

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Výskyt vodního květu na vodní nádrži Skalka
Water bloom occurrence at the Skalka water
reservoir

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vypracovala: Erica Mojžíšová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Erica Mojžíšová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Výskyt vodního okvětu na vodní nádrži Skalka

Název anglicky

Water bloom occurrence at the Skalka water reservoir

Cíle práce

1. Charakterizovat vodní nádrž Skalka.
2. Shrnout dosavadní výzkumy na této nádrži s ohledem na výskyt vodního květu.
3. Vybrat vhodná místa pro odběr vzorků vody od přítoku až po odtok z nádrže a v průběhu roku 2022 odebírat na těchto místech vodu pro chemický a hydrobiologický rozbor.
4. Vyhodnotit získaná data a sepsat bakalářskou práci.

Metodika

V teoretické části bude provedena rešerše se zaměřením na eutrofizaci vody a popis vodní nádrže Skalka s přihlédnutím k přítomnosti vodního květu. Dále bude rešerše obsahovat informace o opatřeních, která byla využita v dřívějších letech k eliminaci a snížení rozvoje sinic na vodní nádrži Skalka. Praktická část bude zaměřena na odběr vzorků vody z předem vytipovaných pěti míst na nádrži. Odběr bude prováděn jednou v měsíci od května do září/října podle potřeby. Ve vzorcích vody bude proveden základní chemický a hydrobiologický rozbor. Po ukončení odběru vzorků budou výsledky vyhodnoceny a bude sepsána bakalářská práce.

Doporučený rozsah práce

40 stran včetně příloh

Klíčová slova

vodní nádrž, eutrofizace, fosfor, vodní květ, sinice,

Doporučené zdroje informací

Lellák, F., Kubiček, F., 1992. Hydrobiologie. Univerzita Karlova, Praha.

Maršálek, B., Keršner, V., Marvan, P., 1996. Vodní květy sinic. Nadatio flos-aquae, Brno.

Štěpánek, M., Červenka, R., 1974. Problémy eutrofizace v praxi. Avicenum Praha.

Znachor, P., 2003. Vodní květy sinic a problémy spojené s jejich výskytem v našich nádržích. Vodní hospodářství 53 (9): 251-253.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2023

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "**Výskyt vodního květu na vodní nádrži Skalka**" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob. Také prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s digitální verzí.

V Praze dne :

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za pravidelné konzultace k mojí bakalářské práci. Za vstřícný přístup a ochotu, kterou mi věnoval.

Mgr. Michalovi Bílému, Ph.D. za každoměsíční mikroskopický rozbor vzorků a následné počítání přesného počtu buněk rodu *Microcystis* sp..

Ráda bych poděkovala Ing. Lence Marešové za poskytnutí informací z krajské hygienické stanice. A své rodině za trpělivost a pochopení při času tráveném nad prací.

Výskyt vodního květu na vodní nádrži Skalka

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o výskytu vodního květu na vodní nádrži Skalka na Chebsku, také je zaměřena na eutrofizaci vody. Bakalářská práce popisuje metody řešení problému s vodním květem. V praktické části bylo provedeno několik odběrů od května do září, které byly následně pozorovány a vyhodnoceny. Odběry byly testovány na složení fytoplanktonu v předem vytipovaných místech vodní nádrže Skalka. Hodnoceno bylo také chemické složení vody na vytipovaných místech. Cílem práce je zjistit, jaký druh každoročně vytváří vodní květ na vodní nádrži Skalka.

Klíčová slova

Vodní nádrž, eutrofizace, fosfor, vodní květ, sinice, fytoplankton

Water bloom occurrence at the Skalka water reservoir

Abstract

The bachelor thesis deals with the occurrence of water bloom in the Skalka water reservoir, in the Cheb region. It is also focused on the eutrophication of water. It deals with methods of solving the problem of water bloom. In the practical part, several samples were carried out from May to September, which was subsequently observed and evaluated. The samples were tested for the composition of phytoplankton and water flower in pre-selected places of the Skalka reservoir. The chemical composition of water at selected locations was also evaluated. The aim of the work is to find out which species creates a water flower on the Skalka water reservoir every year.

Key words

Reservoir, eutrophication, phosphorus, algal bloom, cyanobacteria, phytoplankton

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 1 |
| 2. Cíl práce | 1 |
| 3. Literární rešerše..... | 2 |
| 3.1 Eutrofizace vody..... | 2 |
| 3.2 Definice | 2 |
| 3.3 Příčiny vzniku..... | 4 |
| 3.4 Projevy a důsledky | 4 |
| 3.5 Opatření k potlačení rozvoje vodního květu | 5 |
| 4. Vodní nádrž Skalka | 8 |
| 4.1 Obecné informace..... | 8 |
| 4.2 Výskyt rtuti na vodní nádrži Skalka | 10 |
| 4.3 Vodní květ na vodní nádrži Skalka | 12 |
| 4.4 Již použité opatření k potlačení vodního květu | 12 |
| 5. Metodická část | 15 |
| 5.1. Odběrové lokality | 16 |
| 5.2. Odběr a zpracování vzorků..... | 19 |
| 5.3. Biologické rozbory | 19 |
| 5.4. Chemický rozbor | 24 |
| 5.5 Sledované chemické prvky..... | 25 |
| 6. Výsledky | 28 |
| 6.1 Chemické výsledky | 28 |
| 6.1.1 Celkový organický uhlík (TOC)..... | 28 |
| 6.1.2 Celkový dusík (TN) | 29 |
| 6.1.3 Dusičnany (NO ₃ -)..... | 30 |
| 6.1.4 Dusitany (N-NO ₂ -)..... | 30 |
| 6.1.5 Amoniak (NH ₄ ⁺) | 31 |
| 6.1.6 Fluoridy (F ⁻) | 32 |
| 6.1.7 Chloridy (Cl ⁻) | 32 |
| 6.1.8 Bromidy (Br ⁻) | 33 |
| 6.1.9 Sírany ((SO ₄) ²⁻)..... | 34 |
| 6.1.10 Hodnoty pH (pH)..... | 34 |
| 6.1.11 Celkový fosfor (TP)..... | 35 |
| 6.2 Biologické Výsledky | 36 |
| 6.2.1 Nejčastěji pozorovaný druh – <i>Microcystis</i> sp. | 38 |

| | |
|--|----|
| 6.2.2 Charakteristika rodu (<i>Microcystis</i> sp.) | 38 |
| 6.2.3 Způsob výživy | 39 |
| 6.2.4 Životní cyklus | 39 |
| 7. Diskuse..... | 40 |
| 8. Závěr | 43 |
| 9. Použitá literatura | 44 |

Seznam užitých zkratek

((SO₄)²⁻) - sírany

(Br⁻) - bromid

(Cl⁻) - chlorid

(F⁻) - fluorid

(NO₂⁻) - oxid dusičitý

(NH₄⁺) - amoniak

(N-NH₄⁺) - amoniak dusíku

(N-NO₂⁻) - dusitany

(N-NO₃⁻) - dusičnanový dusík

(NO₃⁻) - dusičnany

(pH) - potenciál vodíku – hodnoty pH

(TC) - celkový uhlík

(TIC) - anorganický uhlík

(TN) - celkový dusík

(TOC) - celkový organický uhlík

(TP) - celkový fosfor

ČOV – čistička odpadních vod

sp.- species – druh

1. Úvod

Výskyt vodního květu na vodní nádrži Skalka je několik let přetrvávajícím problémem. Každoročně během letních měsíců dochází k výskytu vodního květu na několika místech vodní nádrže (Krajská hygienická stanice ©2022). Během této doby docházelo k úpravám kvality vody, aby se předešlo tomuto problému. Použity byly nejznámější metody a způsoby vedoucí k zamezení výskytu sinic a řas (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Na vodní nádrži Skalka již byla situace několikrát velmi kritická, z důvodu vysokého výskytu vodního květu došlo k zákazu rekreace na vodní nádrži. Omezení byla v některých letech už od měsíce květen do podzimního období (Krajská hygienická stanice ©2022).

Bakalářská práce obsahuje část teoretickou a praktickou. Teoretická část je založena na odborné literatuře, která se zabývá eutrofizací vody, jejími příčinami, způsobem řešení eutrofizace a popisem vodní nádrže Skalka a obecnými informacemi o této nádrži. Dále je zaměřena na práci s literaturou, která se zaměřuje na chemické prvky a jejich výskyt ve vodě. Praktická část je založena na rozborech provedených na vodní nádrži Skalka v roce 2022 v rozmezí od května do října. Následně byly vypracovány biologické i chemické rozbory, ze kterých byl vytvořen finální výstup.

2. Cíl práce

1. Charakterizovat vodní nádrž Skalka.
2. Shrnout dosavadní výzkumy na této nádrži s ohledem na výskyt vodního květu.
3. Vybrat vhodná místa pro odběr vzorků vody od přítoku až po odtok z nádrže a v průběhu roku 2022 odebírat na těchto místech vodu pro chemický a hydrobiologický rozbor.
4. Vyhodnotit získaná data a sepsat bakalářskou práci.

3. Literární rešerše

3.1 Eutrofizace vody

3.2 Definice

Eutrofizace je sled událostí buď to přírodních, nebo uměle vytvořených, které mají za následek zvýšení obsahu organických látek ve vodě (Páleníčková 2007). Jedná se o proces, který je značně ovlivněn lidskou činností. Název eutrofie je odvozen od slova trofie, což znamená úživnost. Úživnost se projevuje zvýšením obsahu organických látek, ale to nevede k vyšší produkci řas a sinic. Vše je zapříčiněno změnou podmínek, jako je teplotní růst, změna výšky vodního sloupce, nebo zadržení vody.

Dominantní zastoupení ve vodním ekosystému může být zvýšeno u planktonních řas, které způsobují zbarvení vody, popisované jako vegetační zbarvení. Více se mohou množit vláknité sinice, které přispívají k tvorbě vodního květu. Vlivem zvýšení množství živin se daří také bentickým sinicím, rozsivkám, literárním vláknitým řasám a vyšší vodní vegetaci (Kočí 2000). Planktonní řasy způsobují zbarvení vody i jejich drobné zastoupení může ovlivnit průhlednost vody.

Hlavní problém spojený s tímto rozšířením je neschopnost využívat vodu k pitným účelům. Vodní květ se nejběžněji objevuje během jarního období v mělkých vodách a rybnících. Stálý výskyt vodního květu může být zapříčiněn krátkým zadržením vody (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Nárůst zooplanktonu, jakým jsou například perloočka, vírníci a další vede k posunu velikostního spektra. Tato změna je ku prospěchu větším cenobiálním, koloniálním a vláknitým druhům řas a sinic. Projevuje se zvýšenou průhledností vody a snížením řasové biomasy (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

U sinic a řas, které vytvářejí vodní květ, se jedná převážně o konkrétní druhy, které problém způsobují. Tyto druhy jsou schopny se vyskytovat převážně na hladině, kde se také hromadí. Nejběžnějšími druhy jsou *Microcystis* sp. nebo *Aphanizomenon* sp. Mělo by jít převážně o sinice s plynovými měchýřky. Sinice tohoto druhu nejsou schopny rychlého růstu. Jejich výhodou je již zmíněné shlukování na hladině a dále schopnost vázat atmosférický dusík, avšak jejich největší výhodou je to, že ve vodním prostředí nemají v jejich plném rozvoji žádného konzumenta. Problémy spojené s

výskytem vodního květu jsou pozorovány převážně v letním období, kdy dochází ke změnám teplot vody. Nežádoucími účinky není pouze znečištěná voda, ale také produkce toxinů a změna jakosti vody. Druhy jako *Planktothrix* sp. a *Anabaena* sp. způsobují hypertrofii vody a pylotrofizaci (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Na povrchu sedimentů se můžeme setkat s vývojem bentických řas a rozsivek, které se ve svém vývojovém stádiu přecházejí do natálního stádia. Natální stádium opět způsobuje zbarvení vody, dochází k vytváření tzv. hladinových koberců. Povrch na hladině značně ovlivňuje plynovou výměnu mezi atmosférou a vodním prostředím. Bentické sinice a rozsivky nemají plynové měchýřky, proto se na hladině vznášejí pomocí fotosyntetické produkce, díky které se uvolňují bublinky kyslíku. Tento vzniklý kyslík neprospívá vodnímu prostředí, neboť dochází pouze k uvolnění do atmosféry. Postihuje opět převážně mělké vody během letního období. Šíření bentických sinic na povrchu vodní hladiny je podpořeno větrem a proudy (Kočí 2000).

Litorální vláknité řasy, jejichž výskyt je delší než u výše zmíněných bentických řas, postihuje převážně mělké vody a toky. Rozvoj těchto řas zapříčiní snížení rozvoje drobného planktonu a sinic. Vlákňité řasy se dají z vodního díla snadno oddělit, nejsou toxické a omezují výskyt sinic způsobujících vodní květ (Kočí 2000).

Výskyt vodní vegetace vlivem zvýšení živin probíhá úměrně, jedná se o submerzní, emerzní a litorální rostliny. Jestliže během eutrofizace vody dojde k zatížení toxickými látkami a k nárůstu živin, dojde k rozmnožení druhů *Lemna* sp. a *Spirodela* sp. (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Některé druhy řas a sinic jsou toxické, produkují toxiny, které jsou škodlivé jak pro lidi, tak zvířata. U lidí se tato toxicita může projevit bolestí hlavy, únavou, průjmem, zvracením, horečkou a vyrážkou (Mishra 2023).

Během eutrofizace nemusí docházet ke snížení biodiverzity ve vodním prostředí. Důležité je, které druhy během eutrofizace nastupují a které naopak vlivem dominantních druhů ustupují. Doposud žádná ze studií neuvádí, že by eutrofizace měla negativní vliv na velikost druhové biomasy nebo indexu diverzity. Eutrofizace v tomto ohledu měla převážně kladný vliv. Vlivem zvýšení živin došlo k výskytu vzácných druhů a ohrožených druhů (Kočí 2000).

3.3 Příčiny vzniku

Během přírodní eutrofizace dochází k uvolnění chemických prvků jako jsou dusík, fosfor a silikáty, jejichž původ může být ze sedimentu ve vodě nebo z půdy. Přírodní eutrofizace probíhá z důvodů akumulace živin (Geletu 2023). Umělá vodní eutrofizace je zapříčiněna lidskou činností, a to převážně vlivem zemědělství, nebo při průmyslové výrobě (Kukol 2013).

Eutrofizace způsobena člověkem je v dnešní době mnohem běžnější než eutrofizace přirozená. Přirozený koloběh cyklu dusíku a fosforu v přírodě bývá nejčastěji ovlivněn vypouštěním splašků a dalších odpadních látek do vody (Kukol 2013).

V České republice je velkým problémem nedostatečné vybavení čistíren, které nemají III. stupeň čištění. Jedná se o proces, při kterém dochází k odstranění organického fosforu. Fosfor spolu s dusíkem jsou nezbytnými prvky, které jsou součástí potravy řas a sinic. Fosfor je však pouze limitujícím prvkem, dojde-li k jeho nárůstu dojde k rozmnožení řas a sinic ve větším množství. Dusík se do vody narozdíl od fosforu dostává převážně přírodní cestou, výjimkou jsou hnojiva, která prosakují do půdy. Dusík se do vody dostane přes bakterie, houby a sinice, které jsou schopné na sebe vázat dusík (Kukol 2013).

Zdrojem fosforečnanů ve vodě je především minerál apatit. Fosfor se do vody dostává vlivem lidské činnosti skrze odpadní vody, textilní průmysl, komunální odpad a aplikací fosforečnanových hnojiv. Nejvýznamnějším hnojivem je superfosfát. Ovlivnění kvality vody může být zapříčiněno i běžnou domácností, která používá prací prášky s obsahem polyfosforečnanů. Ve splaškových vodách dochází k hydrolýze, která má za následek hydrolýzu polyfosforečnanů na ortofosforečnany (Kukol 2013).

3.4 Projevy a důsledky

Hlavním problémem, který nastává v souvislosti s eutrofizací je vodní květ a zbarvení vody, které může být způsobeno přemnožením řas či rozsivek (Kučerová 2007). K těmto problémům dochází v letních měsících, kdy jsou ideální podmínky k rozvoji jako jsou vyšší teplota a dostatek světla (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Některé vodní květy mohou způsobit úhyn dalších rostlin, které se ve vodní ploše nachází. Dojde k překrytí hladiny, a to následně vede k blokování světla pro ostatní organismy. Všechny tyto změny vedou k posílení rezistence silnějších druhů,

to vede k dalším nevratným změnám. Kvůli nárustu řas a sinic dochází ke změnám v kyslíkovém režimu. Nahromaděné sinice postupně umírají a dále nevyrábí kyslík, který je potřebný pro mnoho druhů bakterií. Po jejich úhynu jsou rozloženy na dně, kde vlivem bakterií dojde k rozkladu a následně k dalšímu úbytku kyslíku. Vlivem tohoto koloběhu ubývá kyslík pro bentické organismy (Kočí 2000).

Zvýšení obsahu fosforečnanu způsobuje nejen eutrofizaci, ale také značné problémy ve vodárnách. Vlivem fosforečnanů se zhoršuje úprava vody. V České republice je kolem 60% pitné vody z podzemních zdrojů. Fosforečnany jsou ukládány na sedimentech, proto může dojít k uvolnění do vody. Jestliže se řasy a sinice dostanou do vodárenského provozu dochází k ucpávání filtrů, zhoršení organoleptických vlastností vody a vzniku sekundárních znečištění při rozkladu organismů v síti (Kočí 2000).

Velká většina sinic působí toxicky, proto je jejich výskyt nebezpečný pro lidi (Popelářová 2018). U mnoha vodních ploch je zakázané koupání během letních měsíců právě kvůli toxicitě dané vodní plochy. Sinice mohou u citlivějších osob a dětí způsobit mnoho problémů, jako jsou kožní vyrážky, otoky a záněty spojivek (Kočí 2000).

Při zintenzivnění eutrofizace se zvyšuje biotická rovnováha (Neverova et al., 2023). Voda se dělí podle trofie, jinak také úživnosti, na oligotrofní, mezotrofní, eutrofní. (Kočí 2000). Existují také přechodné stavy ultraoligotrofní a mezotrofní (Neverova et al., 2023).

Oligotrofní vody, jsou vody takové, které obsahují málo živin. Na oligotrofním stanovišti se nachází málo rostlin a živočichů. Naopak eutrofní vody jsou vody úživné, obsah fosforů je vždy uváděn jako limitní faktor. Podle množství fosforu ve vodě lze vody rozlišit také na tři typy. Jedná se o vody oligotrofní, kde je koncentrace fosforu méně než $10 \mu\text{g.l}^{-1}$. Oligo – mezotrofní, kde se koncentrace fosforu pohybuje mezi 10-20 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Mesotrofní vody mají obsah fosforu mezi 20-50 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Eutrofní voda obsahuje 50-100 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Hypertrofní více jak 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Kočí 2000).

3.5 Opatření k potlačení rozvoje vodního květu

Jedním z opatření je omezení eroze půdy na polích, které podléhají hnojení. Hnojiva se dostávají přes půdu do vody, kde dochází ke zvýšení hladiny dusíku (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Existují různé metody, jak tomuto problému zamezit, k nim spadá například vhodné užití hnojiv, protierozní opatření či orání kolmo na svahu. Dalším velkým zdrojem znečištění jsou čističky odpadních vod, zatímco malé čistírny dokážou odstranit dostatek fosforu i dusíku velké toho schopny nejsou, protože velké čističky nejsou schopny ze splašků odstranit fosfor. Existují doposud používané metody, které částečně omezují eutrofizaci vod (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Mezi tyto metody patří:

Provzdušňování

Jedná se o metodu, která zajišťuje okysličení vody, při zvýšeném výskytu vodního květu. Využívají se dvě metody (Říhová 2010).

Technika rozptýleného provzdušňování může připomínat kyslíkový systém v akváriu. Jde o metodu, při které se kyslík do vody dostává z trubic, které jsou umístěny na dně nebo pod ním. V trubicích jsou vytvořeny otvory, přes které se kyslík ve formě bublin dostává do vody, kyslík tedy směrem k hladině okyslíčí celý vodní sloupec. Tato metoda se využívá převážně v mělkých vodních plochách (Říhová 2010).

Provzdušňování hypolimnia bez porušení teplotní stratifikace je metoda využívána u hlubokých vodních ploch. Pomocí provzdušnění může dojít k ovlivnění výskytu amoniaku a nitrátu, ale také ke změnám dojít nemusí. Celý proces záleží na teplotní stratifikaci vodní plochy a také na koloběhu živin (Říhová 2010).

Srážení fosforu

Tuto metodu lze využívat pouze v případě, že došlo k zastavení přísunu nadměrného množství fosforu do vodní plochy. Jedná o proces, při kterém se do vody aplikují látky, které na sebe vážou fosfor a následně ho inaktivují (Říhová 2010).

Využívají se látky jako jsou hliník, železo a vápno. Sloučeniny těchto prvků na sebe vážou fosfor, síran hlinitý, chlorid železitý a ty následně po sloučení s fosforem vytvoří želatinové vločky (Říhová 2010).

Vápno se používá ve formě oxidů nebo hydroxidů. Při využití síranu hlinitého a chloridu železitého se musí dbát zvýšené opatrnosti s užitím, protože tyto látky značně ovlivňují hodnotu pH ve vodě (Říhová 2010).

Ošetření sedimentu

Metoda se využívá u vodních ploch, které mají tlustou vrstvu sedimentu. Dojde k mineralizaci hmoty a tím se zabrání tvoření anoxického prostředí. K těmto účelům se využívá sloučení dusíku a železa. Během mineralizace dochází k využití akceptorů

namísto kyslíku. Postupně nastává denitrifikace, desulfurikace a metanogeneze (Kukol 2013).

Denitrifikace je proces, díky kterému dochází k oxidaci hmoty, uvolní se oxid uhličitý a molekulární dusík. Molekulární dusík se vyčerpá a nastává desulfurikace. Jedná se o děj, při kterém je organická hmota oxidována a redukuje se síran, za vzniku CO₂ a sirovodíku. Sirovodík spolu se železem dávají vzniku sirníku železnatého, díky kterému dojde k uvolnění fosfátů ze sedimentu (Kukol 2013). Následuje metanogeneze, jinak také produkce metanu. Metan je ve vodě rozpustný pouze v malém množství, proto se do vody uvolňuje pouze ve formě bublin. Při probublávání se sediment promíchá a fosforečnany se dostanou do horní vrstvy nádrže (Kukol 2013).

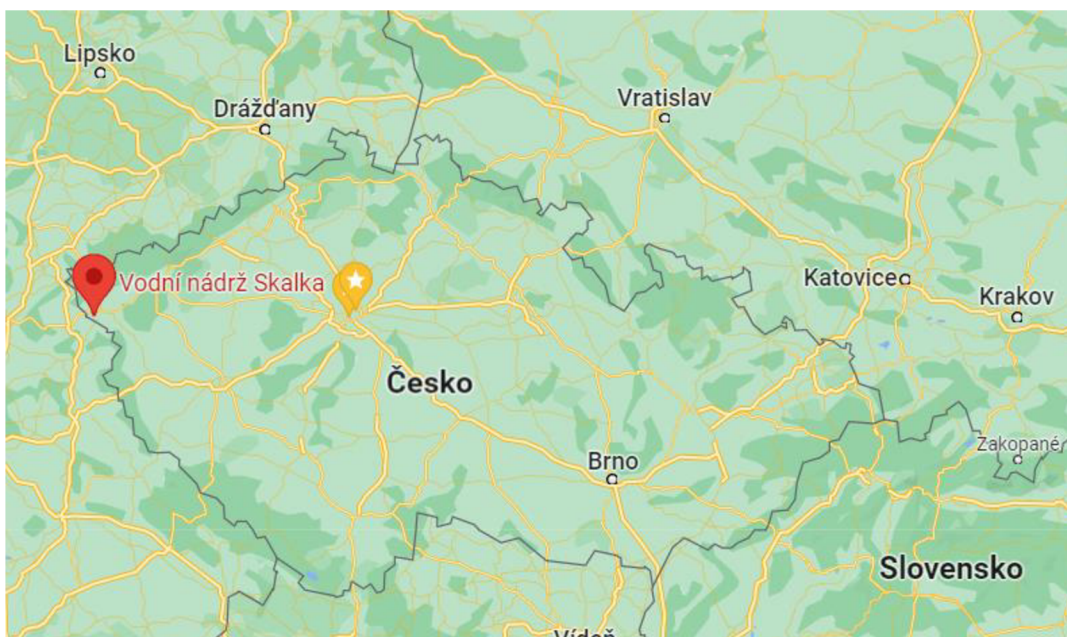
Odstranění bahna vybagrováním

Na odstranění bahna z vodní plochy jsou využívány dvě metody: Odstranění bahna za sucha, kdy je vodní plocha vypuštěna a vysušena. Dojde k odstranění veškerého bahna, ale také aktivního bahna, které je nezbytné k vyvážení ekosystému, následně trvá několik let, než se přirozený ekosystém ve vodní nádrži opět obnoví. Dochází ke zničení okolních porostů a okrajů vodního díla vlivem práce těžkých strojů (Kukol 2013).

Druhou metodou je odstranění bahna pomocí sacího bagru bez vypuštění vodní plochy. Tato metoda neovlivňuje ekologickou bilanci vodní plochy. Nevýhodou metody je, že odsáté bahno musí být následně využito. Využit se může například na zemědělskou plochu, jako přírodní hnojivo, kompost, rekultivační prvek pro výsypky, nebo lesy také na výrobu střešních a travinných bio koberců ve stavebnictví (Kukol 2013).

4. Vodní nádrž Skalka

4.1 Obecné informace



Obr. 1: Vodní nádrž Skalka ČR (www.google.cz/mapy, 2023)



Obr. 2: Letecký snímek vodní nádrž Skalka (Halla, 2017)

Vodní dílo Skalka se nachází v západních Čechách v obci Cheb (Obr.1), (Obr.2). Nádrž se nachází na řece Ohři (Krušné hory ©2023). K jejímu vyhotovení došlo v letech 1962-1964, dostavba byla dokončena roku 1964. Ten samý rok došlo k plnému naplnění vodního díla (Povodí Ohře 2019).

Nádrž je 9,2 kilometrů dlouhá, zasahuje až do Německa. Průměrný denní průtok je 950 l/s. Vodní nádrž má plochu 672,52km² z toho 608,14km² se nachází v Německu. Hlavním přítokem vodní nádrže je řeka Ohře a řeka Reslava, dále se do nádrže vlévají drobná povodí. Rozloha plochy na území České republiky činí 64,38 km² (Krušné hory ©2023).

Hlavním účelem výstavby bylo zásobování vodou průmyslové podniky a také elektrárnu, která se nachází na dolní části proudu (Povodí Ohře ©2019).

Dalším účelem výstavby byla ochrana před povodněmi a likvidace následků zhoršení jakosti vody v toku řeky Ohře. Vedlejší účely nádrže jsou rekreace a vodní sporty. Rybaření na nádrži je povoleno, ale konzumace ryb je z důvodu výskytu vysokého množství rtuti zakázána (Krušné hory ©2023).

Délka koruny hráze činí 115 metrů a její šířka jsou 4 metry. Je budována jako přímá, sypaná, kamenitá s návodním betonovým těsnícím pláštěm (Říhová 2010).

Hráz slouží jako ochrana před povodněmi, využívající dva bezpečnostní přelivy: původní a doplňkový. Původní přeliv je hrazen ocelovým segmentem a ovládá se pomocí zvedacího mechanismu, který je poháněn elektricky pomocí Galleových řetězů. Doplňkový přeliv je hrazen dutou jezovou klapkou, která obsahuje hydraulický pohon (Říhová 2010).

Vodní dílo Skalka během letního období obstarává 1 až 2letou ochranu území před povodněmi a v zimním období jde o 3letou ochranu (Říhová 2010).

Součástí vodní nádrže Skalka je i malá vodní elektrárna Skalka. Její poloha je u pravého břehu nového objektu vodní nádrže Skalka. Malá vodní elektrárna má výkon 2x 350 Kw (Povodí Ohře ©2019).

4.2 Výskyt rtuti na vodní nádrži Skalka

Rtuť je chemický prvek, který se nachází v přírodě, ale lidskou činností ovlivňuje životní prostředí. Může se vyskytovat ve formě čistého prvku, nebo jako organiková forma, jedná se o stav, kdy je rtuť vázána na organické zbytky. Organiková forma je velmi toxická a také výrazně těkavá (Smrček 2013).

Vodní nádrž Skalka se několik let potýká s problémem výskytu zvýšeného množství rtuti v sedimentu. Skalka má přítoky z řeky Ohře a řeky Reslavy, která má hlavní přítok řeku Kössein. Řeka Kössein protéká městem Marktredwitz, kde dochází k znečištění rtutí, ročně se uvolní až 15 kg rtuti (Červená 2021).

Rtuť se ve vodě objevuje běžně, ale v nízkých hodnotách, jedná se převážně o několik nanogramů na litr (Aquatest a.s.2011). V nádržích se snáze ukládají částice rtuti, než ve vodních korytech a záplavových oblastech (Grygar et al., 2022).

Hodnoty rtuti jsou ve srovnání s olovem nebo kadmíem, které se ve vodě také nachází dvakrát až třikrát nižší. Stejně jako v půdě, tak i ve vodním prostředí se rtuť váže na organické hmoty (Smrček 2013).

Zdroj znečištění pochází z továrny na rtuť. Rtuť se v továrně vyráběla od roku 1788 do roku 1985, kdy docházelo ke kontaminaci rtutí v podlaží pod areálem, veškerá kontaminace se dostávala do řeky přes dešťovou kanalizaci (Červená 2021).

V roce 1985 byla výroba rtuti pozastavena a v roce 1996 započal projekt zaměřený na čištění sedimentu v řece Kössein. Řeka Reslav je v současnosti revitalizována a dochází k rozvolnění břehů, ale také k erozi břehů, čímž se vnáší kontaminovaný sediment do prostoru zátopy vodní nádrže Skalka (Aquatest a.s.2019).

Mezi další opatření, která by mohla přispět ke snížení možné kontaminace je zpevnění břehu (Paulin 2019).

Pozorování kvality vody bylo provedeno na vzorcích vody, sedimentu a svalovině ryb. Podle měření z roku 2010 vyplývá, že nejvyšší koncentrace rtuti ve vodě byla pozorována v měsících března, kdy koncentrace byla 0,43 $\mu\text{g Hg/l}$ a v září byla koncentrace 1,22 $\mu\text{g Hg/l}$. V roce 2010 se hodnota rtuti v sedimentu pohybovala okolo 435mg Hg/kg, jednalo se doposud o nejvyšší naměřené hodnoty.

V roce 2011 byl obsah rtuti v těle dravých ryb překročen více než dvakrát nad limit, který je 1mg/kg. Nejvyšší hodnoty byly pozorovány ve svalovině u cejna v játrech a u bolena v ledvinách. Pouze u kapra obecného tyto hodnoty byly v normě, kapr je zde uměle vysazen (Paulin 2019). Z výsledků vyplývá, že nebyly pozorovány

rozdíly mezi hodnotami ve svalovině kaprů a plotic (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Výjimkou byly výsledky ze vzorků, které byly odebrány dne 24.11.2010. Hodnoty hladiny rtuti byly pod stanovenou hranicí (Paulin 2019).

Rtuť se dostává do životního prostředí z několika zdrojů například spalováním fosilních paliv, zubním lakařstvím, zdrojem může být také určitý typ zářivky, rtuť je také součástí některých zařízení jako jsou teploměry nebo tonometry. Dále je využívána v továrnách na výrobu hydroxidu sodné (Motlík 2011).

V dnešní době jsou parametry pro stanovení rtuti velmi přesné, proto je možné stav znečištění kontrolovat. V České republice nehrozí riziko kontaminace rtutí z vody ve vodovodu, jediní ohrožení mohou být pracovníci ČOV. V čistírnách odpadních vod, kdy je potřeba tento toxický prvek odstranit je rtuť zachycena v čistírně kalu. Kal je následně zpracován, dochází k odstranění všech nežádoucích látek včetně rtuti i ostatních těžkých kovů. V čistírnách existují technologie, které jsou založené na principu biosorpce, při které dochází k navázání sloučenin rtuti a ostatních těžkých kovů na stěny mikroorganismů (Chrástková 2009). Tato metoda je účinná v případě, že se jedná o větší a prokazatelný problém s kontaminací. Mezi sorbenty řadíme různé řasy, rostliny a mikroorganismy, nejvhodnějším absorpčním materiálem jsou houby a kvasinky. Výhodou je rychlost procesu, možnost práce v jakémkoliv prostředí, ale nevýhodou je složitý výzkum, protože není jisté, jak moc účinná absorpční kapacita bude (Motlík 2011).

Adsorpce na aktivním uhlí, je jednoduchá metoda, kdy se z vody neodstraňují pouze těžké kovy, ale také pesticidy nebo látky ovlivňující vůni a chuť vody (EuroClean s.r.o ©2023). Aktivní uhlí se aplikuje buď ve formě granulí, nebo v práškové podobě. Prášková forma se aplikuje přímo do vodního prostředí, využívá se převážně v letní sezóně. Výhodou této metody je, že aktivní uhlí se dá používat do filtrační náplně opakovaně, avšak nevýhodou je, že po adsorpci musíme aktivní uhlí z vody odstranit (Motlík 2011).

Mezi další metody odstranění těžkých kovů včetně rtuti spadá srážecí metoda, která je založena na nerozpustnosti některých těžkých solí ve vodě. Metoda je jednoduchá a méně nákladná, jako srážecí činidlo se používá hydroxid vápenatý, sulfidy a soda. Nevýhodou této metody je nízká efektivita v případě výskytu malého množství toxických látek (Mašín 2022; Motlík 2011).

4.3 Vodní květ na vodní nádrži Skalka

Vodní nádrž Skalka, jak již bylo zmíněno, je využívána k rekreaci, proto jsou poblíž vodního díla vybudovány kempy. Vodní květ na Skalce je několikaletý problém, který se podle zdrojů z krajské hygienické stanice zlepšuje. Vodní nádrž se už od počátku vybudování potýká s výskytem vodního květu (Krajský hygienická stanice ©2022).

V roce 2016 se vodní květ začal vyskytovat na nádrži Skalka již v červnu, proto bylo zavedené opatření zákazu koupání, přičemž se následně začaly tvořit shluky sinic. Od srpna byla voda klasifikována jako nebezpečná ke koupání. V roce 2017 byla situace nevhodná ke koupání již od měsíce července. V roce 2018 se situace zlepšila, ale stále byla voda klasifikována jako nevhodná k rekreaci, masový výskyt sinic byl pozorován již v červnu. V roce 2019 byl výskyt vodního květu podobný jako v předchozím roce, došlo ke zlepšení, ale následně se situace rychle zhoršila. Rok 2020 byl od začátku měsíce červen kritický, voda byla nebezpečná ke koupání až do října. V roce 2021 byla kvalita vody definována jako nejlepší, došlo pouze ke zhoršení jakosti vody od půlky června až do října (Krajský hygienická stanice ©2022).

4.4 Již použité opatření k potlačení vodního květu

Od počátku naplnění nádrže byl podporován výskyt vodního květu konkrétně tím, že nádrž je poměrně mělká a došlo k rychlému prohřátí a nádrž podléhala vysokému znečištění z obou přítoků, ale také ze zemědělských zdrojů. Všechny tyto podmínky zapříčinily rozvoj vodního květu už od samého počátku. Vývoj vodního květu byl podpořen i na straně Německa z elektrárny (Říhová 2010).

První úpravy vody byly zavedeny první rok po plném nadržení nádrže. Vzhledem k vhodným podmínkám pro rozvoj sinic a řas došlo k masivnímu výskytu vodního květu. V roce 1926 byl užit algicidní zásah, kdy byla do vody aplikována modrá skalice. Tento způsob opatření byl účinný pouze krátkou dobu, avšak k aplikaci docházelo každoročně, až do roku 1974. V 80. letech se zabránilo používání těchto metod. Vlivem výskytu vodního květu a vysoké koncentraci mědi byla značně omezena rekreace na vodní nádrži Skalka. v 90. letech se vodní květ rozšířil po celém vodním sloupci a rekreace na vodní ploše byla pozastavena úplně. Vodní tok pod hrází byl také ovlivněn výskytem vodního květu. Město Cheb se v této době pokoušelo o

znovu zavedení metody aplikace modré skalice, ale vzhledem k ovlivnění životního prostředí byl tento postup zamítnut (Říhová 2010).

V roce 2003 byly provedeny dvě studie zabývající se možným řešením situace na vodní nádrži skalka. Studie: Možnosti potlačení rozvoje sinic na vodní nádrži Skalka a Jesenice” Ing. Vlastimilem Zahradkou a kol. Ze které vyplynulo, že koncentrace živin klesá v posledních letech, což bylo zapříčiněno výstavbou ČOV na bavorské části přehrady, ale nemělo to žádný vliv na pokles výskytu vodního květu. Druhá studie: Studie potlačení masového rozvoje sinic v nádrži Skalka”, kterou zpracoval v roce 2006 Doc. Ing. Blahoslav Maršálek, CSc. a kol. V této studii byla navržena řešení vedoucí k potlačení výskytu vodního květu (Říhová 2010).

Metody, které byly navrženy podle studie:

Pasportizace zdrojů živin v povodí- Výhodou tohoto opatření je zjištění aktuálního stavu a kvality zdrojů, nevýhodou je precizní provedení a časová náročnost (Říhová 2010).

Technologický mokřad z přednádraží- Výhodou je že se provádí na pozemku ve správě povodí, jedna z možností, jak lze ovlivnit přítok. Nevýhodou jsou vysoké provozní náklady, také je zapotřebí zvážit uskladnění sedimentů (Říhová 2010).

Separace rekreační zóny- Výhodou této metody je ovlivnění kvality vody v menším objemu, nevýhodou však je, že řešení nastává pouze pro část nádrže (Říhová 2010).

Snížení hladiny vody v nádrži – trvale o cca 1-3m a tvorba kultivační zóny-

Použití této metody má výhody v tom, že dojde ke vzniku území ve správě povodí, zmenší se plocha zastoupené nádrže, umožní rozliv průtoků. Nevýhodou je provozní náklad spojený s využitím této metody, nákladná je také aktivní kultivace a sklizeň rostlin (Říhová 2010).

Modifikované huminové látky- Výhodou metody je přírodní použití, selektivní zásah proti sinicím. Nevýhodou je neúplná reference pro přímé aplikace (Říhová 2010).

Koaluganty- Výhodou jsou již získané zkušenosti při využití na Máchově jezeře, jedná se o krátkodobé, neselektivní opatření (Říhová 2010).

Oxidace inokula sinic v sedimentu- Oxidací dojde k značnému poškození sinic v sedimentech, což je značná dlouhodobá výhoda, avšak jedná se o metodu, která vyžaduje náročnou aplikaci (Říhová 2010).

Informace veřejnosti - snížení zatížení živinami z okolí nádrže- tato metoda je zdarma, proto se jeví jako velmi výhodná, ale je zde těžko definována efektivnost aplikace (Říhová 2010).

Jako nejvhodnější řešení se jevila metoda informovat veřejnost. Jejím cílem by bylo v lidech vyvolat pocit odpovědnosti. U povodí na Německé straně by bylo toto řešení nemožné, proto by bylo realizované pouze na území České republiky (Říhová 2010). Řešení, při kterém by došlo ke snížení hladiny vody bylo posouzeno jako řešení, které je v rozporu s hlavními i vedlejšími účely vodní nádrže Skalka (Říhová 2010).

Ostatní metody byly postupně posouzeny jako složité na realizaci.

Problém se musel začít řešit i na Bavorské straně, ze které přicházelo velké množství znečištění (Říhová 2010). Byl proto zrealizován projekt „Problematika živin a sinic v nádrži Skalky“, který byl financován evropskou unií. V roce 2008-2009 byly realizovány a uskutečněny nezbytné projekty a pokusy důležité k řešení problému (Říhová 2010). Součástí projektu bylo bilancování fosforu a dusíku, výsledky byly 18 t P/a a 181 t N/a, znečištění pocházelo z velké části z čističek odpadních vod. Vlivem zemědělství byly hodnoty fosforu a dusíku 31 t P/a, 848 t N/a. Do chebské části vodní nádrže se fosfor dostává nejčastěji odplavenou spodní vodou. Hodnoty fosforu jsou na chebské části dvojnásobně vyšší než v bavorské (Říhová 2010).

Mezi prioritní opatření by mělo být zavedené omezení zaorávání ploch v oblasti povodí. Jako druhotné opatření by mělo být zatravnění oblasti kolem povodí v okolí řeky Reslavy, která je ohrožena erozí. V oblasti řeky Ohře by měla být opatření podobná, v místech bývalých rašelinných oblastí by mělo být zavedené neustálé využívání travnatých ploch. Plochy využívané jako pole a povodňové oblasti by měly být přeměněny na travnaté plochy. Plochy, které mají nízkou schopnost zadržení vody by měly být podporovány vápněním půdy a zlepšením osevního postupu (Říhová 2010).

Hodnoty fosforu jsou maximální v letních měsících, ale podíl fosfátu je trvale vysoký, jeho koncentrace je ovlivněna z povodí. Hodnoty fosforu jsou okolo 12-24 t ročně, to má za následek, že vývoj fytoplanktonu není fosforem limitován (Říhová 2010).

Hodnoty úživnosti, měřené pomocí Vollenweiderova diagramu, ukázaly, že vodní nádrž Skalka je silně eutrofní nádrží. Stav této nádrže by se dal zlepšit pouze rapidním snížením přísunu fosforu, změna by byla viditelná při snížení hodnot na polovinu. Možnost, jak toho docílit je zvýšení schopnosti odstranit fosfor v ČVO.

Jednalo by se o zpřísnění limitu, který by byl u největších čističek $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$, u menších čističek by hodnota musela být okolo 1 mg.l^{-1} . Není doporučeno v nádrži omezit množství dusíku, došlo by k uvolnění zatížení fosforem, který se nachází v sedimentu, což by vedlo k invaznímu nárůstu vodního květu (Říhová 2010).

Další z návrhů řešení situace je vybudování technologického mokřadu, přehrazením horní části nádrže. Tato varianta by byla na vodní nádrži Skalka neúčinná z důvodu vysokého přítoku (Říhová 2010). Jako vhodné řešení, které by vedlo ke snížení hodnot fosforu v nádrži, je vystavění sedmi oddělených rekreačních oblastí, avšak řešení je finančně nákladné (Říhová 2010).

Výsledky studie navrhuji řešení: Jednat s Německou stranou o snížení fosforu produkovaného ČOV, neomezovat emise dusíku, vybudovat oddělené koupací zóny. Naděje na zlepšení situace s výskytem vodního květu skalka jsou velmi nízké (Říhová 2010).

5. Metodická část

Během roku 2022 bylo provedeno 5 odběrů od května do října (29.5.2022, 26.6.2022, 29.7.2022, 4.9.2022, 9.10.2022) a jedno kontrolní měření (6.11.2022). Všechny odběry byly podrobeny chemickým a biologickým testům. V chemické části se pozorovalo chemické složení, výskyt prvků, které by mohly zvyšovat nárůst sinic a řas. V biologické části se sledovalo druhové složení řas, sinic a rozsivek. Odběry byly provedeny vždy jednou v měsíci (Obr. 3) za různých klimatických podmínek, ve stejné hloubce pomocí odběrové trubky, která byla vyrobena z plastu, hloubka odběru byla 30 cm, průměr trubičky byl 1 cm, obvod byl 3,1416 mm.



Obr.3: Odběr na lokalitě (foto: Mojžíšová, 2022)

5.1. Odběrové lokality

Předem byla vytipována území, na kterých se odběr prováděl (Obr.4).

Stanoviště č.1- Nachází se pod hrází, je součástí proudící řeky Ohře, dobře přístupné z nedaleké cesty (Obr.5).

Nadmořská výška: 440 m n. m.

Souřadnice: 50°4'46"S 12°21'19"V.

Stanoviště č.2- Místo se nachází nad hrází, často využívané k rekreaci (Obr.6).

Nadmořská výška: 440 m n. m.

Souřadnice: 50°04'45.7"N 12°20'58.3" V.

Stanoviště č.3- Jedná se o slepé rameno nádrže, voda odtékala směrem z nádrže, během letních měsíců byla tato oblast zasažena zeleným zákalem (Obr.7).

Nadmořská výška: 440 m n. m.

Souřadnice: 50°4'34"S 12°20'55"V.

Stanoviště č.4- Jedno z nejširších míst vodní nádrže, blízko chatové oblasti, místo k rekreaci, v letních měsících místo bylo nejvíce zasaženo zeleným zákalem (Obr.8).

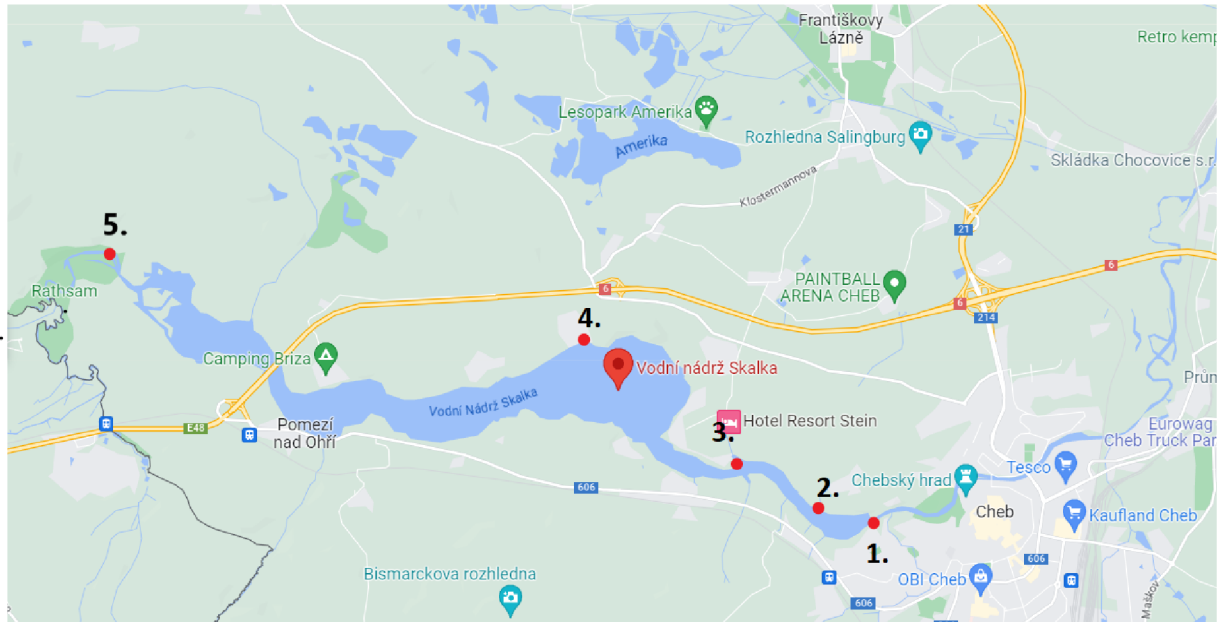
Nadmořská výška: 450 m n. m.

Souřadnice: 50°5'38"S 12°18'56"V.

Stanoviště č.5- Blízko Německých hranic, proudící voda (Obr.9).

Nadmořská výška: 440 m n. m.

Souřadnice: 50°6'4"S 12°15'18"V.



Obr. 4: Odběrové lokality, (www.google.cz/mapy, 2023)



Obr.5: Odběrová lokalita č.1 (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr.6: Odběrová lokalita č.2 (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr.7: Odběrová lokalita č. 3 (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr.8: Odběrová lokalita č. 4 (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr.9: Odběrová lokalita č. 5 (foto: Mojžíšová, 2022)

5.2. Odběr a zpracování vzorků

Na každé lokalitě byl jednou měsíčně proveden odběr do lahvičky o 250ml, která se vypláchla vodou z místa (Obr.10). Odběr byl prováděn za pomoci trubičky, aby došlo k odebrání celého vodního profilu, trubička byla ponořena do hloubky 30 cm, obvod trubičky byl 3.1416 mm, do každé lahvičky byla odebrána voda pomocí trubičky 8krát, aby došlo k naplnění láhve.

Během odběru byla zaznamenána teplota vody pomocí rtuťového teploměru a okolního prostředí. Všechny vzorky byly následně uchovány v chladu pomocí termoboxu, ve kterém se nacházely dvě chladicí vložky.

Podmínky měření:

Květen: Teplota vzduchu- 12 °C, teplota vody (průměr)- 17 °C.

Červen: Teplota vzduchu- 15 °C, teplota vody (průměr)- 18 °C.

Červenec: Teplota vzduchu- 23 °C, teplota vody (průměr)- 22 °C.

Září: Teplota vzduchu- 19 °C, teplota vody (průměr)- 20,5 °C.

Říjen: Teplota vzduchu- 7 °C, teplota vody (průměr)- 11,8 °C.

5.3. Biologické rozbory

Při biologickém testování se zkoumalo druhové složení fytoplanktonu. Vzorky byly zchlazeny na teplotu 6 °C. V laboratoři byly rozděleny odebrané vzorky na dvě části, jedna část se využila k rozboru biologickému a část druhá se zamrazila na chemický rozbor. Zchlazená část vzorku byla rozdělena do pěti zkumavek o objemu 100 ml a byla podrobena centrifugaci při 10000 otáčkách za minutu (Obr. 11). Centrifugací došlo k usazení organického materiálu, řas, sinic a rozsivek na dno zkumavky. Přebytečná voda se vylila, aby se pracovalo pouze se zahuštěným materiálem. Část zchlazeného vzorku se zafixovala pomocí 40 % formaldehydu, který se naředil na 2 %. Zafixovaná část se následně využila na počítání přesného počtu dominantních druhů, které byly určeny v prvním rozboru mikroskopem při zvětšení 200x – 400x.



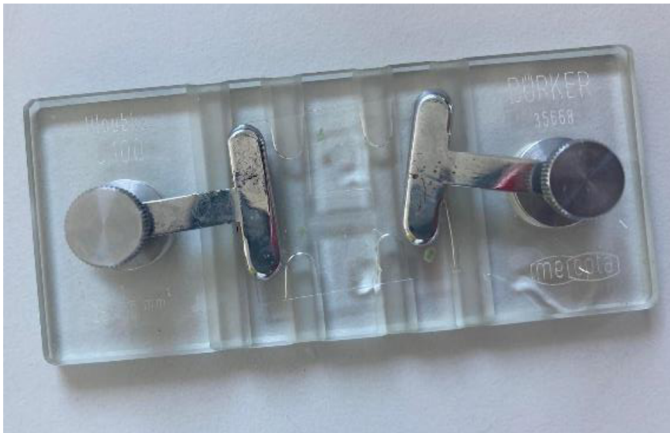
Obr.10: Odběrová lahvička 1 (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr.11: Centrifuga (foto: Mojžíšová, 2022)

Počítání zafixovaných vzorků pomocí Bürkerovy komůrky.

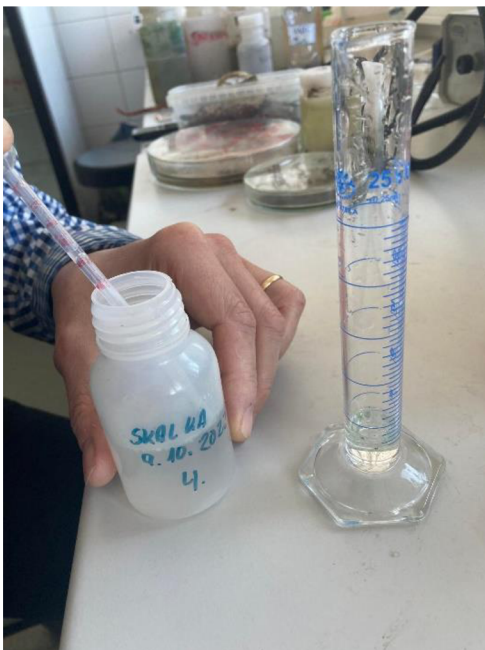
Počítání pomocí Bürkerovy komůrky je založeno na principu manuálního počítání. Bürkerova komůrka (Obr.12) je speciálně upravené podložní sklíčko, které obsahuje kanálky na odtok přebytečné vody a mřížky určenou k výpočtu počtu buněk. Čtverce na počítání jsou dva, každý obsahuje 124 čtverečků. Na podložku je nanesena suspenze s pozorovaným vzorkem (VFU Brno 2017).



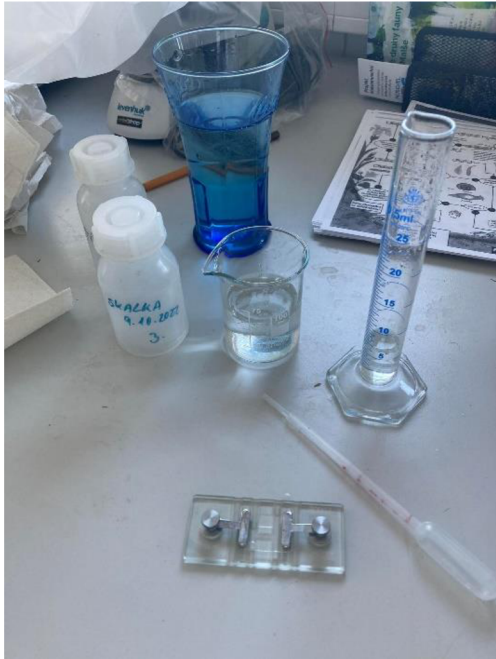
Obr.12 Bürkerova komůrka (foto: Mojžíšová, 2023)



Obr.13: Zahuštěný vzorek (foto: Mojžíšová,2023)



Obr.14: odběr pipetou (foto: Mojžíšová, 2023)



Obr.15: Pomůcky k rozboru (foto: Mojžíšová, 2023)



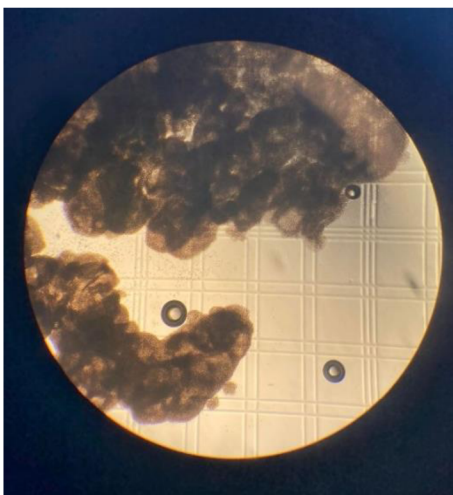
Obr.16: Připravený vzorek (foto: Mojžíšová, 2023)

Postup použití Bürkerovy komůrky (VFU Brno 2017).

1. Očistíme si komůrku, připravíme si roztok, krycí sklíčko, pipetu, kádinku s čistou vodou, mikroskop (Obr.15).
2. Zahuštěný vzorek (Obr.13), který chceme pozorovat si pomocí pipety nanese na komůrku.
3. Přikryjeme krycím sklíčkem tím dojde k rozptýlení preparátu, část odteče do odtokových žlábků a část se uloží ve čtverečku určeném k počítání. (Obr. 12).
4. Krycí sklíčko přichytíme pacičkami na vrchu sklíčka, čímž dojde k vytlačení přebytečné vody nad mřížkou.
5. Komůrku vložíme pod mikroskop (Obr.16).
6. Pozorujeme a počítáme čtverce, které jsou obsazené buňkami (Obr.17).

Vzhledem k nízkému výskytu vodního květu na vodní nádrži Skalka v roce 2022, bylo počítání zaměřeno na měsíce, které značně prokazovaly vodní květ, který byl způsoben rodem *Mykrocystis* sp.. Jednalo se tedy o vzorky ze stanoviště tři a čtyři, které byly odebrány 9.10.2023. Pozorování probíhalo při zvětšení 250x.

Předem byla určena hodnota 15000 buněk na 100 % zaplněném čtverečku (Obr. 17) . Na vzorku ze stanoviště č. 4 bylo provedeno pět počítání na Bürkerovo komůrce. Z těchto počítání bylo zaznamenáno procentuální rozšíření na čtverečcích. Ze všech 124 čtverečků všech pěti počítání byl vypočítán průměr procentuálního zastoupení, který byl 7,32 %. Z čehož vyplývá, že tento vzorek byl průměrně pokryt ze 7,32 %, na tomto procentuálním výskytu se nacházelo 1100 buněk. Vzorek ze stanoviště tři byl značně méně bohatý na výskyt buněk, bylo proto provedeno šest měření na Bürkerově komůrce. Hodnoty průměrů ze šesti měření byly 0,13% výskyt obsahoval 20 buněk.



Obr. 17: Pohled mikroskopem na Bürkerovu komůrku, zvětšení 250x (foto: Mojžišová, 2023)

5.4. Chemický rozbor

Chemický rozbor byl vypracován na fakultě České zemědělské univerzity v Praze v laboratoři pomocí přístrojů zmíněných níže. Rozbor se zaměřil na hodnoty amoniaku, fosforu, dusíku, uhlíku, dusičnanů, dusitanů, síranů, chloridu, bromidu, fluoridu, pH hodnot vody a jakost vody.

Amoniak byl stanoven indofenolovou metodou. Stanovení dle ČSN ISO 7150-1 na spektrofotometru Cary 60 UV-VIS (Agilent Technologies, Walbronn, Německo).

Pro stanovení celkového fosforu byla použita spektrofotometrická metoda podle ČSN EN ISO 6878 s využitím spektrofotometru Cary 60 UV-VIS (Agilent Technologies, Walbronn, Německo).

Celkový dusík, celkový, organický a anorganický uhlík byly měřeny na přístroji Formacs HT TOC/TN (Skalar, Breda, Nizozemí).

Dusičnany, dusitany, sírany, chloridy, bromidy a fluoridy byly měřeny s využitím iontové chromatografie (Metrohm 886 Basic Plus analyzer, Herisau, Švýcarsko).

Stanovení pH bylo provedeno podle ČSN ISO 10 523 na pH-metru Radiometer Copenhagen PHM84 Research pH Meter (Kodaň, Dánsko), ČSN ISO 7150-1, 2007

Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda. ČSN EN ISO 6878 (757465). 2005.

Jakost vod. Stanovení fosforu. Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným. ČSN ISO 10523 (757365), 2010. Jakost vod. Stanovení pH.

5.5 Sledované chemické prvky

Uhlík je chemický prvek, se značkou C. Latinsky *Carboneum* jeho protonové číslo je 6, patří mezi nekovy. Jeho teplota tání je 3825 °C, teplota varu je 4827 °C. Vyskytuje se ve třech základních formách, krystalický uhlík, známý jako diamant, grafit, fulleren, což je modifikace uhlíku s molekulovou krystalickou stavbou. Ve vyšších teplotách se uhlík slučuje s vodíkem, při teplotě okolo 600 °C dochází ke vzniku methanu. V přírodě se uhlík vyskytuje převážně v organických sloučeninách a ve formě oxidu uhličitého v atmosféře. Také je součástí několika minerálů, jako jsou kalcit, magnezit, siderit a další. Uhlík se také využívá jako redukční činidlo (Arnika ©2015; Periodická tabulka ©2009-2017).

TOC je celkový organický uhlík, jehož hodnoty se měří při stanovení kvality vody (IRZ ©2002). Hodnoty TOC jsou velmi důležité pro výpočet biologické rozložitelnosti za podmínek aerobních i anaerobních (Sýkora et al., 2016). Také se může využívat při sledování emisí vypouštěných do vody. Mezi zdroje organických látek ve vodě patří procesy organické hmoty, jako jsou absorpce do sedimentů nebo rozklad (Sýkora et al., 2016). Mezi další zdroje patří veškeré úniky organických látek do odpadních vod z domácností a statků a také z průmyslových zdrojů. Zdroj znečištění organickými látkami může pocházet z látek vyluhujících se z plastů, kdy se uvolňují látky ftaláty. Ftaláty nejsou v plastu vázány, proto se mohou uvolnit. Při spalování plastů dojde k uvolnění ftalátů do atmosféry, následně se kontaminuje atmosférická voda, poté dojde ke kontaminaci vody povrchové a půdní (Sýkora et al., 2016). Problém s vysokým množstvím TOC ve vodním režimu způsobuje změnu chemického složení a kyslíkového režimu. Vlivem poklesu kyslíku, dochází k vývoji kolonií anaerobních mikroorganismů, které dále zhoršují kvalitu vody (Arnika ©2015).

Dusík je chemický prvek se značkou N patří mezi nekovy. Teplota tání dusíku je -209,86 °C a teplota varu je -195,8 °C. Dusík je bezbarvý, dvouatomový plyn bez chuti a zápachu. Výskyt dusíku v přírodě je volný v atmosféře nebo vázaný v řadě sloučenin a v nerostech, také se nachází ve sloučenině amoniaku. Celkový dusík patří mezi jedny z nejdůležitějších prvků, v atmosféře se vyskytuje ze 78 %. Dusík je ukazatelem kvality povrchových i podpovrchových vod. Jedná se o součet všech jeho anorganických a organických sloučenin. Oxidy dusíku vznikají při spalování fosilních paliv za vysokých teplot a denitrifikací (Arnika 2015).

Dusík se do vody dostává převážně z dusíkatých hnojiv, nedostatečným čištěním průmyslových a splaškových vod (Čistá voda ©2018). Maximální koncentrace pro povrchové vody je 6 mg/l za rok podle nařízení vlády 401/2015 Sb. (Arnika ©2015; Periodická tabulka ©2009-2017).

Dusičnany jsou látky, které jsou finálním stupněm rozkladu dusíkatých organických látek (Sýkora et al., 2016). Dusičnany se nachází v hnojivech, ale jsou také součástí kouře a průmyslových či automobilových plynů. Dusičnany se do vody dostávají stejným způsobem jako dusík, přes hnojiva. Dusičnany jsou součástí veškerých vodních ploch, jejich koncentrace vlivem člověka a zemědělské činnosti vstoupá (Sýkora et al., 2016). Limit pro dusičnany ve vodě je 50 mg/l (Arnika ©2015; Živá voda ©2012-2023). K odstranění dusičnanů z vody bývá využito několika metod, jednou z nich je reverzní osmóza (Kravchenko et al., 2022). Reverzní osmóza je proces, při kterém dochází k úpravě vody na pitnou vodu, nevýhodou je, že se jedná o nákladný proces čištění (Hilba 2022). Nejčastěji se dusičnany odstraňují nitrifikací, což je mikrobiální oxidace amoniaku. Nejdříve dojde k oxidaci organických uhlikatých látek, následně k oxidaci amoniakálního dusíku, který byl uvolněn z organických dusíkatých látek (Mohammed et al., 2022). Organické dusíkaté látky představují amoniakální dusík, který je obsažen ve vodě (Sýkora et al., 2016). Limitující hodnota pro pitnou vodu je $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Sýkora et al., 2016).

Dusitany vznikají oxidací amoniakálního dusíku, tedy procesem nitrifikace, mohou vznikat také při biochemické redukci dusičnanů. Vysoké hodnoty dusitanů mohou být zapříčiněny chovem ryb (Sýkora et al., 2016). Koncentrace dusitanů bývá převážně nízká, hodnoty se mohou rychle měnit, protože dusitany podléhají snadno chemickým a biologickým přeměnám (Sýkora et al., 2016). Limitující hodnota pro pitnou vodu je $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Sýkora et al., 2016).

Amoniak jinak také amoniakální dusík je hlavním produktem rozkladu organických dusíkatých látek, které jsou živočišného nebo rostlinného původu (EuroClean s.r.o ©2023). Zdroje znečištění amoniakem jsou tedy splaškové vody, zemědělství a kalová voda z čistíren kalu. Hlavním zdrojem jsou především dusíkatá hnojiva, která se odtokem ze zemědělských půd dostávají do vody povrchové a také podzemní (Sýkora et al., 2016).

Amoniakální dusík se ve vodě nachází jako kationt NH_4^+ nebo v neiontové formě NH_3 (Sýkora et al., 2016). Forma NH_3 je velmi toxická pro ryby, během několika hodin způsobuje nekrózu žaber. Tato forma se vyskytuje při vyšších

hodnotách pH . V povrchových vodách koncentrace nepřevyšuje hodnoty $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. (Sýkora et al., 2016).

Fosfor je prvek se značkou P, přirozeně se nevyskytuje jako volný prvek, vyskytuje se jako fosforečnan součástí minerálů. Fosfor se ve vodě nachází ve formě fosforečnanů, které mohou být součástí vodních organismů. V organismech dochází z fosforečnanu k přeměně na adenosintrifosfát (ATP) nebo adenosindifosfat (ADP). Zdrojem organického fosforu je rozklad biomasy fytoplanktonu a zooplanktonu na dně vodní plochy (Sýkora et al., 2016).

Fosforečnany nezpůsobují problémy s chutí nebo zápachem vody, avšak ovlivňují ekosystém. Vysoký výskyt způsobuje rychlý růst některých řas a sinic, což způsobuje výskyt vodního květu a zhoršení kvality vody. Rozvojem řas a sinic ve vodě dochází k poklesu hladiny kyslíku při jejich rozkladu, tato situace je nebezpečná jak pro živočichy, tak rostliny (Hach ©2023; Páleníčková 2007).

Zdrojem fosforu ve vodách může být rozpad půd, minerálů a zvětralých hornin, může se jednat o minerály jako je apatit, strengit nebo vivianit. Dalším zdrojem mohou být prací, čistící a další mycí prostředky. V neposlední řadě zdrojem bývají i fosforečnanová hnojiva (Sýkora et al., 2016).

Fluoridy jsou záporně nabitě formy fluoru, jde o jeden z nejvíce rozšířených prvků na Zemi. Nejčastěji se vyskytuje navázaný na jiné prvky (Tausta 2023). Fluoridy se do vody dostávají běžně, nejčastějším zdrojem jsou horninové podloží. Fluorid ve vodě může být přínosný, dokonce žádoucí (Arnika ©2015). Průměrná koncentrace fluoridu v České republice v pitné vodě je $0,14 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Vody s vyšším obsahem fluoridu jsou minerální vody, kde koncentrace může být až $2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, jakými jsou minerální vody z oblasti Karlovarska nebo vodu Vincentku (Sýkora et al., 2016).

Chloridy se do vody dostávají přírodní cestou z horninového podloží, nebo uměle. Umělým zdrojem jsou odpadní vody, nebo solení silnic. (Aquatest 2005). Limitující hodnota pro pitnou vodu je $100 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, vyšší koncentrace není život ohrožující, pouze dochází ke změně chuti (Sýkora et al., 2016). Chlor se ve vodě rozpouští na chlorovou vodu, jeho rozpustnost je ovlivněna hodnotou pH (Sýkora et al., 2016).

Bromid se do povrchových vod dostává znečištěním z průmyslových odpadů a také hospodářskou činností (Eurolab ©2023). Bromid se do vody dostává z chemického a farmaceutického průmyslu. Limitující hodnota pro pitnou vodu je $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sýkora et al., 2016).

Sírany Koncentrace síranů ve vodě značně ovlivňuje její chuť, ale i úživnost. Zdrojem síranů můžou být rozpuštěné sádrovce nebo anhydrity, nebo vznikají oxidací sulfidů. Obsah síranů ovlivňuje rychlost koroze (Sýkora et al., 2016). Limitující hodnoty koncentrace pro pitnou vodu jsou $250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sýkora et al., 2016).

pH hodnoty ovlivňují chemické a biologické procesy vody. Určení hodnoty pH je nezbytnou součástí rozboru vody. Povrchové vody by měly vykazovat hodnoty pH mezi 6- 8,5. Zatímco podzemní voda nabývá hodnot 5- 7,5, stejné hodnoty mají i vody minerální (Sýkora et al., 2016).

Limitující hodnoty koncentrace pro pitnou vodu jsou $6,5\text{-}9,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Sýkora et al., 2016).

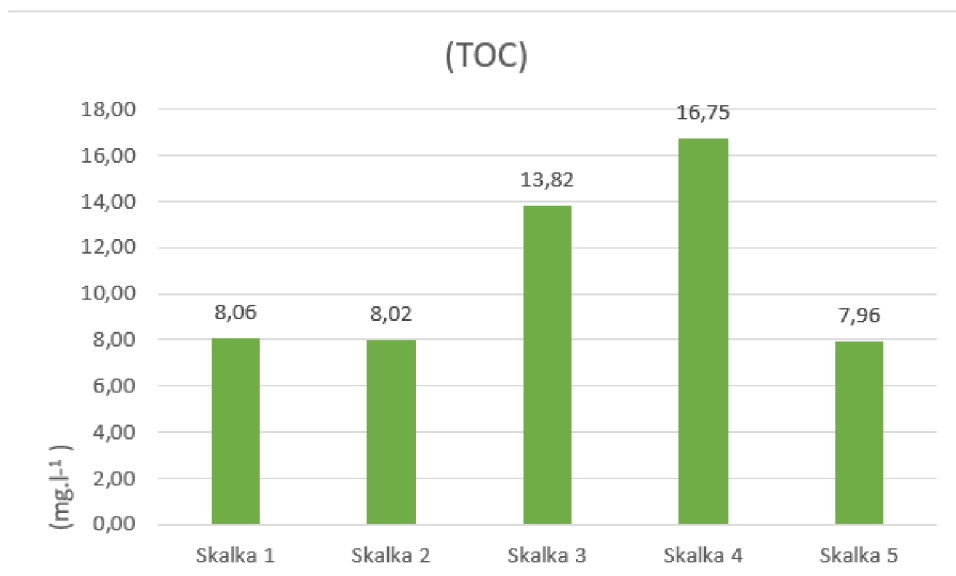
V příloze níže se nachází tabulky s výsledky chemického rozboru.

6. Výsledky

6.1 Chemické výsledky

6.1.1 Celkový organický uhlík (TOC)

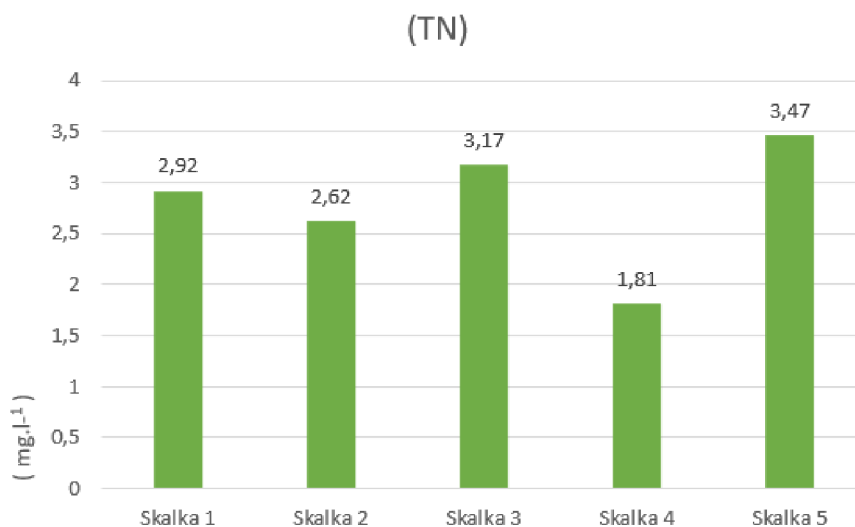
Tabulky (Tab. 3-7) zobrazují hodnoty vývoje celkového organického uhlíku na stanovištích. Nejvyšších hodnot dosáhl celkový organický uhlík na stanovišti č. 4 během měsíce září. Na stanovišti č. 4 byly naměřené hodnoty ($45,79 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Jedná se tedy o nejvyšší koncentraci celkového organického uhlíku ve všech odběrech na všech stanovištích. Naopak nejnižší hodnoty celkového organického uhlíku byly zaznamenány na stanovišti č. 1 během měsíce červen, kde stanoviště obsahovalo koncentraci organického uhlíku ($6,43 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 4 a nejnižší naměřené hodnoty na stanovišti č. 5 (Obr.18).



Obr.18: Průměrná koncentrace celkového organického uhlíku na stanovištích

6.1.2 Celkový dusík (TN)

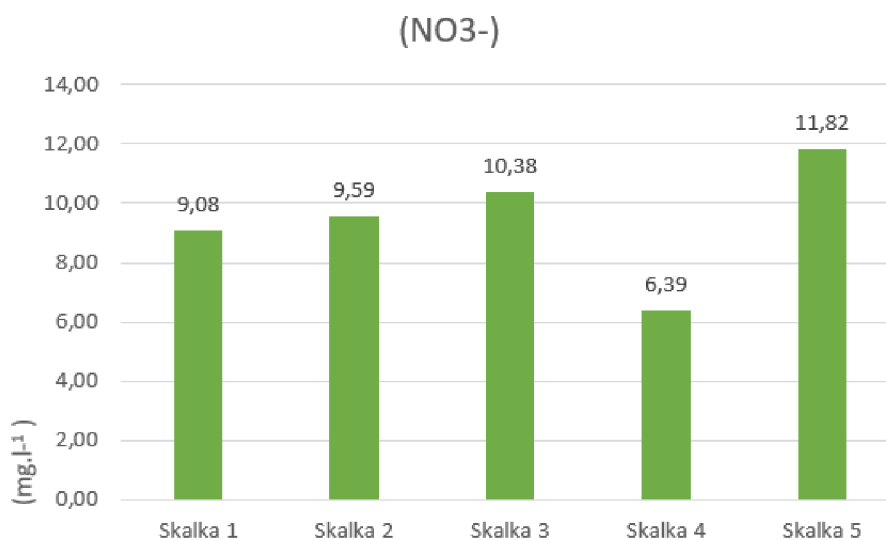
Hodnoty celkového dusíku z tabulek (Tab. 3-7) zobrazují vývoj hodnot, kdy dusík nabyl nejvyšší koncentrace ($5,69 \text{ mg.l}^{-1}$) v měsíci září na stanovišti č. 3. Ten samý měsíc byly hodnoty koncentrace dusíku nejnižší na stanovišti č. 4, kde koncentrace dosáhla hodnot ($0,45 \text{ mg.l}^{-1}$). Následně došlo k opětovnému nárůstu koncentrace v měsíci září na stanovišti č. 5, kdy koncentrace byla ($4,18 \text{ mg.l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 5 a nejnižší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4 (Obr. 19).



Obr.19: Průměrná koncentrace celkového dusíku na stanovištích

6.1.3 Dusičnany (NO₃-)

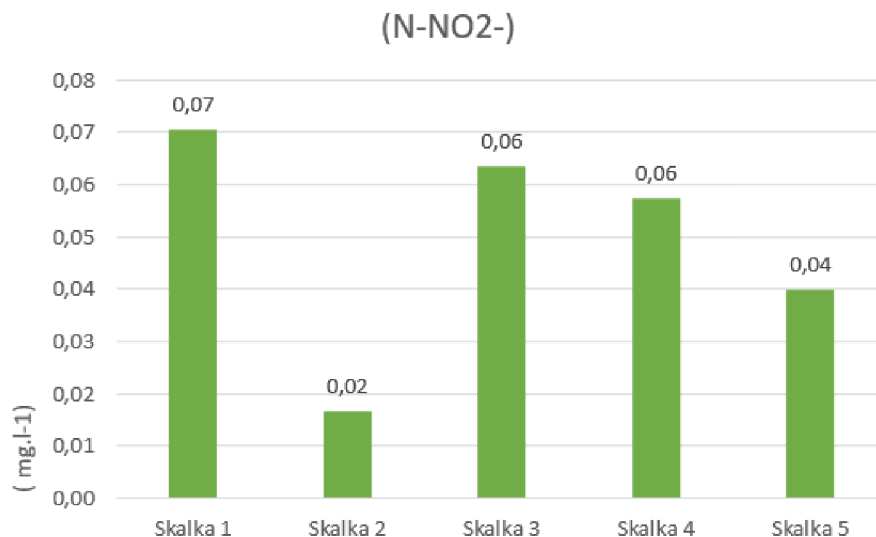
Hodnoty dusičnanu z tabulek (Tab. 3-7) zobrazují vývoj, ze kterého vypovídá, že byla v měsíci září na dvou stanovištích koncentrace nejvyšší a zároveň nejnižší. Během měsíce září na stanovišti č. 3 byla naměřena nejvyšší koncentrace dusičnanů (23,58 mg.l⁻¹). Zatímco nejnižší koncentrace dusičnanů byla naměřena ve stejném měsíci na stanovišti č. 4 jednalo se o hodnoty (1,27 mg.l⁻¹). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 5 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4. (Obr.20).



Obr.20: Průměrná koncentrace dusičnanů na stanovištích

6.1.4 Dusitany (N-NO₂-)

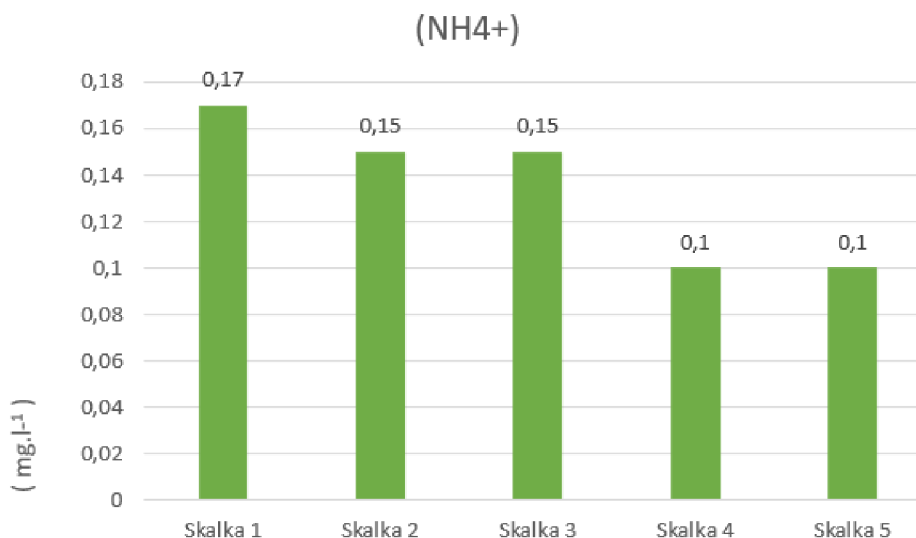
Koncentrace dusitanů (Tab. 3-7) byla nejvyšší během měsíce září na dvou stanovištích. Stanoviště č. 1 vykazuje hodnoty (0,17 mg.l⁻¹). Na následujícím stanovišti č. 2 došlo k poklesu, koncentrace nabývá nejnižších hodnot ze všech měření (0,0088 mg.l⁻¹). Na posledním stanovišti došlo k opětovnému nárustu hodnot v měsíci září (0,174 mg.l⁻¹). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 1 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 2. (Obr.21).



Obr.21: Průměrná koncentrace dusitanů na stanovištích

6.1.5 Amoniak (NH₄⁺)

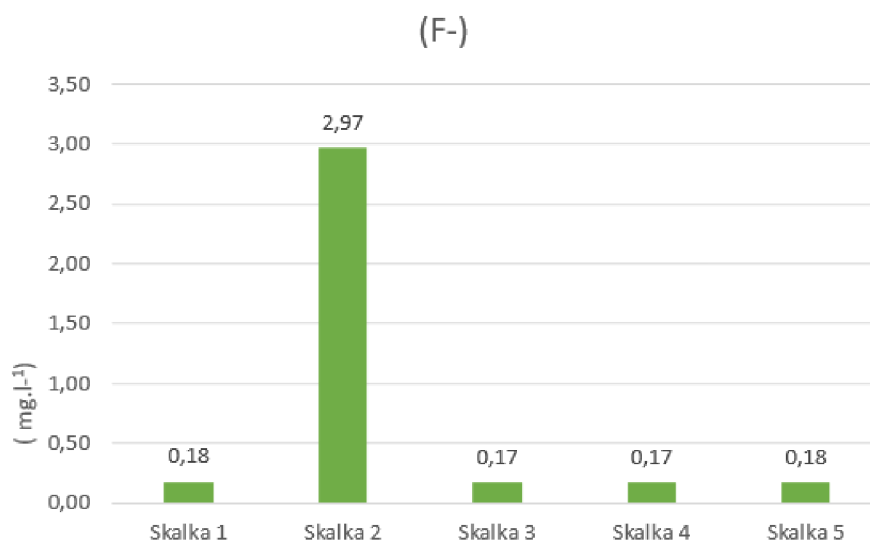
Tabulky (Tab. 3-7) zobrazují hodnoty vývoje amoniaku, nejvyšší naměřené hodnoty byly naměřené na stanovištích č. 1 a č. 2. Stanoviště č. 1 vykazuje hodnoty (0,35 mg.l⁻¹) během měsíce červenec. Další stanoviště č. 2 vykazuje v ten samý měsíc shodné hodnoty. K poklesu koncentrace došlo na stanovišti č. 3 a č. 4 během ověřovacího měření v listopadu. V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 1 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4 a č. 5 (Obr.22).



Obr.22: Průměrná koncentrace amoniaku na stanovištích

6.1.6 Fluoridy (F-)

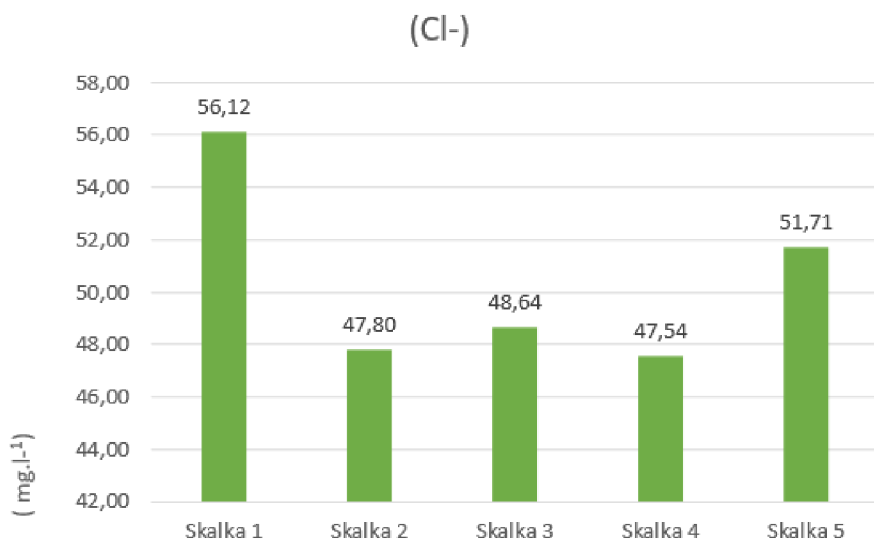
Koncentrace Fluoridu (Tab.3-7) znázorňuje nárůst hodnot koncentrace ($0,20 \text{ mg.l}^{-1}$) na stanovišti č. 1 v měsíci červenec. Další vyšší hodnoty koncentrace byly zaznamenány na stanovišti č. 2 ($0,19 \text{ mg.l}^{-1}$). Podobných hodnot nabyl fluorid také na stanovišti č. 4 během července ($0,2 \text{ mg.l}^{-1}$). Nejnižší koncentrace byla naměřena v měsíci květen na stanovišti č. 3 ($0,1 \text{ mg.l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 2 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 3 a č.4. (Obr.23).



Obr.23: Průměrná koncentrace fluoridu na stanovištích

6.1.7 Chloridy (Cl-)

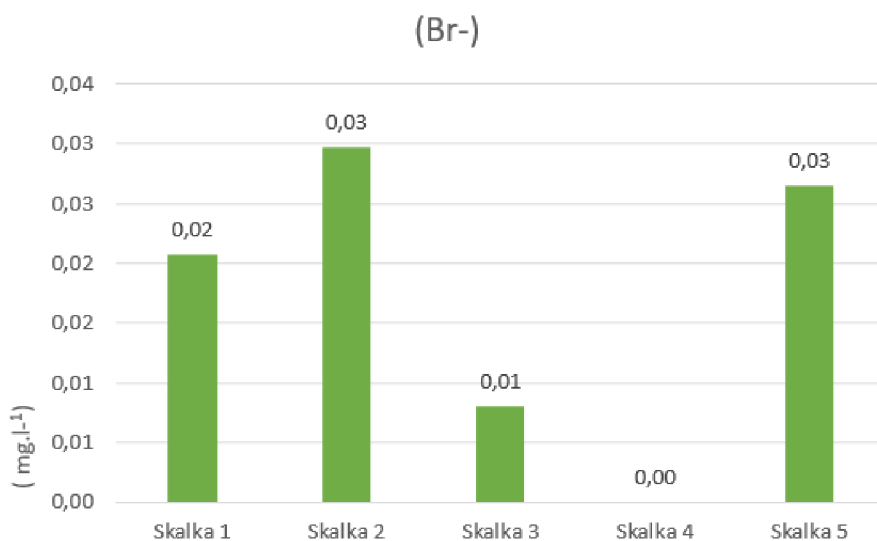
Koncentrace chloridu (Tab. 3-7) byla nejvyšší v měsíci červenec na stanovišti č. 1 ($77,89 \text{ mg.l}^{-1}$), zatímco nejnižší hodnoty chloridu byly naměřeny v květnovém měsíci na stanovišti č. 3 ($25,9 \text{ mg.l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 1 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4 (Obr.24).



Obr.24: Průměrná koncentrace chloridu na stanovištích

6.1.8 Bromidy (Br⁻)

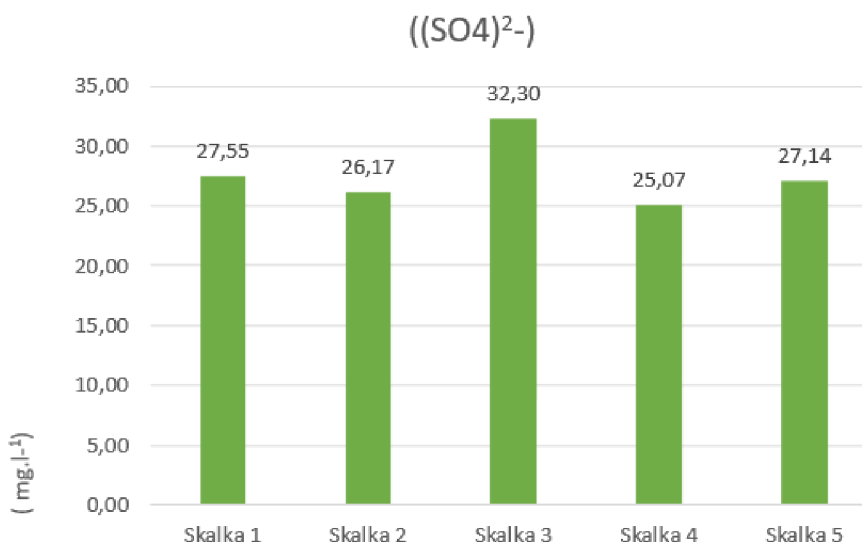
Bromid ve většině měření vykazoval hodnoty (0 mg.l⁻¹), k navýšení došlo na stanovištích č. 1, 2, 3 během června a v kontrolním listopadovém měření. Stanoviště č. 5 vykazovalo změny v hodnotách v průběhu posledních měření v měsících září, říjen a v kontrolním listopadovém měření. Nejvyšší naměřená koncentrace byla (0,063 mg.l⁻¹) na stanovišti č. 1 v červnu. Druhá nejvyšší koncentrace (0,061 mg.l⁻¹) byla naměřena na stanovišti č. 1. a č. 5. během kontrolního měření v listopadu (Tab.3-7). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 2 a č. 5 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4 (Obr.25).



Obr.25: Průměrná koncentrace bromidu na stanovištích

6.1.9 Sírany ($(\text{SO}_4)^{2-}$)

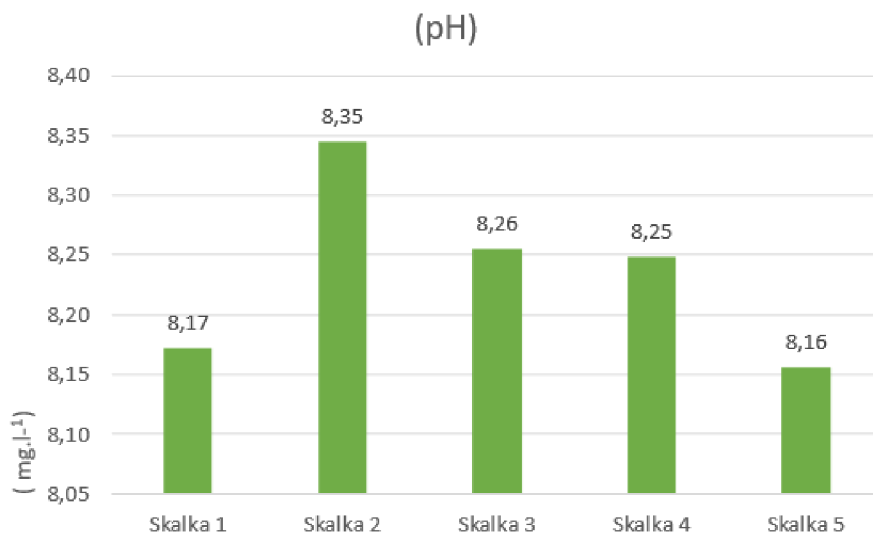
Koncentrace síranů (Tab. 3-7) vykazovala nejvyšší hodnoty na stanovišti č. 1 v měsíci červenec ($37,76 \text{ mg.l}^{-1}$). Nejnižší koncentrace byla zaznamenána při měření provedeném v měsíci květen na stanovišti č. 4. V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 3 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 4 (Obr.26).



Obr.26: Průměrná koncentrace síranu na stanovištích

6.1.10 Hodnoty pH (pH)

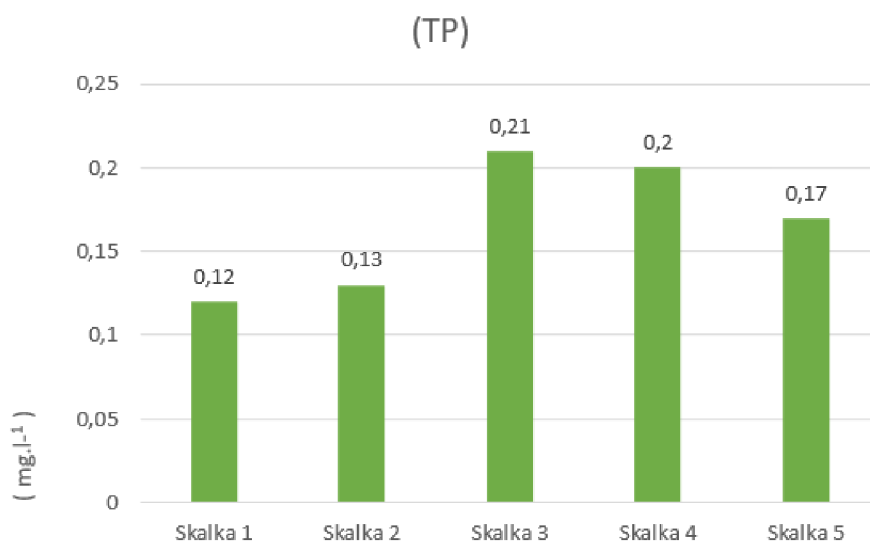
V tabulkách (Tab. 3-7) ukazatele kyselosti vody jsou zobrazeny hodnoty vývoje pH vody ze všech stanovišť. Hodnoty se pohybovaly kolem (8 mg.l^{-1}), nejvyšší naměřená hodnota pH byla na stanovišti č. 1 v měsíci červenec ($8,86 \text{ mg.l}^{-1}$), nejnižší hodnota pH byla naměřena na stanovišti č. 1 v květnu ($7,64 \text{ mg.l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 2 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 5 (Obr.27). Hodnoty naměřené z výsledků vykazují, že pH vody je slabě zásadité, protože překročily hodnoty $\text{pH}=7$ (Tantray et al., 2023).



Obr.27: Průměrná koncentrace pH na stanovištích

6.1.11 Celkový fosfor (TP)

Naměřené hodnoty fosforu byly opět na většině stanovišť podobné (Tab. 3-7). Nejvyšší naměřená koncentrace byla v měsíci říjen na dvou stanovištích. Stanoviště č. 3 vykazuje hodnoty ($0,48 \text{ mg.l}^{-1}$) a stanoviště č. 4 vykazuje koncentraci ($0,44 \text{ mg.l}^{-1}$). Nejnižší hodnota koncentrace byla naměřena na stanovišti č. 1 během měsíce červen ($0,106 \text{ mg.l}^{-1}$). V průměru byly nejvyšší naměřené koncentrace na stanovišti č. 3 a nejmenší naměřené hodnoty na stanovišti č. 1 (Obr.28).



Obr.28: Průměrná koncentrace fosforu na stanovištích

6.2 Biologické Výsledky

Během mikroskopického pozorování, při zvětšení 200400x byly nejčastěji vypořozovány tyto druhy:

1. stanoviště

- **Květen:** *Cryptomonas* sp., *Asterionella formosa*, *Navicula* sp., *Desmodesmus* sp., *Coelastrum* sp.
- **Červen:** *Cryptomonas* sp., *Fragilaria* sp.
- **Červenec:** *Fragilaria crotonensis*, *Cryptomonas* sp., *Navicula* sp., *Asterionella formosa*, *Aulacoseira* sp., *Trachelomonas* sp., *Pandorina morum*.
- **Září:** *Trachelomonas*, *Aulacoseira* sp., *Pandorina morum*, *Navicula* sp.
- **Říjen:** *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Trachelomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Navicula* sp., *Asterionella* sp.

2. stanoviště

- **Květen:** *Cryptomonas* sp., *Asterionella* sp.
- **Červen:** *Cryptomonas* sp., *Fragilaria* sp., *Eudorina elegans*,
- **Červenec:** *Cryptomonas* sp., *Fragilaria crotonensis*, *Euglen* sp. a, *Trachelomonas* sp., *Pandorina morum*, *Aulacoseira* sp.
- **Září:** *Trachelomonas* sp.
- **Říjen:** *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Trachelomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Asterionella* sp.

3. stanoviště

- **Květen:** *Cryptomonas* sp., *Asterionella formosa*.
- **Červen:** *Asterionella formosa*, *Navicula* sp., *Coelastrum* sp., *Fragilaria* sp., *Aulacoseira* sp., *Staurastrum* sp., *Anabaena* sp.
- **Červenec:** *Trachelomonas* sp., *Fragillaria* sp., *Navicula* sp., *Asterionella formosa*, *Aulacoseira* sp.
- **Září:** hladina – *Mykrocystis* sp., dno – *Fragilaria* sp., *Navicula* sp.
- **Říjen:** hladina – *Aphanizomenon* sp. *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis* df. *flos-aqua*, *aulacoseira*, dno – *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Trachelomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Pandorina morum*, *Stephonodiscus* sp.

4. stanoviště

- **Květen:** *Navicula* sp., *Fragillaria* sp., *Cryptomonas* sp.
- **Červen:** *Fragilaria* sp.

- **Červenec:** *Fragillaria* sp., *Pandorina* sp., *Aulacoseira* sp., *Navicula* sp., *Closterium* sp., *Gomphonema acuminatum*, *Ulnaria* sp.
- **Září:** hladina – *Microcystis wessenbergii*, *Mykrocystis viridis*, *Mykrocystis aeruginosa*, dno – *Navicula* sp.
- **Říjen:** hladina – *Microcystis euroginosa*, *Aphanizomenon* sp., *Microcystis flos-aqua*, *Microcystis wesenbergie*, dno – *Cryptomonas* sp., *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Pandorina morum*, *Asterionella* sp., *Coelastrum* sp.

5. stanoviště

- **Květen:** *Aulacoseira* sp., *Desmodesmus communis*, jiné druhy *desmodesmus*, *Tertaëdron* sp., *Dictyosphaerium* sp., *Navicula* sp.
- **Červen:** *Pediastrum boryanum*, *Navicula* sp., *Fragilaria* sp., *Aulacoseira* sp., *Melosira varians*, *Trachelomonas* sp.
- **Červenec:** *Cryptomonas* sp., *Pandorina* sp., *Desmodesmus* sp., *Aulacoseira* sp., *Fragillaria* sp., *Cyclotella* sp., *Cryptomonas* sp.
- **Září:** *Melosira varians*, *Coelastrum* sp., *Cryptomonas curvata*, *Aulacoseira* sp., *Desmodesmus communis*, *Closterium* sp., *Dictyosphaerium* sp.
- **Říjen:** *Aulacoseira* sp., *Fragilaria* sp., *Trachelomonas* sp., *Cryptomonas* sp., *Asterionella* sp.

Výsledky výpočtu počtu buněk za použití Bürkerovy komůrky z odběru 9.10.2022:

Výpočet množství buněk byl proveden na čtverečku o velikosti 0,2 x 0,2 mm, hloubce 0,1 mm, plocha čtverečku je 0,04 mm, objem čtverečku je 0,004mm³.

V 0,004 mm³ na stanovišti č. 4 bylo 1100 buněk, na stanovišti č. 3 jich bylo 20.

V 1 mm³ se nacházelo na stanovišti č. 4 (275 000 buněk), na stanovišti č. 3 (5000 buněk). Z čehož je zřejmé že v jednom mililitru vzorku se na stanovišti č. 4 vyskytovalo 275 000 000 buněk, na stanovišti č. 3 se vyskytovalo 5 000 000 buněk.

Hodnoty bylo nutné přepočítat na objem lahvičky, ve které se vzorek před počítáním nacházel, což u vzorku ze stanoviště č. 4 činilo po zaokrouhlení 19 600 000 buněk a ve vzorku ze stanoviště č. 3 po zaokrouhlení 55500 buněk. Následný přepočet byl na 1 ml roztoku z odběrové lahvičky. U vzorku č. 4 bylo vypočítáno 281 000 buněk a u vzorku ze stanoviště č. 3 bylo vypočítáno 926 buněk.

6.2.1 Nejčastěji pozorovaný druh – *Microcystis* sp.

Nejčastěji pozorovaný druh byl z rodu *Microcystis* sp., jedná se o nejčastěji vyskytující se druh z řádu sinic. Tento druh v českých vodních tocích způsobuje výskyt vodního květu (Obr. 29, 30). Vodní květ vzniká v důsledku eutrofizace vody. Rod *Microcystis* sp. je charakteristický nejen tvorbou biomasy na hladině, která zamezuje přísunu světla a kyslíku ve vodním sloupci (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004), ale také produkují toxické látky, jež jsou nebezpečné pro člověka. Rod *Microcystis* sp. se dělí na dvě subpopulace, jedna se nachází ve vodním sloupci, zatímco druhá v bentické části vodního prostředí (Samudra et al., 2023).



Obr. 29: Vodní zákal (foto: Mojžíšová, 2022)



Obr. 30: Vodní květ (foto: Mojžíšová, 2022)

6.2.2 Charakteristika rodu (*Microcystis* sp.)

Jedná se o jedince kokálních sinic, které vytvářejí mikro- makroskopické kolonie. Na vodní hladině tyto kolonie působí jako práškovitý vodní květ. Tvar buněk je zprvu kulovitý, později mají nepravidelný tvar a jsou laločnaté nebo děrované. Uvnitř se nachází malé kulovité buňky v průhledném slizu, velikost buněk je zhruba 3-10 μm .

Jako ostatní druhy sinic se rozmnožují nepohlavně, rozmnožování probíhá dělením v období jara a časně v létě, kdy kolonie stoupají ze sedimentu vzhůru k hladině. Přezimování probíhá v sedimentech ve stádiu fyziologické cisty, jedná se o stav, kdy si sinice zachovávají schopnost metabolismu. Rod *Microcystis* sp. se na hladině pohybuje pomocí vezikul, to jsou o plynové měchýřky vyplněné vzduchem. Díky

těmto měchýřkům se mohou pohybovat ve vodním sloupci. Plynové vezikuly se v buňce shromažďují a vytvářejí aerotopy (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

6.2.3 Způsob výživy

Způsob výživy je mixotrofní, živí se jak fotosynteticky, tak z organických látek. Subpopulace, které se nachází ve vodním sloupci se živí fotosynteticky, populace, která žije v sedimentu se živí organickými látkami (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

6.2.4 Životní cyklus

Nejznámější životní část *Microcystis* sp. je ta, kdy se nachází ve vodním sloupci a na hladině. Tato část tvoří pouze 1/3 životního cyklu *Microcystis* sp., další části životního cyklu se odehrávají na dně v sedimentech, kde sinice přežívají za úplně odlišných podmínek, než ve vodním sloupci a na hladině. Jak již bylo zmíněno rod *Microcystis* sp. se dělí na dvě subpopulace, jedná se o pelagickou populaci, která se nachází ve vodním sloupci a na hladině a na bentickou populaci, která se nachází na dně nádrže.

Pelagická populace je každoročně obnovována z bentické subpopulace, bentická populace se musí každoročně množit. K poklesu kolonií ze dna dochází během poklesu teploty, se změnou teploty dochází ke zvýšení množství uhlovodíků a kolonie klesají, zatím co s vyšší teplotou narůstá množství proteinu a kolonie stoupají (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Pro masový nárůst *Microcystis* sp. není nejdůležitější výskyt chemických prvků dusíku a fosforu, ale obsah organických látek. Obsah kyslíku negativně ovlivňuje počáteční vývoj. Při teplotách 15-20 °C stoupá fotosyntetická aktivita u druhů, které způsobují vodní květ. Pro bentické zásobní populace je důležitá tma, jílovitý podklad a bezkyslíkaté prostředí. Z tohoto důvodu je pro přezimování rodu *Microcystis* sp. podstatné, aby se nacházely převážně v hlubších nádržích, které dosahují hloubky 6-20 metrů. Vzhledem k oddělení populace je dost obtížná likvidace sinic, chemické zásahy postihují pouze pelagickou část, kdežto na dně se nachází další zásobní populace (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

7. Diskuse

Z průměrných hodnot na stanovištích, porovnaných podle normy (ČSN 75 7221) Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod 2017) dochází k zařazení do tříd (Tab.1) :

Tab.1: Třídy znečištění průměrných hodnot měření na stanovištích, hodnoty jsou v mg.l^{-1} .

| Stanoviště | (TOC) | (TN) | (N-NO ₃ -) | (N-NO ₂ -) | (N-NH ₄ +) | (F-) | (Cl-) | (Br-) | ((SO ₄) ²⁻) | (pH) | (TP) |
|------------|-------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|-------|-------|-------------------------------------|------|------|
| Skalka 1. | 8,06 | 2,92 | 2,05 | 0,07 | 0,21 | 0,18 | 56,12 | 0,02 | 27,55 | 8,17 | 0,12 |
| Skalka 2. | 8,02 | 2,62 | 2,17 | 0,02 | 0,2 | 2,97 | 47,8 | 0,03 | 26,17 | 8,35 | 0,13 |
| Skalka 3. | 13,82 | 3,21 | 2,35 | 0,06 | 0,19 | 0,17 | 48,64 | 0,01 | 32,3 | 8,26 | 0,21 |
| Skalka 4. | 16,75 | 1,81 | 1,44 | 0,06 | 0,13 | 0,17 | 47,54 | 0 | 25,07 | 8,25 | 0,2 |
| Skalka 5. | 7,96 | 3,47 | 2,67 | 0,04 | 0,13 | 0,18 | 51,71 | 0,03 | 27,14 | 8,16 | 0,17 |

| Třídy znečištění | Hodnoty pH |
|------------------|------------|
| I. Třída | Kyselé |
| II. Třída | Neutrální |
| III. Třída | Zásadité |
| IV. Třída | |
| V. Třída | |

Znečištění I. třídy vykazuje neznečištěná voda, II. třída je klasifikace pro mírné znečištění. III. třída je stupeň vykazující znečištěnou vodu. IV. třída je určení silně znečištěné vody. V. třída znečištění je velmi silně znečištěná voda. Tato úroveň byla podle výsledků pouze u celkového dusíku a fluoridu (Míčaník et al., 2017).

Vyhodnocení znečištění:

Skalka 1. – II. třída znečištění vlivem koncentrace organického uhlíku, dusičnanů a celkového fosforu.

Skalka 2.- V. třída znečištění vlivem koncentrace fluoridu, jinak nedošlo k rapidnímu zhoršení.

Skalka 3.- III. třída znečištění z důvodu vyšší koncentrace organického uhlíku a celkového fosforu.

Skalka 4.- IV. třída znečištění zapříčiněna vyšší koncentrací organického uhlíku.

Skalka 5.- II. třída znečištění ovlivněna koncentrací celkového fosforu.

Tato část se zabývá výsledky měření počtu buněk ve vodě, na vodní nádrži Skalka od roku 2019 do roku 2021 (Tab.2).

Informace ze zdrojů krajské hygienické stanice Karlovy Vary – sdělení Ing. Lenka Marešová (Tab.2)

Tab. 2: Množství buněk sinic. Jedná se o měření během měsíců květen až září. V roce 2019, 2020, 2021 (Sdělení: Krajská hygienická stanice- Ing. Lenka Marešová) a měření provedené v bakalářské práci během roku 2022.

| | Počet buněk sinic (buňky/ml) | | | |
|----------|------------------------------|--------|-------|--------|
| Roky | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Měsíce | | | | |
| Květen | 6700 | 660 | 122 | / |
| Červen | 70000 | 315000 | 46500 | / |
| Červenec | 9800 | 480000 | 38604 | / |
| Srpen | 330000 | 273000 | 18411 | / |
| Září | / | 81149 | / | / |
| Říjen | / | / | / | 142463 |

Podle měření krajské hygienické stanice vyplývá, že v letech 2019 bylo největší množství buněk zaznamenané v měsíci srpen 330 000 buněk/ml. V roce 2020 byl pro výskyt sinic nejpriznivější měsíc červenec 480 000 buněk/ml. Zatímco v roce 2021 byl nejvyšší počet zaznamenanám v měsíci červen 46 500 buněk/ml (Tab. 2).

Z výsledků počítání buněk sinic ze stanovišť této práce bylo naměřené množství buněk během měsíce říjen na stanovišti č. 4 281 000 buněk/ml . Naproti tomu na stanovišti č. 3 se jednalo o 3 926 buněk/ml. Průměrné množství buněk na obou stanovištích za rok 2022 bylo 142 463 buněk/ml. U čtvrtého stanoviště se jedná o hodnoty podobné roku 2020, které byly naměřené v letních měsících. Avšak stanoviště č. 3 vykazuje hodnoty nižší, které jsou podobné s rokem 2019 a 2020, opět v letních měsících (červen–srpen). Pozdější výskyt množství buněk sinic mohl být zapříčiněn pozdějším vývojem teplot.

Jak z výsledků, již zmíněných v informacích o použitých metodách vyplývá, úživnost vodní nádrže Skalka nelze snížit žádným z opatření, pouze rybí osádkou, těžbou, či ošetřením sedimentů, aplikací koagulačních či algicidních prostředků. Protože rod *Microcystis* sp. se nachází také v sedimentu, proto je velmi obtížné snížit,

nebo zcela zamezit výskytu vodního květu, protože v sedimentu dochází k přezimování druhu (Maršálek et al., 2005 a Halousková 2004).

Z této práce je patrné, že kvalita vody a výskyt vodního květu je ovlivněna pouze vysokým množstvím buněk rodu *Microcystis* sp..

Případné opatření by mohlo být velmi finančně a časově náročné. Situaci by mohlo vyřešit čištění, či úplná výměna sedimentu, který se nachází v nejčastěji postižených oblastech, z měření se jedná o stanoviště č. 4 a č. 5. Tato stanoviště jsou využívány k rekreaci obyvateli Chebu a okolí. Vhodné by bylo založit na určených místech oblasti k rekreaci, aby nedocházelo k případnému znečištění vody rekreanty.

V roce 2022 byla situace na vodní nádrži v porovnání s roky 2019-2021 velmi přívětivá, ovšem koncem měsíce září až říjen došlo k rozšíření vodního květu, k tomuto výskytu došlo takto pozdě z důvodu chladnějšího léta.

Město Cheb 7.2.2023 rozhodlo odkanalizovat pravý břeh vodní nádrže Skalka, s tímto opatřením by mohlo dojít ke zlepšení situace výskytu vodního květu. K tomuto opatření by mělo dojít v místě s největším postižením sinicemi během letních měsíců. Z měření se jedná o stanoviště č. 4, které každoročně vykazuje vysoké hodnoty vodního květu, čímž dojde k omezení přísunu organických látek do vody a omezení fosforu a dusíku (Město Cheb ©2023).

Město Cheb by mělo každoročně situaci na vodní nádrži Skalka i nadále pozorovat. Každoročně dochází k pravidelným odběrům kvality vody krajskou hygienickou stanicí, která udává vhodnost rekreace (Krajská hygienická stanice ©2022). Tyto informace jsou volně přístupné pro širokou veřejnost, která by se měla o stav Skalky zajímat, a mělo by tím dojít k edukaci veřejnosti.

8. Závěr

Vodní nádrž Skalka byla vybudována k účelům výroby energie, zásobárna vody, ochrana před povodněmi a v neposlední řadě k rekreaci obyvatel Chebu.

Bakalářská práce analyzovala stav výskytu vodního květu na vodní nádrži Skalka během roku 2022, hlavním záměrem bylo rekapitulovat jaký druh sinic nejvíce negativně zatěžuje vodní nádrž, klasifikovat obecné informace o nádrži, zhodnotit současný stav a vypočítat přesný počet buněk rodu *Microcystis* sp., najít řešení problému a zhodnotit již použité metody k opatření.

Praktická část byla provedena na základě rozborů ze vzorků vody. Z těchto šetření je patrné, že vodní nádrž Skalka byla v roce 2022 zatížena výskytem rodu *Microcystis* sp., který každoročně způsobuje vodní květ. Výsledky rozboru poukazují na množství buněk, které jsou podobné několika měřením v předchozích letech, avšak v roce 2022 byla situace ovlivněna klimatickými podmínkami, proto vodní květ byl pozorován v pozdějších měsících. V roce 2019 bylo nejvyšší naměřené množství 330 000 buněk/ml, v roce 2020 se jednalo o 480 000 buněk/ml a v roce 2021 bylo nejvyšší naměřené množství 46 500 buněk/ml. Z měření bakalářské práce vyplývá, že v roce 2022 bylo nejvyšší naměřené množství 281 000 buněk/ml.

Chemické rozborů nevykazují žádné extrémní znečištění, které by zhoršovalo kvalitu vody natolik, aby voda byla toxická, případně nevhodná ke koupání z důvodu chemického znečištění. Výsledky byly vyhodnoceny podle normy ČSN 75 7221, na stanovišti Skalka 1. bylo znečištění II. třídy. Skalka 2. podléhala znečištění V. třídy vlivem vyšších hodnot fluoridu. Skalka 3. vykazuje III. třídu znečištění. Skalka 4. vykazuje IV. třídu znečištění a Skalka 5. II. třídu znečištění.

V porovnání s minulými roky došlo ke zlepšení výskytu vodního květu, situace by se měla nadále pozorovat a řešit.

9. Použitá literatura

- Aquatest a.s., 2005: Co znamenají naměřené hodnoty v pitné vodě. Aquatest, Praha 5, 6 s. "nepublikováno". Dep: Aquatest a.s, Zkušební laboratoře.
- Aquatest a.s., 2011: Rtut' na přítoku do VD Skalka vyhodnocení a návrhy na opatření. Aquatest, Praha, 60 s. "nepublikováno". Dep: Povodí Ohře, státní podnik.
- Aquatest a.s., 2019: Opatření na vodních tocích Kösseinu a Reslavě ke zmírnění problematiky rtuti na vodní nádrži Skalka,cz. Aquatest, Praha, 61 s. "nepublikováno". Dep: Povodí Ohře, státní podnik
- ČSN 75 7221: Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, Český normalizační institut, Praha, 1998.
- Geletu, T., T., 2023: Lake eutrophication: Control of phytoplankton overgrowth and invasive aquatic weeds. Lakes & Reservoirs Research & Management 28,e12425 ISSN: 1440-1770
- Grygar, T.,M., Hošek, M., Navrátil, T., Bednárek, J., Hönig, J., Elznicová, J., Pacina, J., Rohovec, J., Sedláček, J., Sass, O., 2022: Lessons Learnt from the Revitalisation of Chemical Factory in Marktredwitz and River Banks Downstream: When 'Renaturation' Can Be Harmful. Water 14 (21): 3481, w142113481 ISSN: 2073-4441
- Halousková, O., 2004: Cyanobakterie. Ekomonitor spol. s.r.o, Brno, 160 s., 80-903203-8-4
- Chrástková. I., 2009: Odstraňování těžkých kovů z vodního prostředí mikroorganismy a rostlinami. Masarykova univerzita, přírodovědecká fakulta, ústav experimentální biologie, oddělení mikrobiologie, Brno. 44 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC. MUNI
- Kočí, V., 2000: Eutrofizace. Ekomonitor spol. s.r.o, Praha, 58 s., 80-7080-396-7
- Kravchenko, M., Vasylenko, L., 2022: The problem of pollution of drinking water with nitrate ions and modern methods of its solution. Creative commons 4: 42-51.
- Kučerová. J., 2007: Bakterie asociované se sinicemi vodního květu. Masarykova univerzita, přírodovědecká fakulta, ústav experimentální biologie, oddělení mikrobiologie, Brno. 50 s. (bakalářská práce), „nepublikováno“. Dep.SIC MUNI.
- Kukol, J., 2013: Eutrofizace vodních nádrží. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební ústav vodního hospodářství obcí, Brno. 57 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČVUT v Brně.

- Maršálek, P., Svobodová, Z., Randák, T., Švehla, J., 2005: Mercury and Methylmercury Contamination of Fish from the Skalka Reservoir: A Case Study. ACAT VET. Brno 2005, 74: 427-434.
- Míčanič, T., Hanslík, E., Němcová, D., Baudišová, D., 2017: Klasifikace povrchových vod. VTEI 2017. 1-8.
- Mishra R.,K., 2023: The Effect of Eutrophication on Drinking Water. British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies 4(1): 7-20. ISSN: 2517-2778
- Mohammed, H., A., Sachit, D., E., Furaiji – Al, M., H., 2022: The Effect of Organic Matter on Heavy Metals Removal from Simulated Wastewater using a Reverse Osmosis Membrane Process. Chemistry Select 7(25), e202203151 ISSN: 2365-6549
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech
- Neverova-Dziopak, E., Kowalewski, Z., Preisner, M., 2023. The universal trophic index: new methodological approach to eutrophication monitoring and control. Aquatic Sciences 85: 6-16, s0027.
- Páleníčková. E., 2007: Sledování procesu eutrofizace rybníční vody v době jarního tání. Univerzita Karlova v Praze, přírodovědecká fakulta, katedra analytické chemie, Praha. 38 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC přírodovědecká fakult UK.
- Popelářová. R., 2018: Možná toxicita sinic a jejich možný vliv na zdraví zvířat a člověka. Univerzita Hradec Králové, přírodovědecká fakulta, katedra biologie, Hradec Králové. 51 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC přírodovědecká fakulta UH
- Říhová Ambrožová, J., 2010: Vodárenská biologie. Ekomonitor spol. s.r.o, Praha, 248 s., 978-80-86832-48-7
- Samudra, T.,T., Amano, Y., Machida, M., 2023: Control of Microcystis Buoyancy by Reducing Cellular Carbohydrate Content at High Temperature. Journal of Water and Environment Technology 21(1): 41-48.
- Sýkora, V., Kujalová, H., Pitter, P., 2016: Hydrochemie pro studenty bakalářského studie. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, Praha: 218. ISBN 978-80-7080-949-5
- Tantray, J., Mansoor, S., Wani, R., F., Ch., Nissa, N., 2023: pH metr. Basic Life Science Methods. 9-10

Tausta, S., L., Auslender, A., Strobel, S., A., Hiller, D., A., 2023: Fluoride: Good in Toothpaste, Bad for Plants metr. *Frontiers for Young Minds* 11: 853533 ISSN: 2296-6846

Veterinární a farmaceutická Univerzita., 2017: Bürkerova komůrka – návod na použití. Farmaceutická fakulta Brno, Brno, 1 s.

Internetové zdroje:

Arnika, ©2015: Celkový dusík (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/celkovy-dusik> >.

Arnika, ©2015: Celkový organický uhlík (TOC) (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/celkovy-organicky-uhlik-toc> >.

Červená, M., 2021: Bývalá chemička u Marktredwitz už desítky let znečišťuje řeku Ohří rtutí. Karlovarský kraj o tom chce jednat s Německem (online) [cit. 2023.02.25], dostupné z < <https://vary.rozhlas.cz/byvala-chemicka-u-marktredwitz-uz-desitky-let-znecistuje-reku-ohri-rtuti-8591488> >.

Čistá voda, ©2018: Dusitany a dusičnany ve vodě (online) [cit. 2023.03.8], dostupné z: < <https://www.cistavoda.cz/blog/dusitany-dusicnany-ve-vode/> >.

Doc. Ing Smrček CSc, S., 2013: Odkud se dostává rtuť do odpadních vod a jak se z nich pak odstraňuje? (online) [cit. 2023.02.25], dostupné z < <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/286> >.

EuroClean s.r.o, ©2023: Amonné ionty, amoniak ve vodě (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < <https://euroclean.cz/problemy-vody/amonne-ionty/> >.

EuroClean s.r.o, ©2023: Těžké kovy ve vodě (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < <https://euroclean.cz/problemy-vody/tezke-kovy/?fbclid=IwAR35nHqETHKwm5N2L-WUHK4v3XyOxNquf42j9KCYvETuF4yje0DPkDNRQ5c> >.

Eurolab, ©2023: Stanovení bromidu (ve vodách) (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < <https://www.laboratuvar.com/cs/gida-analizleri/kimyasal-analizler/bromur-tayini-sularda> >.

Hach, ©2023: Fosfor (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z < https://cz.hach.com/parameters/phosphorus?fbclid=IwAR1Mzm3ZL2iI9HagUsqYy1shTrlJJ_xibCtxlk5NE5JLzjDfyw4L2JTb628 >.

IRZ., ©2002: Celkový organický uhlík TOC (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z : <https://www.irz.cz/sites/irz.env.cz/files/repository/latky/celkovy_organicky_uhlik.pdf>

Krajská hygienická stanice, ©2022: Informace pro veřejnost/ koupací místa Skalka (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <http://www.khskv.cz/informace_pro_veřejnost/koupaci_mista/skalka.htm>.

Krušné hory, ©2023: Vodní nádrž Skalka (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <<https://www.krusnohorsky.cz/2009/04/21/vodni-nadrz-skalka/>>.

Mašín, P., 2022: Odstraňování toxických kovů z kontaminovaných vod metodou elektrokoagulace (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <<https://www.schp.cz/info/odstranovani-toxickykh-kovu-z-odpadnich-vod-metodou-elektrokoagulace>>.

Město Cheb, ©2023: Odkanalizování pravého břehu přehrady Skalka (online) [cit. 2023.03.15], dostupné z <<https://www.mestocheb.cz/odkanalizovani-praveho-brehu-prehrady-skalka/d-993062>>.

Periodická tabulka, ©2009-2017: Uhlík, chemický prvek C, popis a vlastnosti(online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <<http://www.prvky.com/6.html>>.

Periodická tabulka, ©2009-2017: Dusík (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <http://www.prvky.com/7.html?fbclid=IwAR0Cehgskh9tQ_hpNFwoYPCsY2U05uYPEb5vJ0Rp4ubBwBc1qW501JdEfbo>.

Povodí Ohře, ©2019: Vodní dílo Skalka Skalka (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <<https://www.poh.cz/vodni-dilo-skalka/d-2615>>.

Živá voda, © 2012-2023: Dusičnany ve vodě (online) [cit. 2023.03.08], dostupné z <https://www.zivavoda.cz/blog/dusicnany-ve-vode/?fbclid=IwAR0Mic-Q-NOsvMZE37qsXCxcn1VWvi7g_YqCA-qhoz7kqz501pKBrItD4g>.

Přílohy

Seznam obrázků:

Obr.1 : Vodní nádrž Skalka ČR (www.google.cz/maps, 2023)

Obr 2: Letecký snímek vodní nádrže Skalka (Halla, P. Odrava plní přehradu Jesenice na Chebsku. Její výstavba pohltila hned tři vesnice (online) [cit. 2023.03.10], dostupné z: < <https://plzen.rozhlas.cz/odrava-plni-prehradu-jesenice-na-chebsku-jeji-vystavba-pohltila-hned-tri-vesnice-6715253>>.

Seznam tabulek:

Tab. 3: Chemický rozbor stanoviště č.1

| Skalka 1 | TOC | TC | TIC | TN | NO3- | N-NO3- | NO2- | N-NO2- | NH4+ | N-NH4+ | F- | Cl- | Br- | SO42- | pH | TP |
|------------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|-------|----------|----------|--------|-------|--------|-------|-------|------|-------|
| 29.05.2022 | 7,366012 | 13,79461 | 6,428602 | 2,441594 | 1,802 | 0,407252 | 0,071 | 0,021584 | 0,107364 | 0,138 | 0,115 | 29,779 | 0 | 21,58 | 7,64 | 0,131 |
| 26.06.2022 | 6,429824 | 15,77891 | 9,347084 | 3,920512 | 14,254 | 3,221404 | 0,144 | 0,043776 | 0,15949 | 0,205 | 0,173 | 57,61 | 0,063 | 31,15 | 8,61 | 0,106 |
| 29.07.2022 | 7,832717 | 18,50574 | 10,67302 | 2,740437 | 9,9 | 2,2374 | 0,495 | 0,15048 | 0,26841 | 0,345 | 0,201 | 77,89 | 0 | 37,76 | 8,86 | 0,109 |
| 04.09.2022 | 9,107884 | 25,55796 | 16,45028 | 2,06938 | 3,94 | 0,89044 | 0,56 | 0,17024 | 0,247404 | 0,318 | 0,186 | 71,4 | 0 | 31,95 | 8,22 | 0,133 |
| 09.10.2022 | 10,01008 | 19,54499 | 9,534895 | 1,993479 | 5,923 | 1,338598 | 0,041 | 0,012464 | 0,15171 | 0,195 | 0,181 | 41,6 | 0 | 24,16 | 7,99 | 0,134 |
| 06.11.2022 | 7,601485 | 19,84826 | 12,24678 | 4,3256 | 18,69 | 4,22394 | 0,079 | 0,024016 | 0,061462 | 0,079 | 0,206 | 58,45 | 0,061 | 18,69 | 7,71 | 0,133 |
| průměr | 8,06 | 18,84 | 10,78 | 2,92 | 9,08 | 2,05 | 0,23 | 0,07 | 0,17 | 0,21 | 0,18 | 56,12 | 0,02 | 27,55 | 8,17 | 0,12 |
| sd | 1,18 | 3,69 | 3,08 | 0,90 | 5,90 | 1,33 | 0,21 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,03 | 16,43 | 0,03 | 6,61 | 0,45 | 0,01 |

Tab. 4: Chemický rozbor stanoviště č.2

| Skalka 2 | TOC | TC | TIC | TN | NO3- | N-NO3- | NO2- | N-NO2- | NH4+ | N-NH4+ | F- | Cl- | Br- | SO42- | pH | TP |
|------------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|-------|----------|----------|--------|-------|--------|-------|-------|------|-------|
| 29.05.2022 | 7,80396 | 14,40164 | 6,597684 | 2,640703 | 8,2364 | 1,861426 | 0,062 | 0,018848 | 0,091026 | 0,117 | 0,109 | 26,13 | 0 | 14,98 | 8,08 | 0,114 |
| 26.06.2022 | 7,005376 | 13,94032 | 6,934941 | 3,398017 | 13,84 | 3,12784 | 0,12 | 0,03648 | 0,105808 | 0,136 | 0,17 | 53,59 | 0,12 | 30,61 | 9,2 | 0,097 |
| 29.07.2022 | 7,563197 | 18,07713 | 10,51393 | 2,530802 | 7,5 | 1,695 | 0,029 | 0,008816 | 0,26841 | 0,345 | 0,173 | 57,68 | 0 | 29,14 | 8,81 | 0,111 |
| 04.09.2022 | 8,459127 | 21,22854 | 12,76941 | 1,784944 | 7,21 | 1,62946 | 0,005 | 0,00152 | 0,220952 | 0,284 | 0,17 | 52,37 | 0 | 22,31 | 8,2 | 0,124 |
| 09.10.2022 | 10,75101 | 21,91863 | 11,16762 | 2,077181 | 6,52 | 1,47352 | 0,049 | 0,014896 | 0,171938 | 0,221 | 0,194 | 45,99 | 0 | 30,34 | 7,98 | 0,164 |
| 06.11.2022 | 6,514316 | 18,22253 | 11,70822 | 3,309087 | 14,235 | 3,21711 | 0,063 | 0,019152 | 0,067919 | 0,0873 | 0,19 | 51,045 | 0,058 | 29,64 | 7,8 | 0,144 |
| průměr | 8,02 | 17,96 | 9,95 | 2,62 | 9,59 | 2,17 | 0,05 | 0,02 | 0,15 | 0,20 | 2,97 | 47,80 | 0,03 | 26,17 | 8,35 | 0,13 |
| sd | 1,37 | 3,03 | 2,35 | 0,59 | 3,19 | 0,72 | 0,04 | 0,01 | 0,07 | 0,09 | 6,27 | 10,29 | 0,05 | 5,75 | 0,49 | 0,02 |

Tab. 5: Chemický rozbor stanoviště č.3

| Skalka 3 | TOC | TC | TIC | TN | NO3- | N-NO3- | NO2- | N-NO2- | NH4+ | N-NH4+ | F- | Cl- | Br- | SO42- | pH | TP |
|------------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|-------|----------|----------|--------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| 29.05.2022 | 7,462399 | 13,9519 | 6,489504 | 2,647864 | 1,514 | 0,342164 | 0,066 | 0,020064 | 0,070487 | 0,0906 | 0,107 | 25,91 | 0 | 14,605 | 8,32 | 0,117 |
| 26.06.2022 | 7,831461 | 16,4806 | 8,849137 | 3,315305 | 11,565 | 2,61369 | 0,08 | 0,02432 | 0,150932 | 0,194 | 0,117 | 40,81 | 0,048 | 56,21 | 8,68 | 0,134 |
| 29.07.2022 | 9,398308 | 23,39948 | 14,00117 | 3,062403 | 10,058 | 2,273108 | 0,526 | 0,159904 | 0,14393 | 0,185 | 0,2 | 67,06 | 0 | 35,53 | 8,53 | 0,14 |
| 04.09.2022 | 29,79766 | 43,45266 | 13,655 | 5,692251 | 23,584 | 5,329984 | 0,429 | 0,130416 | 0,179718 | 0,231 | 0,189 | 57,93 | 0 | 25,96 | 8,04 | 0,289 |
| 09.10.2022 | 20,02184 | 33,1347 | 13,11286 | 2,36544 | 7,534 | 1,702684 | 0,088 | 0,026752 | 0,266854 | 0,343 | 0,201 | 53,96 | 0 | 31,59 | 7,99 | 0,481 |
| 06.11.2022 | 8,581139 | 21,14695 | 12,56581 | 1,949619 | 8,02364 | 1,813343 | 0,066 | 0,020064 | 0,05835 | 0,075 | 0,193 | 46,15 | 0 | 29,89 | 7,97 | 0,109 |
| průměr | 13,82 | 25,26 | 11,45 | 3,17 | 10,38 | 2,35 | 0,21 | 0,06 | 0,15 | 0,19 | 0,17 | 48,64 | 0,01 | 32,30 | 8,26 | 0,21 |
| sd | 8,36 | 10,15 | 2,79 | 1,21 | 6,68 | 1,51 | 0,19 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 13,15 | 0,02 | 12,53 | 0,28 | 0,13 |

Tab. 6: Chemický rozbor stanoviště č.4

| Skalka 4 | TOC | TC | TIC | TN | NO3- | N-NO3- | NO2- | N-NO2- | NH4+ | N-NH4+ | F- | Cl- | Br- | SO42- | pH | TP |
|------------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|-------|----------|----------|--------|-------|--------|------|--------|------|-------|
| 29.05.2022 | 8,465885 | 16,29539 | 7,829503 | 0,652325 | 1,477 | 0,333802 | 0,072 | 0,021888 | 0,104252 | 0,134 | 0,114 | 32,122 | 0 | 15,27 | 8,08 | 0,121 |
| 26.06.2022 | 7,127269 | 13,92964 | 6,802372 | 2,974403 | 10,474 | 2,367124 | 0,115 | 0,03496 | 0,083246 | 0,107 | 0,159 | 45,443 | 0 | 24,798 | 8,91 | 0,102 |
| 29.07.2022 | 9,459451 | 22,21849 | 12,75904 | 2,774384 | 9,433 | 2,131858 | 0,509 | 0,154736 | 0,098028 | 0,126 | 0,196 | 67,47 | 0 | 35,13 | 8,44 | 0,163 |
| 04.09.2022 | 45,79042 | 56,72994 | 10,93952 | 0,45231 | 1,271 | 0,287246 | 0,333 | 0,101232 | 0,12448 | 0,16 | 0,171 | 51,48 | 0 | 21,88 | 8,29 | 0,276 |
| 09.10.2022 | 21,10511 | 31,61093 | 10,50582 | 1,54261 | 5,62 | 1,27012 | 0,038 | 0,011552 | 0,145486 | 0,187 | 0,187 | 41,91 | 0 | 24,53 | 7,85 | 0,441 |
| 06.11.2022 | 8,567512 | 20,47961 | 11,9121 | 2,456521 | 10,046 | 2,270396 | 0,067 | 0,020368 | 0,058817 | 0,0756 | 0,193 | 46,81 | 0 | 28,82 | 7,92 | 0,122 |
| průměr | 16,75 | 26,88 | 10,12 | 1,81 | 6,39 | 1,44 | 0,19 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,17 | 47,54 | 0,00 | 25,07 | 8,25 | 0,20 |
| sd | 13,81 | 14,47 | 2,13 | 1,00 | 3,88 | 0,88 | 0,17 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 10,70 | 0,00 | 6,08 | 0,36 | 0,12 |

Tab. 7: Chemický rozbor stanoviště č.5

| Skalka 5 | TOC | TC | TIC | TN | NO3- | N-NO3- | NO2- | N-NO2- | NH4+ | N-NH4+ | F- | Cl- | Br- | SO42- | pH | TP |
|------------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|-------|----------|----------|--------|-------|--------|-------|--------|------|-------|
| 29.05.2022 | 6,865363 | 17,25584 | 10,39048 | 3,594656 | 12,018 | 2,716068 | 0,042 | 0,012768 | 0,072665 | 0,0934 | 0,116 | 37,024 | 0 | 17,19 | 8,17 | 0,144 |
| 26.06.2022 | 8,830653 | 20,05633 | 11,22568 | 3,562352 | 9,899 | 2,237174 | 0,052 | 0,015808 | 0,238068 | 0,306 | 0,181 | 53,95 | 0 | 27,57 | 8,67 | 0,215 |
| 29.07.2022 | 9,778941 | 21,00615 | 11,22721 | 2,424529 | 5,699 | 1,287974 | 0,027 | 0,008208 | 0,122146 | 0,157 | 0,176 | 56,676 | 0 | 27,773 | 8,39 | 0,271 |
| 04.09.2022 | 7,065102 | 23,07665 | 16,01155 | 4,176386 | 14,568 | 3,292368 | 0,572 | 0,173888 | 0,071343 | 0,0917 | 0,204 | 63,28 | 0,056 | 33,15 | 7,92 | 0,135 |
| 09.10.2022 | 8,010539 | 19,14309 | 11,13256 | 3,169169 | 12,67 | 2,86342 | 0,033 | 0,010032 | 0,058972 | 0,0758 | 0,19 | 48,837 | 0,042 | 28,49 | 7,89 | 0,128 |
| 06.11.2022 | 7,229134 | 19,14163 | 11,9125 | 3,885231 | 16,078 | 3,633628 | 0,064 | 0,019456 | 0,061073 | 0,0785 | 0,183 | 50,52 | 0,061 | 28,67 | 7,9 | 0,134 |
| průměr | 7,96 | 19,95 | 11,98 | 3,47 | 11,82 | 2,67 | 0,13 | 0,04 | 0,10 | 0,13 | 0,18 | 51,71 | 0,03 | 27,14 | 8,16 | 0,17 |
| sd | 1,05 | 1,80 | 1,85 | 0,56 | 3,36 | 0,76 | 0,20 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 8,05 | 0,03 | 4,83 | 0,29 | 0,05 |