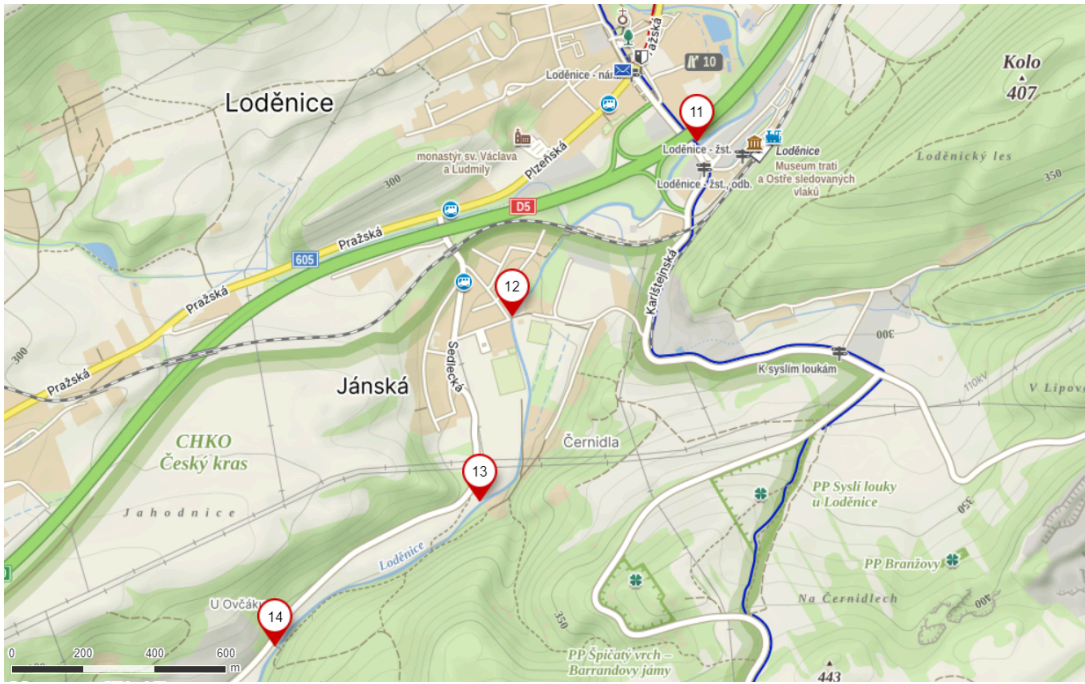
Body měření

V rámci práce jsem provedl měření na deseti místech. Body měření jsem si určil v rozmezí asi 300 metrů od sebe s výjimkou mezi body 4 a 5, kde byl přístup k potoku nemožný. Také body 9 a 10 se nacházejí dále od zbytku ostatních bodů, a to z důvodu, že se jedná o kontrolní body před Hostimí a za Hostimí. (viz: Mapa 1)

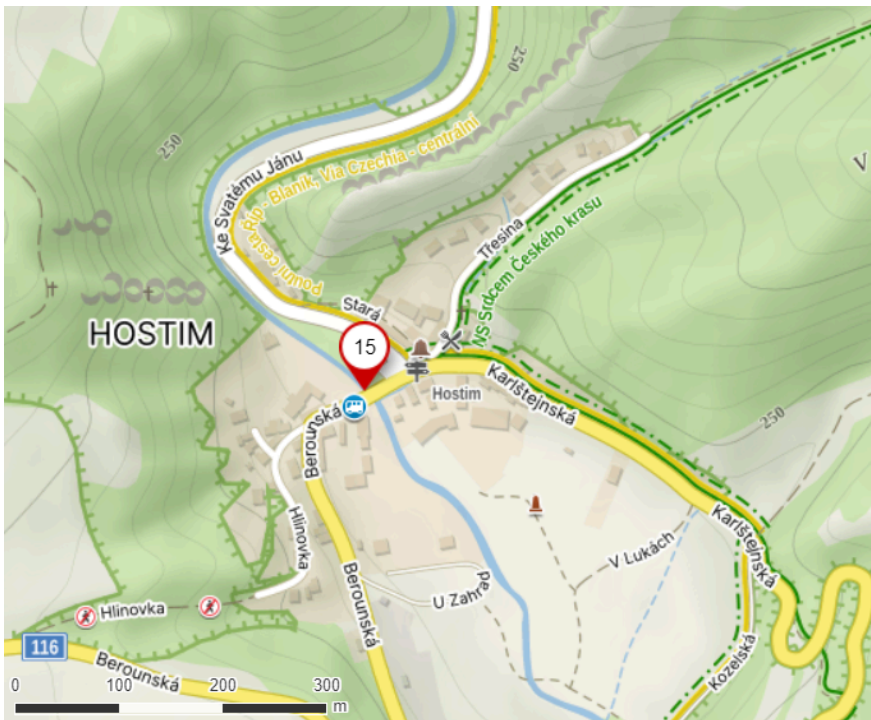
V rámci měření 2.ledna jsem dodatečně určil body 11 až 15. Body 11 až 14 se nachází mezi obcemi Loděnice a obcí Sedlec po přibližně pět seti metrech (viz: Mapa 2), bod 15 se nachází v obci Hostim pod mostem (viz Mapa 3).



Mapa 1 – měřené body 1 až 10



Mapa 2 – měřené body 11 až 14



Mapa 3 – měřený bod 15

Bod měření 1

Bod se nachází u mostu v obci Sedlec na říčním kilometru 5,7 km. Bod je v zástavbě a má zpevněný břeh.

Bod měření 2

Bod 2 se nachází za obcí Sedlec na říčním kilometru 5,1 km. K bodu nevede žádná cesta a u bodu se nachází ohrada s koňmi.

Bod měření 3

Bod 3 se nachází na říčním kilometru 4,9 km kousek od autobusové zastávky sv. Jánek. Bod se nachází přes louku od silnice má a má nezpevněný břeh. Tok je v tomto bodě úzký.

Bod měření 4

Bod 4 se nachází za mostem před Svatým Janem pod Skalou na říčním kilometru 4,7 km. Bod je v létě špatně přístupný, protože je obklopen kopřivami. Potok je široký a mělký.

Bod měření 5

Bod 5 se nachází na začátku obce Svatý Jan pod Skalou za malým jezem. Nachází se na říčním kilometru 3,9 km, z jedné strany je strmý břeh se silnicí a na druhé straně je louka.

Bod měření 6

Bod 6 se nachází u mostu u Svatého Janu pod Skalou – rozc. na říčním kilometru 3,7 km. Nachází se u silnice, oba dva břehy jsou strmé, potok je úzký a hluboký.

Bod měření 7

Bod 7 se nachází pod mostem ve Svatém Janu pod Skalou na říčním kilometru 3,3 km. K bodu vedou schody. Potok je v bodě mělký.

Bod měření 8

Bod 8 se nachází za obcí Svatý Jan pod Skalou před mostem na říčním kilometru 2,9 km. Bod se nachází u silnice a má strmé oba dva břehy.

Bod měření 9

Bod 9 se nachází na začátku obce Hostim na říčním kilometru 1,9 km. Bod se nachází u silnice.

Bod měření 10

Bod se nachází za obcí Hostim u informační cedule naučné stezky na říčním kilometru 1,3 km. Vedle potoka vede cesta od Hostimi směrem k Berounce. Bod je z cesty dobře přístupný.

Bod měření 11

Bod 11 se nachází pod silničním mostem v obci Loděnice na říčním kilometru 8,7 km. K bodu vedou schody a břeh je částečně zpevněný.

Bod měření 12

Bod 12 se nachází u mostu v obci Jánská na říčním kilometru 7,7 km. Břeh je zde bahnitý.

Bod měření 13

Bod 13 se nachází za čistírnou vody v obci Jánská na říčním kilometru 7,2 km. K bodu se lze dostat přes louku. Bod má bahnité dno.

Bod měření 14

Bod 14 se nachází u rozpadajícího se mostu před obcí Sedlec na říčním kilometru 6,5 km. K bodu se dá dostat po cestě vedoucí k mostu, břeh je bahnitý.

Bod měření 15

Bod 15 se nachází pod mostem v obci Hostim na říčním kilometru 1,7 km. Břeh je v bodě zpevněný.

Jednotlivá měření

Měření 2. června 2023

V rámci měření 2. června jsem prováděl měření vodivosti a sběr živočichů. Průzkum jsem udělal na šesti bodech a to 2-7. Dohromady jsem našel osm živočišných skupin a to: Nymfu jepice, pijavici, chrostíka, blešivce, škebli, hrachovku, larvu brouka a berušku vodní (viz: Tabulka 2).

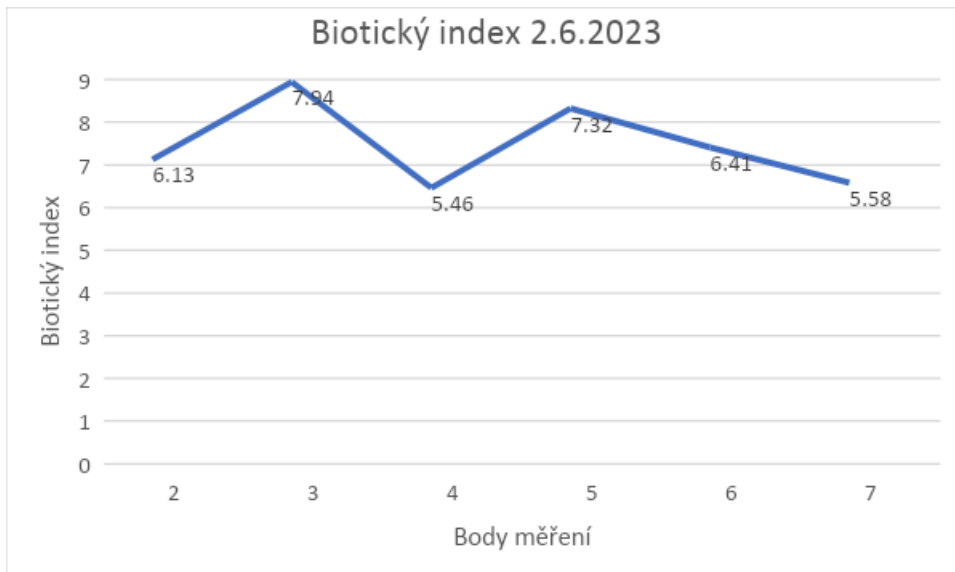
Nejvyšší biotický index jsem určil u bodu 3 a to 7,94, vyšší byl také u bodu 5 a to 7,32, nejnižší byl u bodu 4 a to 5,46 (viz: Graf 1).

Vodivost byla nejvyšší u bodů 2 a 3 a to kolem 1330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mezi body 3 a 4 výrazně klesly hodnoty na 1277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a to o 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dále se pak hodnoty držely mezi 1271 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1282 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz: Graf 2).

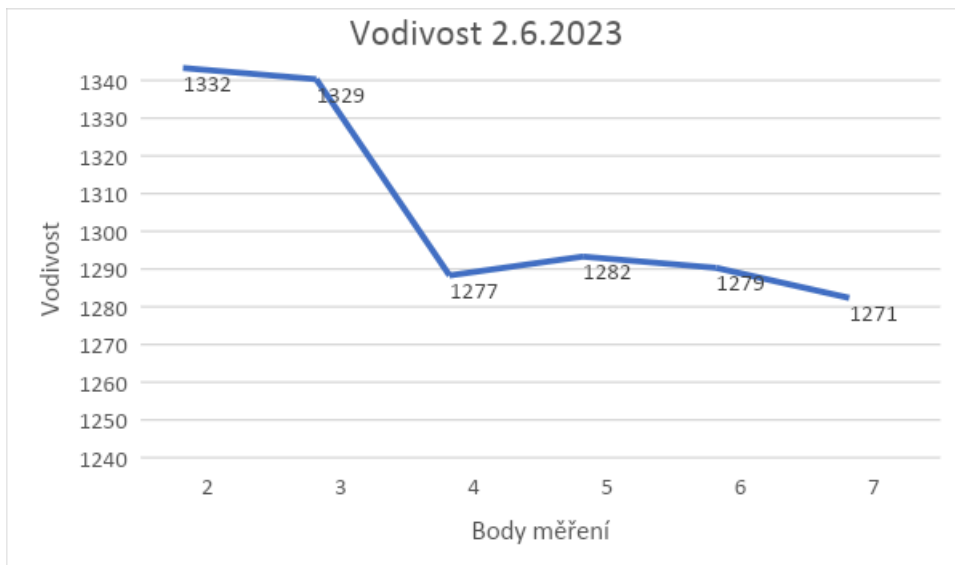
Teplota vody byla kolem 15 °C bez žádných velkých výkyvů (viz: Graf 3).

Biotický index	Živočišné skupiny	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5	Bod 6	Bod 7	celkem
3	pijavice	1		3	1		4	9
3	plži							0
3	hrachovka	3	3					6
6	škeble	1		1			1	3
3	beruška vodní					1		1
6	blešivec	4		2	5	4	2	17
10	nymfa jepice	4	10	2	7	3	3	29
8	Larva šídlatek							0
2	larva pakomára							0
6	larva motýlice							0
8	larva vážky							0
10	larva pošvatky							
5	splešťule blátivá							0
7	larva chrostíka se schránkou							0
5	larva chrostíka bez schránky	2	1	7	3	4	7	24
5	larva brouka		1					1
	biotický index	6,13	7,94	5,46	7,37	6,41	5,58	
	počet nalezených jedinců	15	15	15	16	12	17	

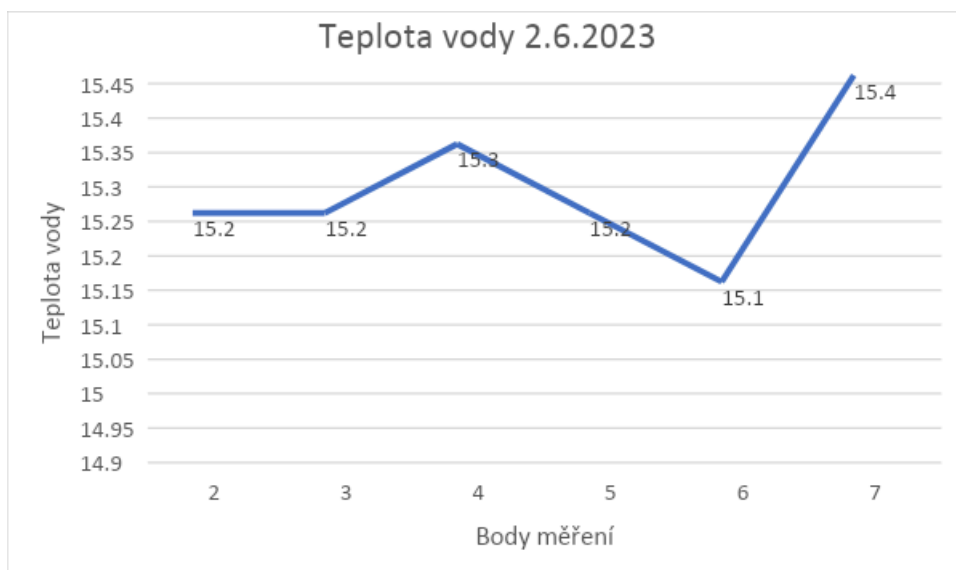
Tabulka 2 – nalezené živočišné skupiny 2.6.2023



Graf 1 - biotický index 2.6.2023



Graf 2 - vodivost 2.6.2023



Graf 3 - teplota vody 2.6.2023

Měření 16. srpna 2023

V rámci měření 16. srpna jsem prováděl sběr živočichů a měření vodivosti ve všech měřených bodech. Do biotického indexu jsem rozlišil jedenáct živočišných skupin a to: nymfu jepice, pijavici, chrostíka se schránkou, chrostíka, blešivce, škebli, berušku vodní, larvu motýlice, hrachovku, larvu vážky a larvu brouka (viz: Tabulka 3).

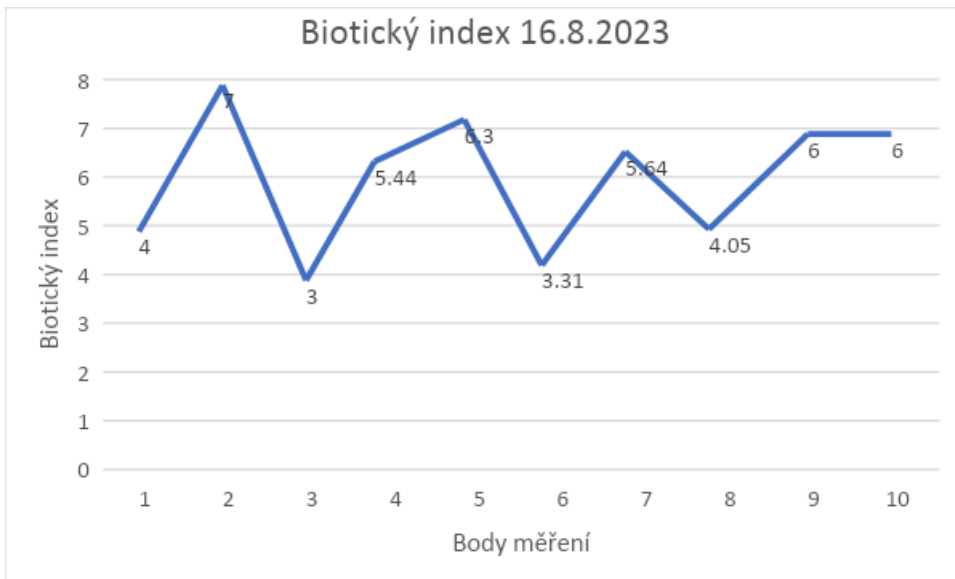
Nejvyšší biotický index jsem vypočítal v bodě 2 a to 7, naopak nižší hodnoty jsem naměřil v bodech: 3, 6, 8 a to v rozmezí 3 až 4 bodů biotického indexu (viz: Graf 4).

Vodivost jsem naměřil nejvyšší v bodě 1 a to 1175 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hodnoty od bodu 1 klesaly až do bodu 4, kde se dostaly na 1154 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mezi body 4 a 5 se hodnoty zvýšily na 1170 $\mu\text{S}/\text{cm}$, následně pak už jen klesaly (viz: Graf 5).

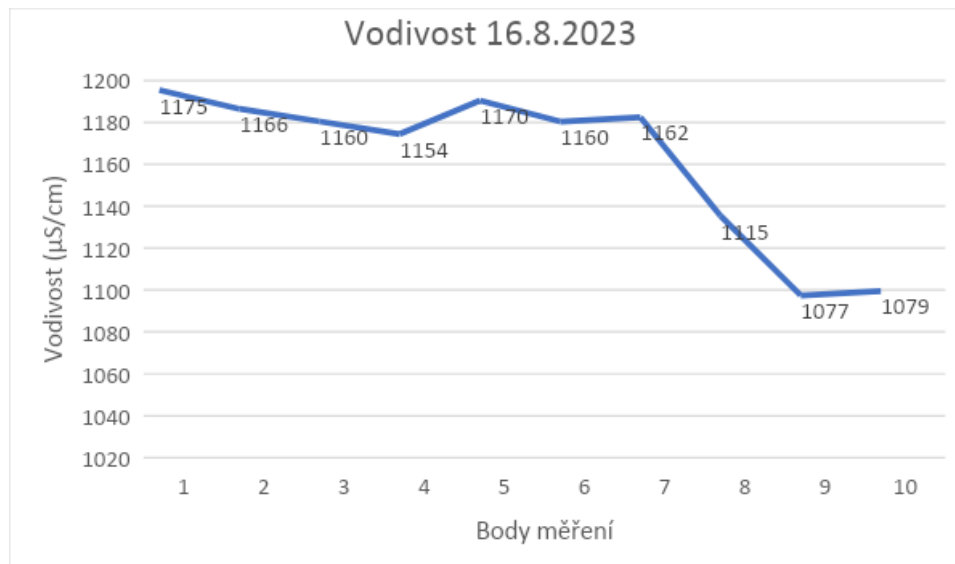
Nejvíce hodnoty klesaly v intervalu mezi body 7 a 9 a to o 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Teplota vody se pohybovala mezi 19,5 a 21 °C, zvyšování teploty mezi body 4 a 7 je nejspíše způsobeno okolní teplotou, jelikož měření na bodu 7 jsem prováděl kolem poledne (viz: Graf 6).

biotický index	živočišné skupiny	Bod 1	Bod 2	Bod 3	Bod 4	Bod 5	Bod 6	Bod 7	Bod 8	bod9	bod10	celkem
3	pijavice	5			1		1	3	2			12
3	plži											0
3	hrachovka	12	3	5	3	4	20	2	12	6		67
6	škeble											0
3	beruška vodní			1								1
6	blešivec	1	4		11	14		25	3	7	9	74
10	nymfa jepice	2	5		1	3	1	1		4		17
8	Larva šídlatek											0
2	larva pakomára											0
6	larva motýlice	1										1
10	larva pošvatky		1									1
8	larva vážky								3	1		4
5	splešťule blátivá											0
7	larva chrostíka se schránkou					11				1		12
5	larva chrostíka bez schránky	1	1		1	1						4
5	larva brouka				1							1
	biotický index	4	7	3	5,44	6,3	3,31	5,64	4,05	6	6	
	počet nalezených jedinců	22	14	6	18	33	22	31	20	19	9	

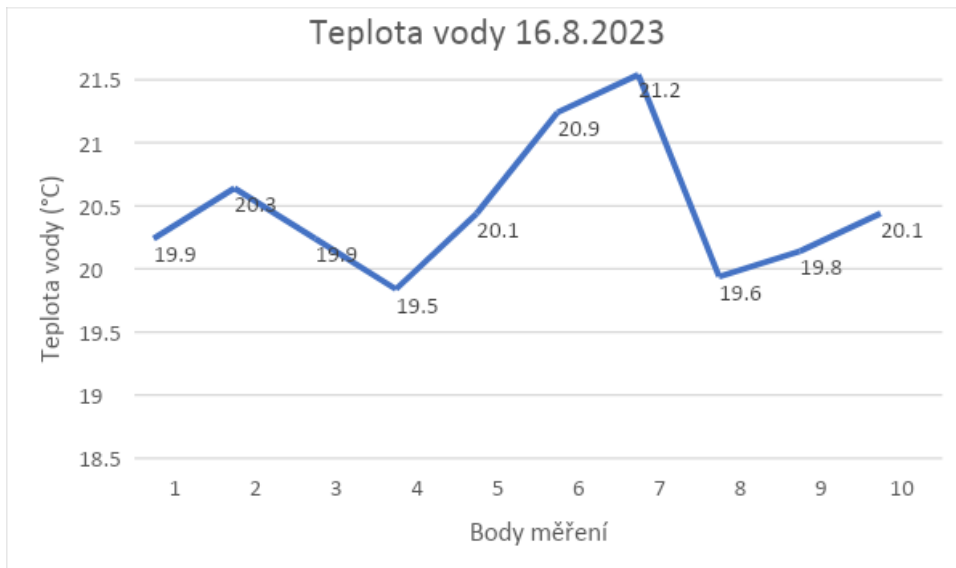
Tabulka 3 - nalezené živočišné skupiny 16.8.2023



Graf 4 - biotický index 16.8.2023



Graf 5 - vodivost 16.8.2023



Graf 6 - teplota vody 16.8.2023

Měření 16. září 2023

Při měření 16. září jsem prováděl sběr živočichů a měření vodivosti v bodech: 2, 4, 7, 8. Do biotického indexu jsem celkově rozlišil jedenáct živočišných skupin a to: Nymfu jepice, pijavici, chrostíka se schránkou, chrostíka, blešivce, berušku vodní, hrachovku, larvu šídlatky, larvu pakomára, plovatku a larvu brouka (viz: Tabulka 4).

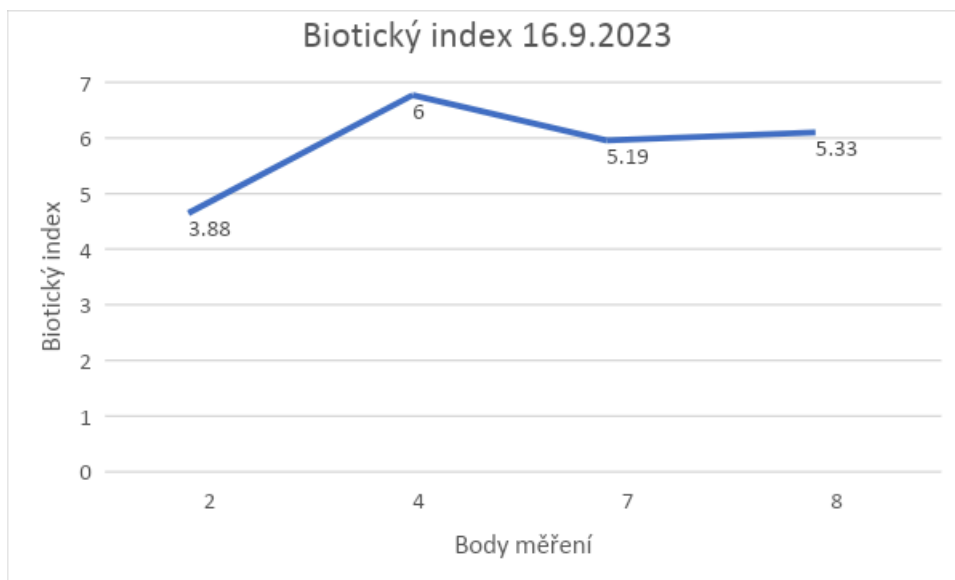
Biotický index byl nevyšší v bodě 4 a to 6, nejnižší byl v bodě 2 a to 3,88, v obou bodech 7 a 8 se hodnoty držely kolem 5 (viz: Graf 7).

Vodivost byla v bodech 2, 4 a 7 okolo 1385 $\mu\text{S}/\text{cm}$. V bodě 8 byla hodnota o 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menší než v bodě 7 a to 1254 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz: Graf 8).

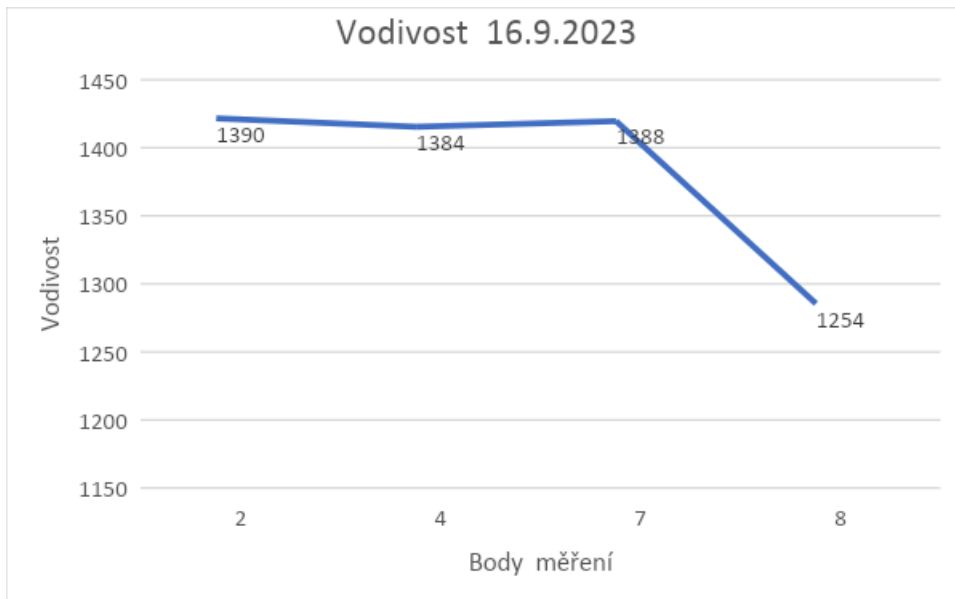
Teplota vody byla v měřených bodech rozdílná v bodech 2, 7 a 8 byla kolem 15 °C a v bodě 4 měla voda teplotu 13,3 °C (viz: Graf 9).

biotický index	živočišné skupiny	Bod 2	Bod 4	Bod 7	Bod 8	celkem
3	pijavice	3		4	2	9
3	plži	1		1	2	4
3	hrachovka	15	1	10	3	29
6	škeble					0
3	beruška vodní		1			1
6	blešivec		12	11	1	24
10	nymfa jepice		1	4	3	8
8	Larva šídlatek			1		1
2	larva pakomára			1		1
6	larva motýlice					0
8	larva vážky					0
10	Larva pošvatky					0
5	spleš'ule blátivá					0
7	larva chrostíka se schránkou	6	3	3	1	13
5	larva chrostíka bez schránky			1		1
5	larva brouka		1			1
	biotický index	3,88	6	5,19	5,33	
	počet nalezených jedinců	25	19	36	12	

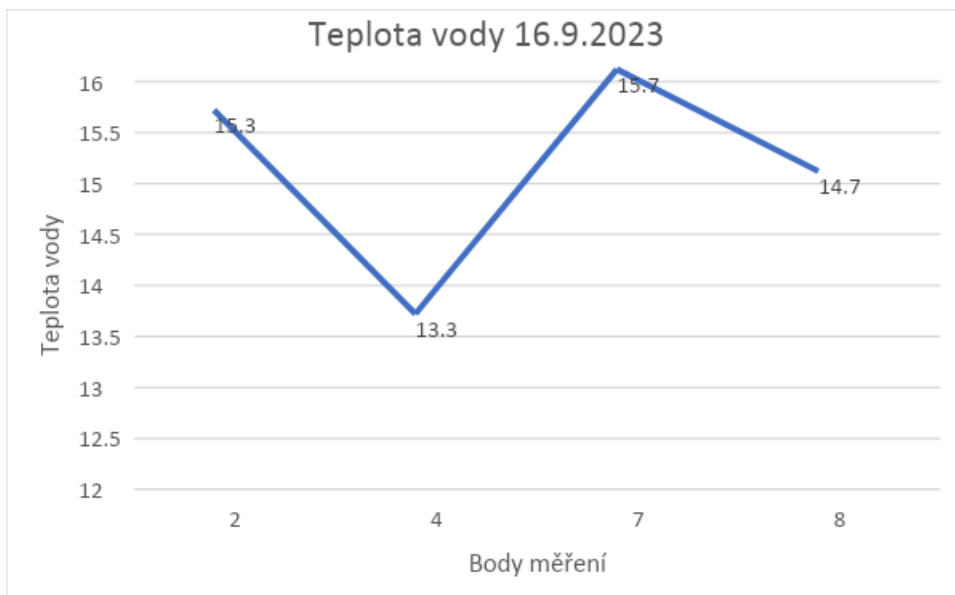
Tabulka 4 – nalezené živočišné skupiny 16.9.2023



Graf 7 - biotický index 16.9.2023



Graf 8 - vodivost 16.9.2023



Graf 9 - teplota vody 16.9.2023

Měření 25. listopadu 2023

25. listopadu jsem měřil v bodech 4, 5, 6, 7, 8. Prováděl jsem sběr živočichů a měření vodivosti, pH a Eh. Toto měření se odlišovalo od předchozích tím, že okolní teplota byla pod nulou, a dokonce i sněžilo.

Nalezl jsem jen šest živočišných skupin a to: larvu jepice, larvu šídlatky, splešťuli blátivou, berušku vodní, blešivce a pijavici (viz: Tabulka 5). Nízký počet nalezených jedinců byl s nejvyšší pravděpodobností zapříčiněn nízkými teplotami.

V bodě 6 jsem nenalezl ani jednoho živočicha, v bodě 5 jsem našel nejvíce živočišných skupin a to čtyři, v bodě 4 jsem našel dvě a v bodech 7 a 8 jednu (viz: Graf 10). Ve výsledném biotickém indexu se vyskytly dvě extrémní hodnoty a to 0 v bodě 6 a 10 v bodě 7. Nulová hodnota v bodě 6 je zapříčiněna tím, že jsem v daném bodě nenalezl žádného živočicha. V bodě 7, kde byl biotický index 10, jsem našel jen čtyři nymfy jepice, které mají přiřazenou hodnotu 10, tudíž i hodnota biotického indexu byla 10.

Vodivost mezi body 4 a 7 narůstala a to z 955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 1011 $\mu\text{S}/\text{cm}$, poté mezi body 7 a 8 klesla na 997 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz: Graf 11).

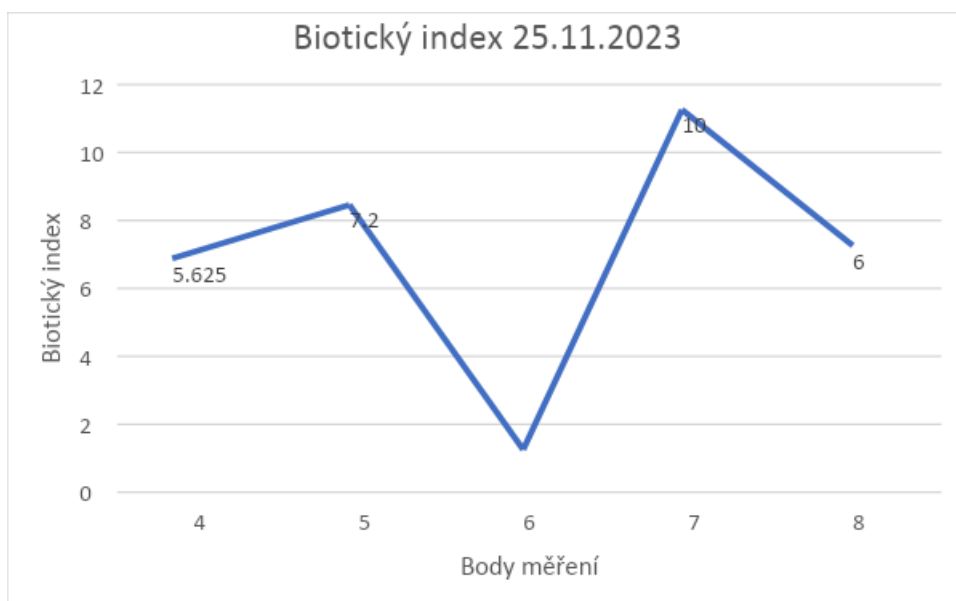
Teplota vody v bodě 4 byla 3,7 °C, v bodech 5, 6, 7 narostla na 4 °C a v bodě 8 vzrostla až na 4,2 °C (viz: Graf 12).

pH se v bodech 4, 5, 6, 7 drželo mezi 8,04 až 8,09, mezi body 7 a 8 klesla z 8,09 na 7,96 (viz: Graf 13).

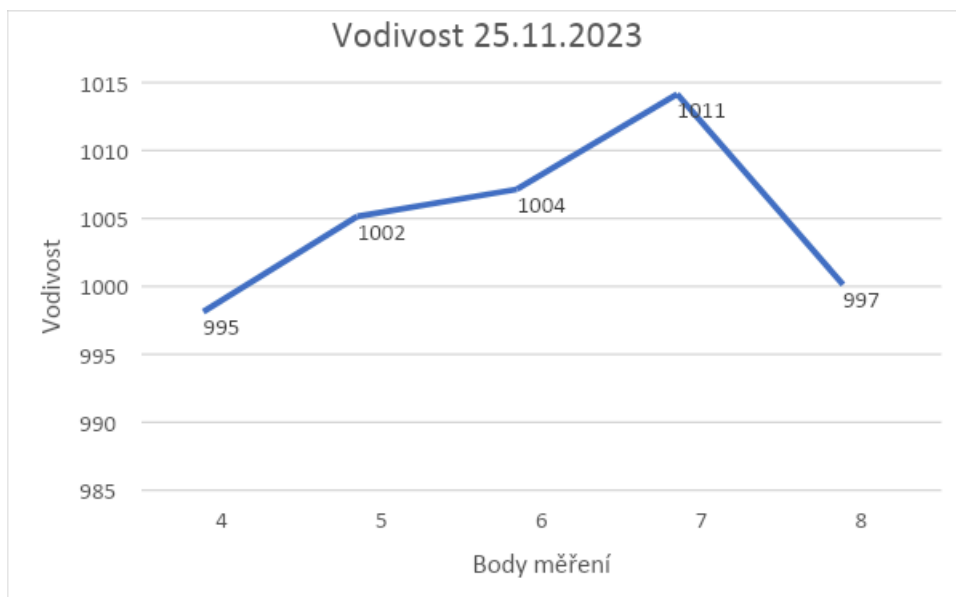
Eh v bodě 4 jsem naměřil 274 mV, v bodě 5 vzrostlo na 285mV, mezi body 5 a 8 Eh klesalo, a to až na 267 mV v bodě 5 (viz: Graf 14).

biotický index	živočišné skupiny	Bod 4	Bod 5	Bod 6	Bod 7	Bod 8	celkem
3	pijavice	1					1
3	plži						0
3	hrachovka						0
6	škeble						0
3	beruška vodní		2				2
6	blešivec	7				8	15
10	nymfa jepice		4		4		8
8	Larva šídlatek		2				2
2	larva pakomára						0
6	larva motýlice						0
8	larva vážky						0
10	Larva pošvatky						0
5	splešťule blátivá		2				2
7	larva chrostíka se schránkou						0
5	larva chrostíka bez schránky						0
5	larva brouka						0
	biotický index	5,6 2	7,2		10	6	
	počet nalezených jedinců	8	10	0	4	8	

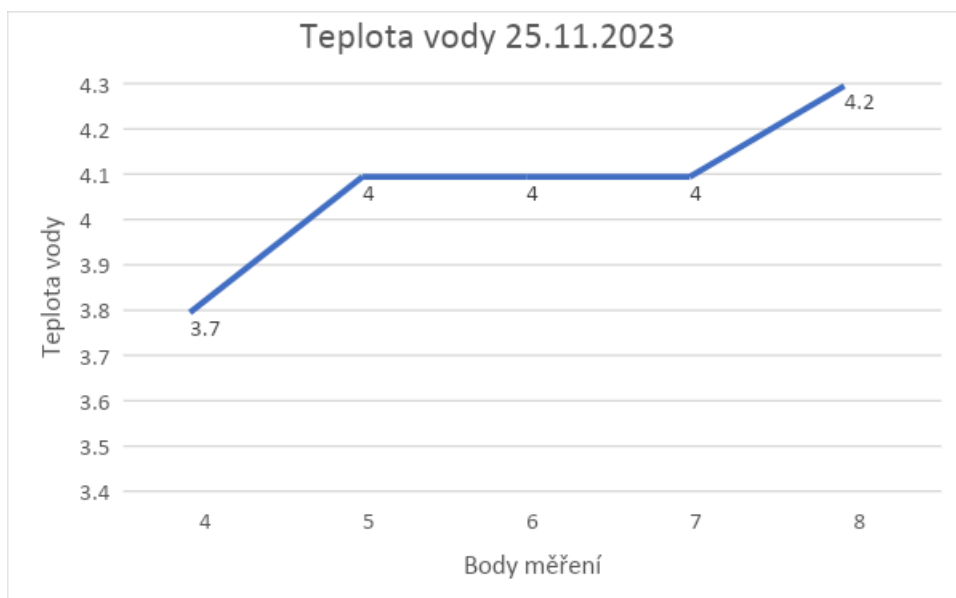
Tabulka 5 - nalezené živočišné skupiny 25.11.2023



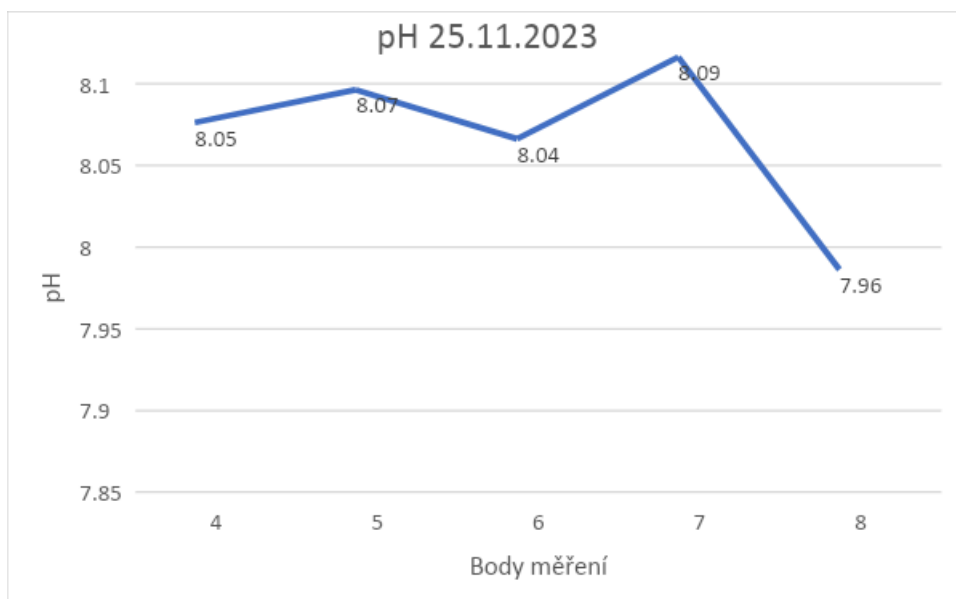
Graf 10 - biotický index 25.11.2023



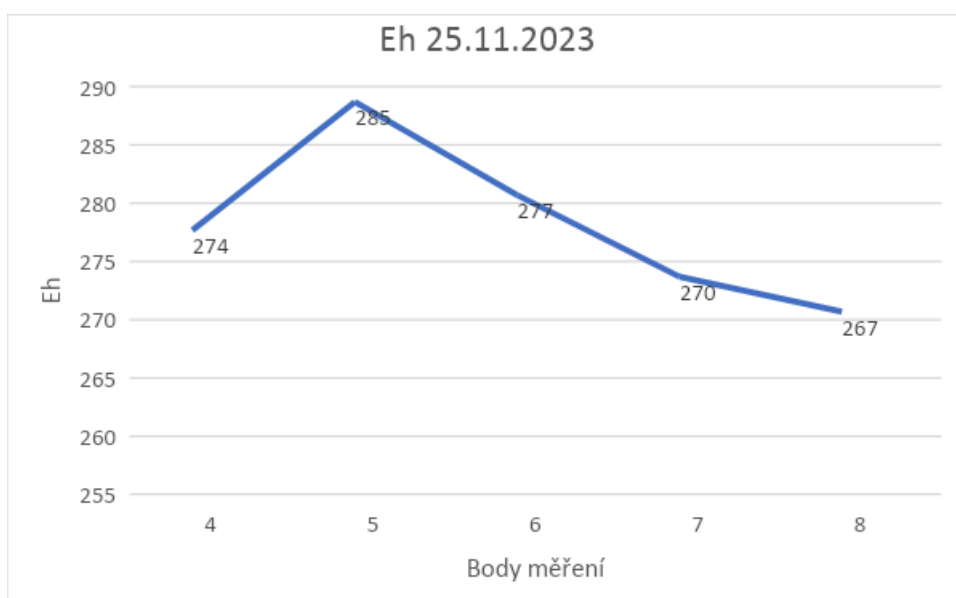
Graf 11 - vodivost 25.11.2023



Graf 12 - teplota vody 25.11.2023



Graf 13 - pH 25.11.2023



Graf 14 - Eh 25.11.2023

Měření 2. ledna 2024

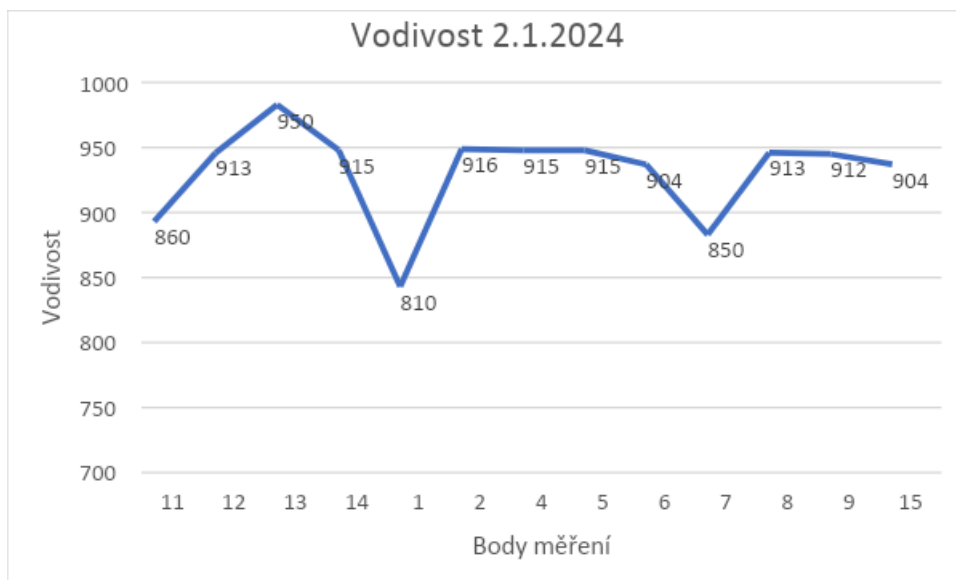
2. ledna jsem provedl měření vodivosti, pH, Eh a teploty ve třinácti bodech a to: 1,2,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15. Během měření pršelo a tok měl zvýšenou hladinu, na březích bylo naplavené bahno a větve. Měřil jsem delší úsek než v předchozích měřeních, a to z důvodu, že jsem chtěl zjistit vývoj měřených veličin ve větším měřítku, proto jsem přidal body 11 až 15, body 11 až 14 se nachází mezi Loděnicí a bodem 1, bod 15 se nachází pod mostem v Hostimi mezi body 9 a 10.

Mezi body 11 a 13 vystoupala vodivost o 90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a to z 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$, to byla i nejvyšší hodnota, kterou jsem za toto měření naměřil. Hodnoty zde hodně kolísaly, a to až na 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Následně mezi body 13 a 1 hodnoty klesly o 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a to až na 810 $\mu\text{S}/\text{cm}$, to byla i nejnižší hodnota naměřená v tomto měření. Mezi body 2 a 4 hodnoty mírně klesaly, z 916 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 904 $\mu\text{S}/\text{cm}$. V bodě 7 klesly hodnoty na 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$. V bodě 8 byla hodnota 913 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hodnoty poté mírně klesaly až do bodu 15 na 904 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (viz: Graf 15)

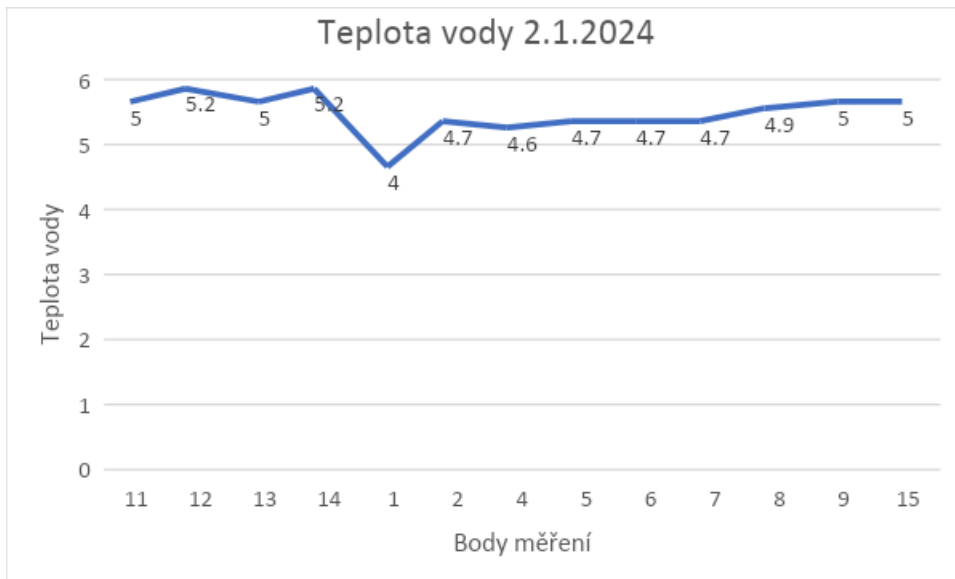
Teploty se držely mezi 4 a 5,2 $^{\circ}\text{C}$, mezi body 11 a 14 se teplota střídala mezi 5 a 5,2 $^{\circ}\text{C}$. V bodě 1 byla teplota 4 $^{\circ}\text{C}$. Mezi body 2 až 7 byla teplota kolem 4,7 $^{\circ}\text{C}$ a následně stoupala až na 5 v bodech 9 a 15 (viz: Graf 16).

Vyšší hodnoty jsem naměřil v bodech 1 a 13 a to 9,45 a 9,2, jinak byly hodnoty mezi 7,90 a 8,20 bez jiných výkyvů (viz: Graf 17).

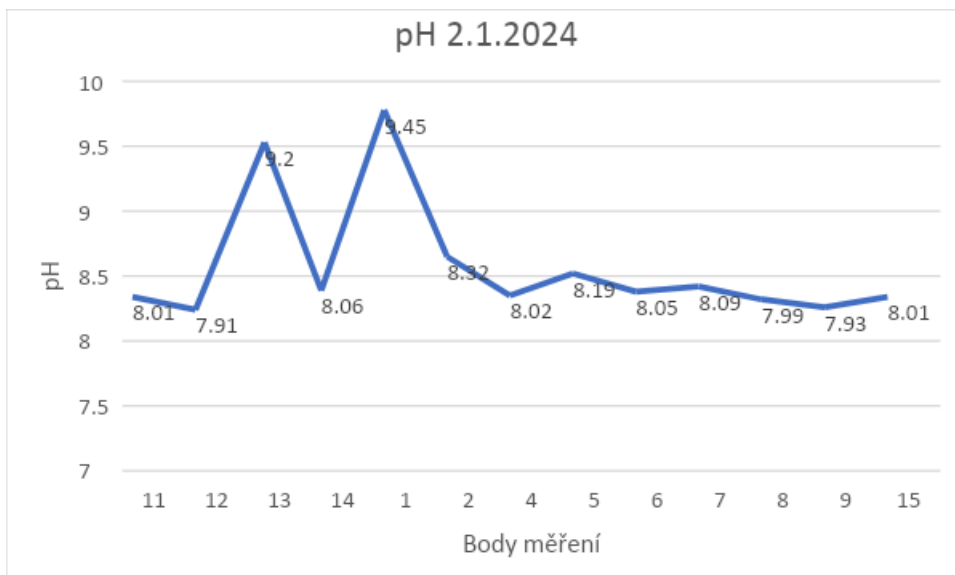
Hodnoty v bodech 11, 12 a 14 se pohybovaly kolem 263 mV, v bodě 13 byly hodnoty nejnižší z celého měření a to 170 mV. Mezi body 1 a 5 hodnoty stoupaly z 212 na 240 mV, poté klesaly až na 198 v bodě 15, mezi body 9 a 15 sklesaly hodnoty o 30 mV (viz: Graf 18).



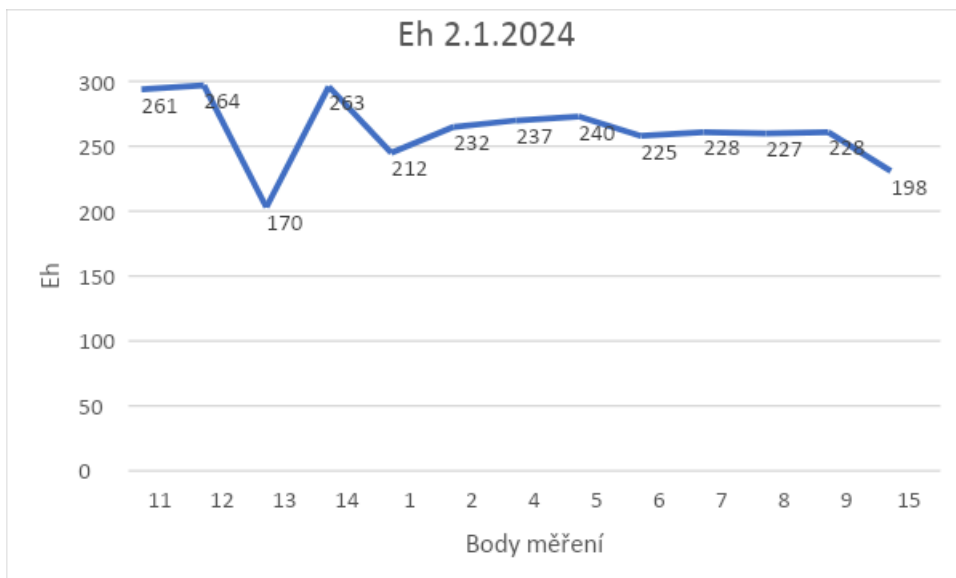
Graf 15 - vodivost 2.1.2024



Graf 16 - teplota vody 2.1.2024



Graf 17 - pH 2.1.2024



Graf 18 - Eh 2.1.2024

Zapojení mladších studentů

Účast na terénních měřeních

Jelikož jsem většinu měření prováděl na školních akcích ve Svatém Janu pod Skalou, mohli se do mé terénní části mé profilové práce zapojit i dobrovolníci z řad mladších studentů. Tímto jsem plnil část svého záměru, která si dávala za cíl zapojit do práce mladší studenty, kteří se díky této aktivitě mohli seznámit s prací v terénu. Mladším studentům jsem vždy nejprve vysvětlil téma mé profilové práce a také jsem je seznámil s používáním klíče a prací s přístroji. Následně mi pomáhali se sběrem živočichů a jejich následným určováním a měřením parametrů vody. Takto se mé práce účastnilo šest mladších studentů.

Program na Adaptačním výjezdu třídy Pí

V rámci Adaptačního výjezdu třídy Pí jsem připravil program na téma hydrologie pro skupinu studentů primy jako součást adaptační aktivity mini Expedice. V rámci programu měli studenti za úkol provést sběr vodních bezobratlých živočichů pomocí síttek. Nalezené druhy si dávali do plastové nádoby naplněné vodou, ze které pak nalezené druhy určovali podle klíče k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od Rezekvítku. Nalezené druhy si zaznamenávali do tabulek. Sběr v rámci projektu provedli ve dvou bodech, které se shodovaly s mými body 7 a 8. Součástí programu byla i část, kdy jsem jim popisoval, jak probíhá měření v mé profilové práci. Jako výstup z programu mladší studenti vytvořili plakát, který odprezentovali svým spolužákům.

Závěry

Měření

Celkem jsem provedl 5 měření v období červen 2023–leden 2024. Získané údaje shrnuje následující tabulka:

ř.km	Body měření	Měření 2.6.2023			Měření 16.8.2023			Měření 16.9.2023			Měření 25.11.2023				
		Biotický index	Vodivost	Teplota	Biotický index	Vodivost	Teplota	Biotický index	Vodivost	Teplota	Biotický index	Vodivost	Teplota	Ph	Eh
5,7	1				4	1175	19,9								
5,4	2	6,13	1332	15,2	7	1166	20,3	3,88	1390	15,3					
5,1	3	7,94	1329	15,2	3	1160	19,9								
4,7	4	5,46	1277	15,3	5,44	1154	19,5	6	1384	13,3	5,625	995	3,7	8,0 5	274
3,9	5	7,32	1282	15,2	6,3	1170	20,1				7,2	1002	4	8,0 7	285
3,7	6	6,41	1279	15,1	3,31	1160	20,9				0	1004	4	8,0 4	277
3,3	7	5,58	1271	15,4	5,64	1162	21,2	5,19	1388	15,7	10	1011	4	8,0 9	270
2,9	8				4,05	1115	19,6	5,33	1254	14,7	6	997	4,2	7,9 6	267
1,9	9				6	1077	19,8								
1,3	10				6	1079	20,1								

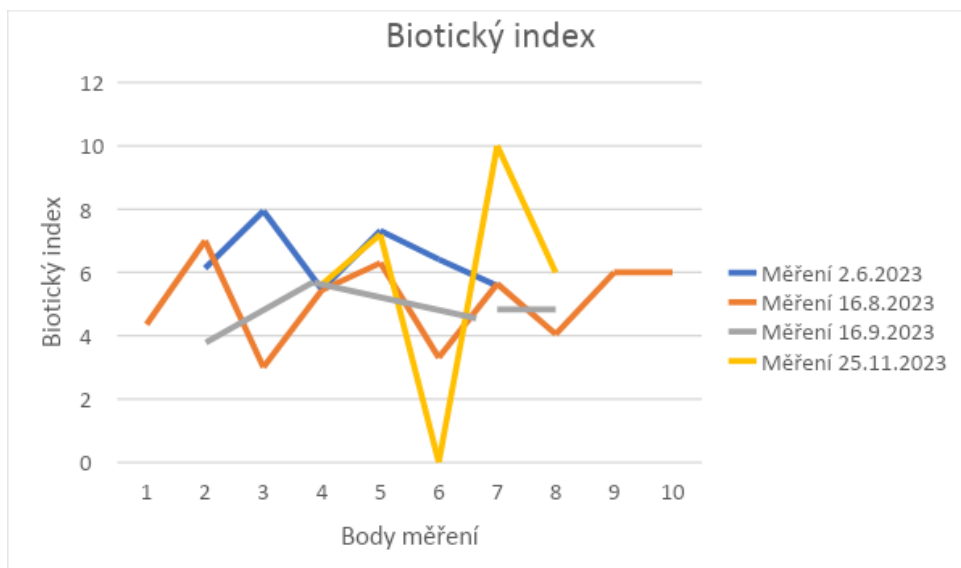
ř.km	Body měření	Měření 2.ledna			
		Vodivost	Teplota	Ph	Eh
8,7	11	860	5	8,01	261
7,7	12	913	5,2	7,91	264
7,2	13	950	5	9,2	170
6,5	14	915	5,2	8,06	263
5,7	1	810	4	9,45	212
5,4	2	916	4,7	8,32	232
4,7	4	915	4,6	8,02	237
3,9	5	915	4,7	8,19	240
3,7	6	904	4,7	8,05	225
3,3	7	850	4,7	8,09	228
2,9	8	913	4,9	7,99	227
1,9	9	912	5	7,93	228
1,7	15	904	5	8,01	198

Tabulka 6 – souhrn měření biotického indexu, vodivosti, pH a Eh

Závěry – sledování biotického indexu

V rámci práce jsem v průběhu roku 2023 provedl čtyři měření biotického indexu a to 2. června, 16. srpna, 16. září a 25. listopadu (viz: Graf 19). Dohromady jsem provedl dvacet pět sběrů v deseti bodech. Nalezl jsem celkově 406 jedinců, které jsem zařadil do 15 živočišných skupin, které jsou rozlišovány pro výpočet biotického indexu.

Mezi hodnotami Biotického indexu nelze pozorovat žádný jednotný trend, všechny hodnoty se drží mezi 3 a 8 body biotického indexu s výjimkou bodů 6 a 7 z měření provedeného 25. listopadu, kde v případě bodu 6 nebyl nalezen ani jeden živočich, a v bodě 7 byly nalezeny jen čtyři nymfy jepice, které mají v biotickém indexu přiděleno deset bodů, tudíž výsledný biotický index vyšel deset. Podle biotického indexu se mi nepodařilo zachytit žádný výsledek, který by poukazoval na nějaký zdroj znečištění, jelikož hodnoty v různých měřeních se neshodují.



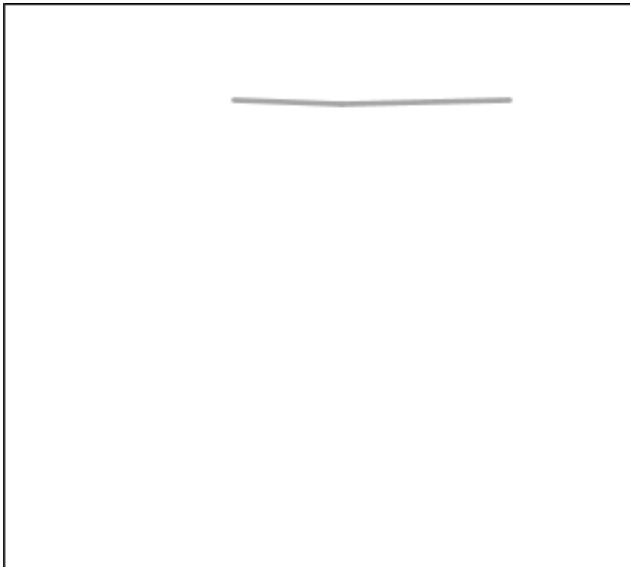
Graf 19 – souhrn měření biotického indexu

Závěry – měření vodivosti

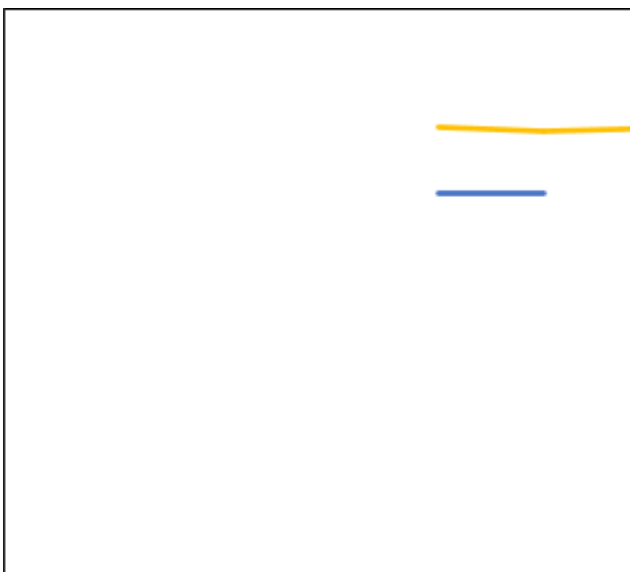
Během práce jsem provedl čtyři měření v roce 2023, a to ve dnech 2.června, 16. srpna, 16. září a 25. listopadu. Dohromady jsem provedl dvacet pět měření bodů vodivosti v deseti měřených bodech. Dne 2.ledna 2024 jsem provedl ještě jedno měření vodivosti v delším úseku, a to od Loděnic až po Hostim, toto měření jsem provedl ve třinácti bodech (viz: Graf 20, Graf 21).

V každém měření byly hodnoty jiné, a i přesto lze z dat pozorovat, že hodnoty ve směru po proudu mírně klesají. Nejvyšší hodnoty jsem naměřil 16. srpna, a to až kolem 1388 $\mu\text{S}/\text{cm}$, naopak 25. listopadu se hodnoty pohybovaly i pod 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, to je nejspíše způsobeno nízkou teplotou vody, která měla při měření teplotu kolem 4°C. Vodivost se vždy

snížila mezi body 7 a 8, to může být způsobeno přítokem pramenu svatého Ivana, který se mezi těmito body do Loděnice vlévá. Při měření 2. ledna byly všechny hodnoty pod 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nejvyšší hodnota byla za čistírnou odpadních vod v obci Jánská.



Graf 20 – souhrn měření vodivosti v bodech 1 až 10

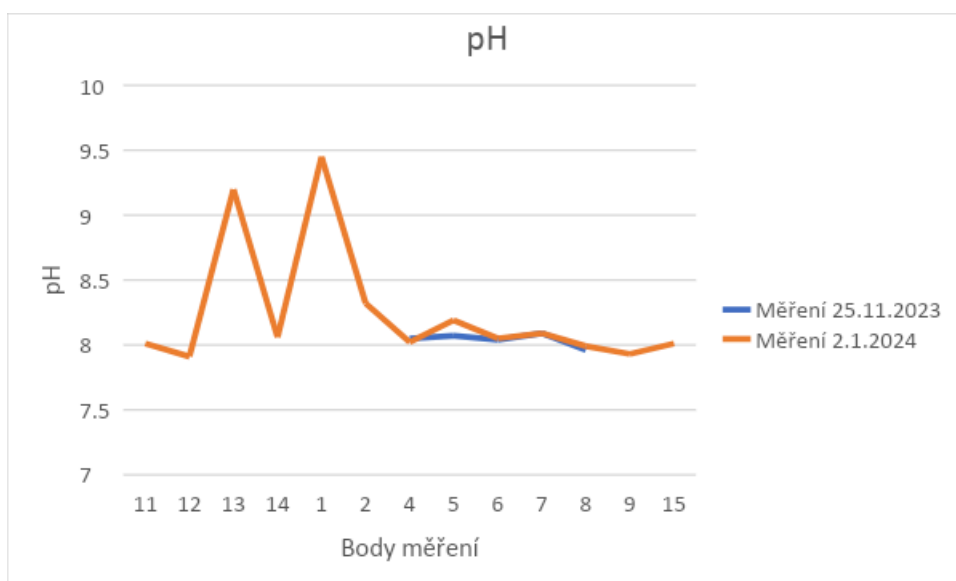


Graf 21 – souhrn měření vodivosti

Závěry – měření pH

V rámci měření jsem dvakrát měřil pH a to 25. listopadu 2023 a 2. ledna 2024 (viz: Graf 22).

Při měření 25. listopadu se hodnoty držely kolem 8. Výrazně jiné hodnoty se vyskytly při měření 2. ledna, a to v bodě 13, tento bod se nachází za čistírnou odpadních vod, takže je možné že vyšší zásaditost v tomto bodě je způsobená vypouštěnou vodou z čističky. Na dalším bodě po proudu jsou už hodnoty podobné těm ostatním. Další výrazná hodnota se vyskytla v bodě 1, tento bod se nachází u silničního mostu v obci Sedlec. Zvýšené hodnoty by mohly být způsobeny rozpouštěním vápence nebo betonu deštěm.

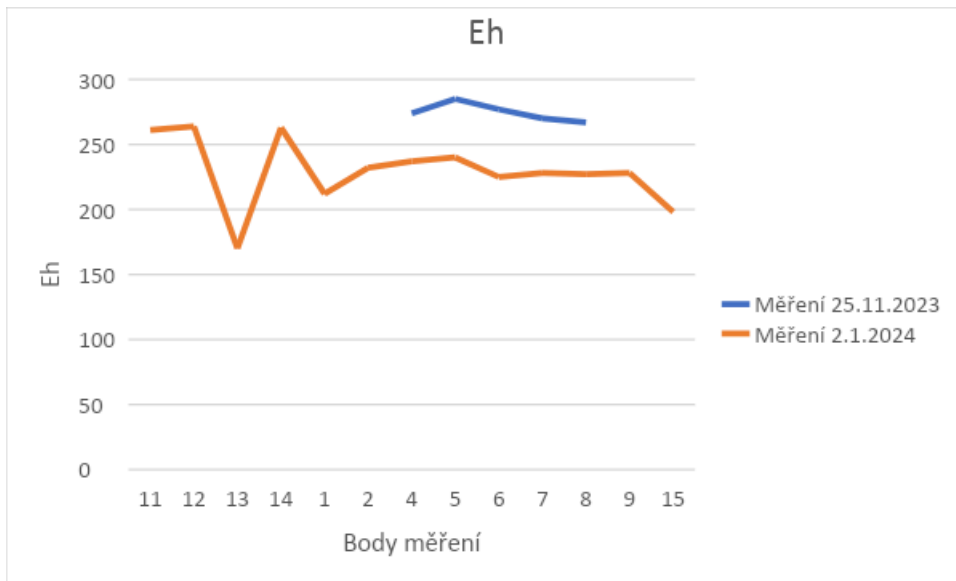


Graf 22 – souhrn měření pH

Závěry – měření Eh

Eh jsem měřil během dvou měření a to 25. listopadu a 2. ledna (viz: Graf 23).

Hodnoty naměřené v listopadu byly o 40mV vyšší než během měření 2. ledna. 2. ledna se dalo pozorovat snížení v bodě 13, před kterým se nachází čistírna odpadních vod. Jelikož snížené Eh může ukazovat na zvýšené množství organických látek ve vodě, je možné, že toto snížení je způsobeno čističkou.



Graf 23 – souhrn měření Eh

Diskuze a celkové závěry

Celkem jsem provedl 5 měření na Loděnici a to 2.června, 16. srpna, 16. září a 25. listopadu 2023 a 2.ledna 2024. V rámci měření jsem provedl čtyřikrát průzkum vodních bezobratlých živočichů, ze kterých jsem určil biotický index. Pětkrát jsem měřil vodivost a dvakrát pH a Eh, tím jsem překročil počet měření stanovených v záměru.

Také jsem do terénní části práce zapojil mladší studenty, kteří se při pomáhání s měřením mohli naučit práci s přístroji a postup při sběru vodních bezobratlých živočichů a jeho následnému určování. Také jsem nad rámec záměru připravil program na Adaptační výjezd třídy Pí.

Při biotickém průzkumu se mi nepodařilo zjistit data, která by poukazovala na zdroj znečištění. Měření vodivosti mi také neukazovalo na žádný zdroj znečištění, ale opakovaně jsem pozoroval snížení vodivosti po přítoku pramene Sv. Ivana do toku. Při měření Ph jsem pozoroval zvýšení hodnot až na hodnoty vyšší než 9 za čistírnou odpadních vod v obci Jánská, a u silničního mostu v obci Sedlec. To je možná způsobeno rozpuštěným vápencem nebo betonem, který se může během dešťů rozpouštět a tím ovlivňovat pH toku. Měření Eh ukázalo nižší hodnoty za čistírnou odpadních vod v obci Jánská, příčinou může být zvýšené množství organických látek ve vodě, což může být způsobeno čističkou.

Myslím si, že má práce měla mezery v tom, že jsem při každém z měření prováděl výzkum jen na některých bodech, a ne vždy na všech. Také si myslím, že by bývalo lepší provádět měření pH a Eh v rámci všech měřících dnů, tato skutečnost však byla limitována tím, že přístroje pro měření pH a Eh jsem neměl k dispozici během všech měření. Výsledky měření vodivosti, pH a Eh mohly být ovlivněny nesprávným používáním elektrod. Při měření byly elektrody umísťovány přímo do toku, vzorky nebyly odebírány do nádob, ve kterých by bylo následně měření provedeno. Měření také nebylo opakováno vícekrát, aby se předešlo náhodné chybě. Výsledky také mohlo ovlivňovat počasí nebo má nezkušenost při práci s přístroji a provádění biologického průzkumu.

Literatura a zdroje:

- ORTON, Richard; BEBBINGTON, Anne a BEBBINGTON, John. *Malí živočichové: klíč k určování sladkovodních bezobratlých živočichů*. Brno: Rezekvítek, 1997.
- PETŘIVALSKÁ, Karla. *Klíč k určování vodních bezobratlých živočichů*. Brno: Rezekvítek, 2010.
- KOKEŠ, Jiří a VOJTÍŠKOVÁ, Denisa. *Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod*. Výzkum pro praxi. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 1999. ISBN 80-85900-29-7.
- ÚSTAV CHEMIE OCHRANY PROSTŘEDÍ – VŠCHT PRAHA. *Interpretace parametrů podzemních a povrchových vod* [online]. Dostupné z: https://uchop.vscht.cz/files/uzel/0037768/0004~88wrSS0qKEotSUxOVShILerMts0pOrpeoSA_pSo1N-_w2uQMhUQgr6woOSO_7PBelLcsPwUA.pdf?redirected
- *Ruční měřicí přístroj pro pH/Redox/teplotu: Návod k obsluze GMH 3530* [online]. V2.6. 2009, 14 s. Dostupné z: https://www.jsp.cz/files/edoc/01303_greisinger-GMH-3530.pdf
- *Studie odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření v povodí vodního toku Berounky: Subpovodí Loděnice* [online]. 08/2009, 147 s. Dostupné z: https://botic.sweco.cz/SOP_BER/pdf/Subpovodi_Lodenice/A_Analyticka_cast/A.1_Textova_cast/A1_Analyticka_zprava_Lodenice.pdf
- CHKO ČESKÝ KRAS. *Vodstvo: Charakteristika oblasti* [online]. CHKO ČESKÝ KRAS. [cit. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://ceskykras.nature.cz/vodstvo>
- Potok Loděnice (Kačák) - kilometráž. *Raft.cz* [online]. [cit. 2024-01-03]. Dostupné z: https://www.raft.cz/cechy/kacak.aspx?ID_reky=282&kilo=kilom#rkm03
- SAALIDONG, Benjamin M.; ARAM, Simon Appah; OTU, Samuel a LARTEY, Patrick Osei. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. Online. 2022. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0262117>. [cit. 2024-06-06].
- KORDERAS, Jessica a LIVINGSTONE, Aislin, THOMPSON, Megan (ed.). *A Monitor's Guide to Water Quality*. Online. 2021. Dostupné také z: <https://datastreamorg.sharepoint.com/sites/Datastream/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FDatastream%2FShared%20Documents%2FFiles%2F6%20%2D%20Outreach%20and%20User%20Related%2FScience%20Explainers%2F5%20%2D%20Printable%20PDF%2FEnglish%2F2021%2FEN%5FPprintable%5FSciExp%5F220612%5FFull%2Epdf&parent=%2Fsites%2FDatastream%2FShared%20Documents%2FFiles%2F6%20%2D%20Outreach%20and%20User%20Related%2FScience%20Explainers%2F5%20%2D%20Printable%20PDF%2FEnglish%2F2021&p=true&ga=1>.

Přílohy

Příloha 1 – Záměr

Sledování kvality vody v Loděnickém potoce pomocí hydrobiologického průzkumu, vodivosti, pH a Eh

Téma: Sledování kvality vody na Loděnickém potoce pomocí vodivosti vody, pH, Eh a hydrobiologického průzkumu

Cíle:

- Provést alespoň čtyři měření v různých částech roku mezi obcemi Sedlec a Hostim. V rámci měření provést sběr vodních bezobratlých živočichů a z nich určit biotický index a změřit vodivost vody.
- Minimálně jednou provést měření pH a Eh.
- Vytvořit tabulky a grafy z naměřených dat.
- V případě zjištěných znečištění vytipovat jejich zdroj.
- Zapojit do měření mladší studenty.

Metodika: V rámci měření si určím deset bodů, v těchto bodech provedu sběr vodních živočichů. Nalezené druhy budu určovat podle Klíče k určování sladkovodních bezobratlých živočichů z roku 1997 od organizace Rezekvítek a zaznamenávat si je. Z nalezených druhů určím podle stejného klíče i biotický index. V měřených bodech budu měřit vždy i vodivost a teplotu, naměřené hodnoty si zaznamenám. V rámci jednoho měření provedu měření pH a Eh v měřených bodech. I když se celý potok nachází na vápencovém podloží, naměřené hodnoty mohou ukázat na následující projevy znečištění: pH mi může ukázat na případné vypouštění chemických látek do potoka, Eh může mít spojitost s nepovoleným vypouštěním odpadních vod, vodivost ukazuje na množství látek ve vodě. Do terénního průzkumu zapojím i mladší studenty, kteří tak budou mít možnost se seznámit s prováděním biologického průzkumu, práce s klíčem a měřením vodivosti a dalších parametrů vody.

Výstupy:

- Tabulky a grafy s naměřenými hodnotami
- Textová zpráva

Minimální rozsah práce: čtyři měření během roku

Vedoucí práce: František Tichý