

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra analytické chemie

SLEDOVÁNÍ PROCESU EUTROFIZACE

RYBNIČNÍ VODY V DOBĚ

JARNÍHO TÁNÍ

Bakalářská práce

Praha, květen 2007

Eliška Páleníčková

Přírodovědecká fakulta UK
KNIHOVNA CHEMIE



3233141157

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením školitele Doc. RNDr. Petra Rychlovského, CSc., a že jsem všechny použité prameny řádně citovala.

Jsem si vědoma toho, že případné využití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze s písemným souhlasu této univerzity.

V Praze dne 22. 11. 2017.....

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Doc. RNDr. Petru Rychlovskému, CSc. a za cenné připomínky, konzultace a odborné vedení bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Prof. Ing. Jiřímu G. K. Ševčíkovi, DrSc. za prostředkování měření ve Zdravotním ústavě se sídlem v Ostravě. Doc. RNDr. Petru Rychlovskému, CSc. za zprostředkování měření ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v Praze. Dále děkuji Ing. Tomáši Ocelkovi ze Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě a Ing. Evě Vymazalové z Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka v Praze za ochotu umožnit mi provést daná měření.

V neposlední řadě patří mé velké díky mým rodičům a příteli za jejich oporu a trpělivost při mých studiích.

Seznam použitých zkratek a symbolů

(BSK) ₅	biologická spotřeba kyslíku po dobu 5 dnů
(CHSK) _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku stanovena pomocí dichromanu
c stand.	koncentrace standardu
celk. N	celkový dusík
celk. P	celkový fosfor
E_{ISE}	hodnota potenciálu iontově selektivní elektrody
$E_{ref.}$	hodnota potenciálu referenční (pomocné) elektrody
ISE	iontově selektivní elektroda
Od	odběrové místo - odtok
Př 1	odběrové místo - přítok číslo 1
Př 2	odběrové místo - přítok číslo 2
Ry	odběrové místo – rybník
RSD (%)	relativní směrodatná odchylka

Obsah

1	ÚVOD.....	5
2	TEORETICKÁ ČÁST	5
2.1	VYSVĚTLENÍ PROBLÉMU EUTROFIZACE.....	5
2.2	CHARAKTERIZACE RYBNÍKŮ	7
2.2.1	Morfologie.....	8
2.2.2	Geologie	8
2.3	PRINCIPY ANALYTICKÝCH STANOVENÍ	9
2.4	MĚŘENÍ pH (ELEKTROCHEMICKY).....	9
2.5	CELKOVÝ N (POMOCÍ SETU).....	9
2.6	STANOVENÍ DUSÍKATÝCH LÁTEK.....	10
2.6.1	Stanovení NO ₃ ⁻ (ISE)	10
2.6.2	Stanovení NH ₄ ⁺ (fotometricky)	10
2.7	CHEMICKÁ A BIOLOGICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU	11
2.7.1	Chemická spotřeba kyslíku [12].....	11
2.7.2	Biologická spotřeba kyslíku [12,14]	12
2.8	KATIONTY A TĚŽKÉ KOVY	13
2.8.1	Stanovení Zn ²⁺ , Ca ²⁺ , Mg ⁺ , Cd ²⁺ , Cu ²⁺ , Pb ²⁺	13
2.8.2	Stanovení K ⁺ , Na ⁺	14
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	15
3.1	LOKALIZACE RYBNÍKU A ODBĚROVÝCH MÍST.....	15
3.2	ODBĚR VZORKŮ:	16
3.2.1	Charakterizace odběrových míst	17
3.2.2	Fotodokumentace odběrů a odběrových míst	18
3.3	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	20
3.4	PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ.....	20
3.5	PRACOVNÍ POSTUPY	21
3.5.1	Měření pH	21
3.5.2	Celkový fosfor.....	21
3.5.3	Celkový dusík	21
3.5.4	Stanovení dusíkatých látek	22
3.5.5	Chemická a biologická spotřeba kyslíku	22
3.5.6	Kationty a těžké kovy.....	23
4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	24
4.1	STANOVENÍ pH	24
4.2	CELKOVÝ FOSFOR	25
4.3	CELKOVÝ DUSÍK	25
4.4	STANOVENÍ NO ₃ ⁻	26
4.5	STANOVENÍ NH ₄ ⁺	27
4.6	CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU.....	28
4.7	BIOLOGICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU	29
4.8	STANOVENÍ ZN ²⁺ , CA ²⁺ , MG ⁺ , CD ²⁺ , CU ²⁺ , PB ²⁺	31
5	ZÁVĚR:.....	35
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36

1 ÚVOD

Cíl:

Cílem bakalářské práce je aplikace analytických metod pro zjištění podmínek eutrofizace vody v období jarního tání ve zvolené lokalitě stanovením obsahu celkového fosforu (celk. P), celkového dusíku (celk. N), dusičnanů (NO_3^-) a amonných iontů (NH_4^+); dále pak pomocí určení chemické spotřeby kyslíku (CHSK), biologické spotřeby kyslíku ($(\text{BSK})_5$) a obsahu draselných kationtů (K^+), sodných kationtů (Na^+), vápenatých kationtů (Ca^{2+}), hořečnatých kationtů (Mg^+), zinečnatých kationtů (Zn^{2+}), měďnatých kationtů (Cu^{2+}), kademnatých kationtů (Cd^{2+}) a olovnatých kationtů (Pb^{2+}).

2 TEORETICKÁ ČÁST

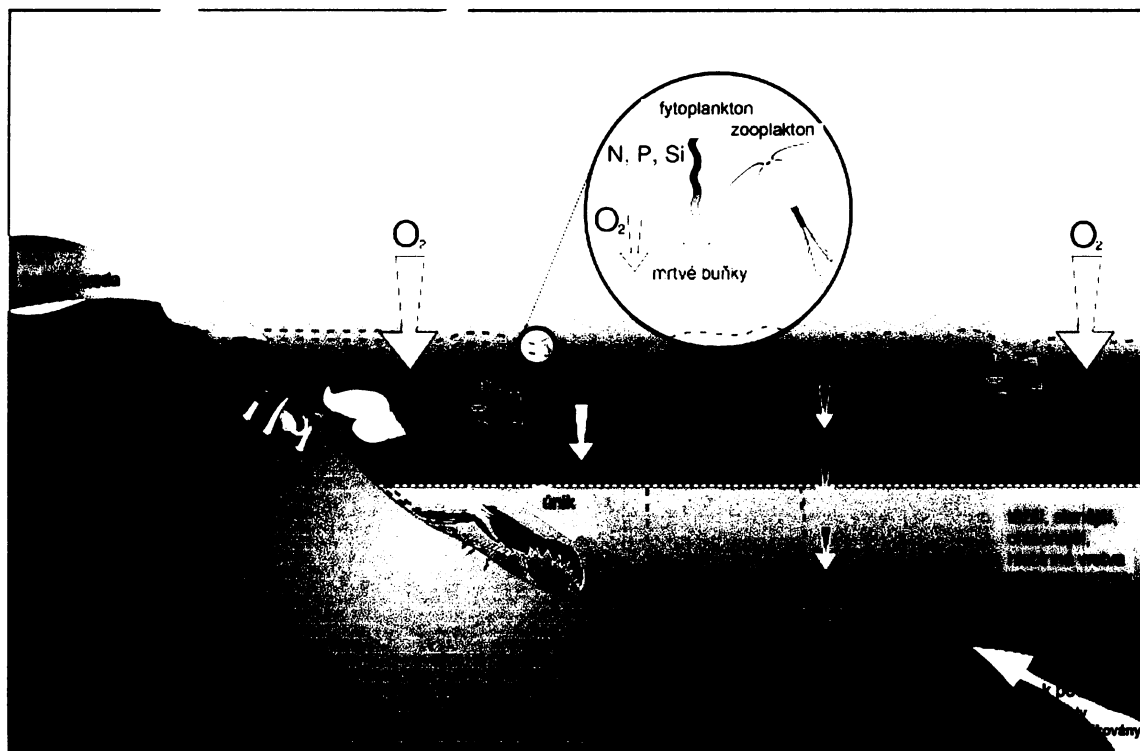
2.1 Vysvětlení problému eutrofizace

Eutrofizace vody (angl. Eutrophication) je definována jako nasycení povrchové vody živinami vlivem přírodních procesů (**přírodní eutrofizace**), z hnojení, pracích prostředků (obohacení vody zejména P, dále N, K) a obecně vypouštěných nečištěných splaškových vod – **umělá** (antropogenní, angl. cultural eutrophication) **eutrofizace**.

Důsledkem nadměrného obohacení vody (především o dusičnany a fosfáty) je růst řas a vodních rostlin. Odumírající rostliny a řasy při svém rozkladu spotřebovávají kyslík, jeho nedostatek vede k odumírání další flóry a fauny. Konečným výsledkem je páchnoucí voda s nedostatečným okysličením a zastoupením anaerobních organismů. Používá se též pojem **eutrofizace půdy** [1,2].

Když ekosystém zažívá zvýšený příjem živin (Obr. 1), nejprve dochází k populačnímu nárůstu planktonu a řas. Důsledkem jejich přemnožení je pak i jejich masové odumření. Dochází totiž k dramatickému snížení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě [3], zejména u dna, kde ho odebírá tlení hmoty. Proto také dochází k následnému vymírání ryb a dalších organismů (žijících u dna). V extrémním případě

může dojít ke zvýšenému nárůstu bakterií jako *Clostridium botulinum* produkujících toxiny, které mohou způsobit smrt ptákům a savcům [4].



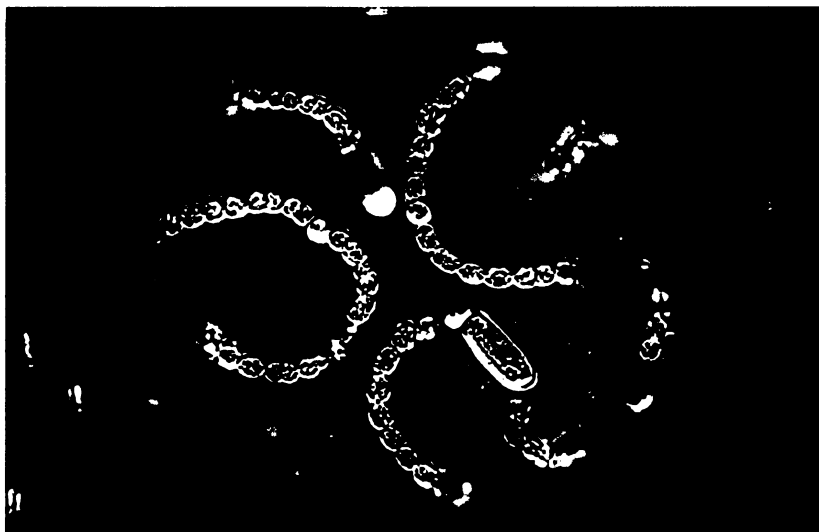
Obr. 1. Znárodnění průběhu eutrofizace vodního ekosystému při zvýšení živin [5].

Nejnámějším a nejlépe pozorovatelným projevem eutrofizace vod je tvorba květů sinic, přezdívaných také „vodní květ“, nebo vegetativní zbarvení v letních měsících. V tomto období je dostatek světla a tepla a pokud se k tomu přidá nadměrné množství fosforu a dusíku ve vodě, dojde k tvorbě sinic. Sinice mohou poutat a využívat i dusík obsažený ve vzduchu. Sinice jsou životaschopné i v době, kdy je dusík původně obsažený ve vodě nádrže, vyčerpán rozvojem zelených řas. Proto má pro rozvoj vodních květů sinic význam především zvýšení obsahu fosforu v povrchových vodách. Na rozdíl od dusíku, jej sinice nemohou přijímat ze vzduchu, ale pouze přímo z vodního prostředí. Proto fosfor dříve býval prvkem, který díky své přirozeně nízké koncentraci v přírodních vodách omezoval rozvoj sinic [3,6,7].

Při normální koncentraci dusíku je jeho cyklus důležitou cestou pro fixaci biologického dusíku ze široké zásoby dusíku v atmosféře. Fosfor je zase důležitý v fosforovém cyklu při zvětrávání a vyluhování fosfátových ložisek minerálů.

Existuje mnoho druhů sinic, které se vyskytují v povrchových vodách rybníků a přehrad. Nejrozšířenějšími druhy sinic jsou *Microcystis* a *Anabaena* (Obr. 2); tyto dva druhy zaujímají 60% z celkového výskytu. V letním období trpí sledovaný rybníční systém, stejně jako mnoho jiných nádrží a rybníků díky přemnožení sinic, eutrofizací.

Konkrétním důsledkem tohoto děje je zvýšený úhyn ryb. V tomto prostředí jsem se rozhodla provést analýzu vody ještě před letním obdobím, abych zjistila, jaké předpoklady má tato voda pro opětovný vznik eutrofizace.



Obr. 2. Obrázek koloniální vláknitá sinice *Anabaena lemmermannii*, Lipno, 2004 [8].

2.2 Charakterizace rybníků

Rybníky lze charakterizovat podle různých dělení [9]:

- a) podle polohy – eutrofní nížinné rybníky s průměrnou hloubkou kolem 1,0 m a bohatými porosty orobinců a rákosů.
- b) podle okolí – rybníky polní. Bývají nejúrodnější, neboť je zde vliv úrodných náplav z okolí. V současnosti ale bývají přetěžovány přísunem živin z okolních pozemků hnojených vysokými dávkami průmyslových hnojiv.
- c) podle hlavní chovné ryby – rybníky kaprové. Zpravidla jsou v nižších zeměpisných polohách, značně eutrofizované. Voda je teplejší, dno měkčí, s vrstvou úrodného bahna.

- d) podle vedlejších úkolů • rybníky slouží v protierozním systému – zachycují jemné částice splavované ornice, která se při vytěženém bahně během odbahňování vrací.
- významným prvkem v utváření krajiny – z hlediska biologického a estetického
 - pro rekreaci – za účelem sportovního rybolovu
- e) podle způsobu napájení vodou • rybníky pramenité – jsou zásobovány vodou pramenitou, vyvěrající do rybníku nebo přímo v rybníce. Pramenitá voda je méně kyslíkatá, často obsahuje škodlivé látky (velké množství solí, sloučeniny železa apod.), a proto je méně vhodná pro chov ryb.

2.2.1 Morfologie sledované rybníční soustavy

Morfologické poměry sledované rybníční soustavy a jejího okolí jsou dány pozicí v okrajových partiích údolí řek Olešné a Ostravice. Nadmořské výšky terénu se pohybují mezi 272 - 273 m. n. m. Západní a jihozápadní břeh je situován u paty východní strany kopce Kamenná, který má členitý průběh.

Svah, přiléhající k jihozápadnímu okraji je zdrojovou oblastí pro rybníční soustavy. Pramení zde hlavní přítok, vzorky z něho jsou označeny zkratkou **Př 2**. Těsně nad rybníkem je poměrně strmý a zalesněný svah [10].

2.2.2 Geologie sledované rybníční soustavy

Dno nádrží je od štěrkopísků odděleno jílovitou vrstvou. Samotný rybník je složen z nivní a svahové formace. Nivní formace je složená především ze štěrků a z povodňových hlín. Svahová formace je složená ze sprašových hlín (původní pokryv). Svahová formace má hlavní význam, protože se v ní nachází hlavní prameny napájející rybník. Tento hydrogeologický systém je velmi citlivý na změnu konfigurace, již malý pokles, nebo jiná změna může vyvolat změnu nebo přerušeni výtoku pramenů, což se vzhledem k poddolování neustále projevuje ve změně intenzity napájení rybníků. K svahové formaci patří blízký kopec Kamenná (385 m.n.m.), který má vápencové podloží, jež se projevuje na kvalitě přítokové vody [10].

2.3 Principy použitých analytických stanovení a význam sledování jednotlivých parametrů

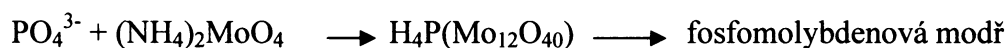
2.3.1 Měření pH (elektrochemicky)

Hodnota pH se měří přímo, jedná se zpravidla o elektrické měření neelektrické veličiny na elektrochemickém principu. Měřicí řetězec se v takovém případě skládá z 2 hlavních článků a to: milivoltmetru (pH metru) a pH kombinované elektrody generující napětí v závislosti na pH vzorku [11].

2.3.2 Celkový fosfor

V přírodních vodách se fosfor vyskytuje v podobě organických a anorganických sloučenin. Organickou formou se myslí organicky vázaný fosfor, anorganickou formou jsou orthofosforečnany a polyfosforečnany. Látky obsahující fosfor se využívají jako významný indikátor znečištění vod. Proto se sleduje parametr „celkový fosfor“ [12, 13].

Orthofosforečnany reagují v prostředí H_2SO_4 za účinku antimonytých iontů s molybdenanem amonným při vzniku heteropolykyseliny – kyseliny molybdatofosforečné. Redukcí askorbovou kyselinou přechází žlutý komplex kyseliny molybdatofosforečné na roztok fosfomolybdenové modři, který je vhodný pro stanovení absorpční spektrofotometrií [12, 13]:



2.3.3 Celkový dusík

Obsah celkového dusíku ve vodě, se považuje za analytický skupinový ukazatel, který je dán součtem koncentrací dusíku ve všech anorganických (NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) a organických dusíkatých sloučeninách. Zjištění hodnoty celkového dusíku je důležité při stanovování látkové dusíkové bilance povrchových a komunálních vod. Z tohoto důvodu je parametr „celkový dusík“ sledován.

Stanovení celkového dusíku výpočtem spočívá v separátním stanovení obsahu všech jednotlivých dusíkatých složek vody, tj. obsahu amoniakálního dusíku, dusitanů, dusičnanů a organického dusíku [13,14].

2.3.4 Stanovení dusíkatých látek

2.3.4.1 Stanovení NO_3^- pomocí iontově selektivní elektrody (ISE)

Potenciometrie je elektrochemická metoda, založená na měření napětí elektrochemického článku. Při použití iontově selektivní elektrody (ISE) je napětí článku dáno potenciálem ISE, protože potenciál referenční elektrody (E_{ref}) je za daných podmínek nezávislý na složení roztoku.

$$U = E_{ISE} - E_{ref}$$

Protože konstanta ISE není známá, pracuje se metodou kalibrační křivky. Jako referenční elektroda se používá elektroda merkurosulfátová.

2.3.4.2 Stanovení NH_4^+ (fotometricky)

Amoniakální dusík je ve vodách za oxidačních podmínek nestálý a velmi snadno pomocí nitrifikačních bakterií podléhá biochemické oxidaci na dusitany a následně na dusičnany (nitrifikace). Amoniakální dusík působí velmi toxicky na ryby. Toxicita však závisí do značné míry na hodnotě pH vody, protože toxický účinek má nedisociovaná molekula NH_3 , nikoli ionty NH_4^+ . Amoniakální dusík je jedním z primárních produktu rozkladu organických dusíkatých látek, proto jeho zvýšená koncentrace indikuje fekální znečištění. Pro stanovení amoniakálního dusíku je možné použít spektrofotometrické metody.

2.3.5 Chemická a biologická spotřeba kyslíku

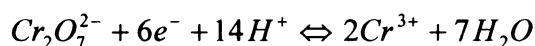
2.3.5.1 Chemická spotřeba kyslíku [13]

„Chemická spotřeba kyslíku“ je definována jako množství kyslíku, které se za standardních podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě se silným oxidačním činidlem. Udává se jako hmotnost kyslíku, která je ekvivalentní k spotřebě oxidačního činidla, na 1 litr vody, (obvykle v mg/l).

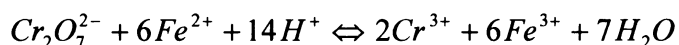
Hodnota CHSK je tedy mírou celkového obsahu organických látek ve vodě (nepřímé skupinové stanovení), a tím i důležitým ukazatelem organického znečištění vody. CHSK postihuje organické látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné. Hodnota CHSK je nedílnou součástí každého rozboru všech typů vod. Například u povrchových vod patří CHSK mezi ukazatele kyslíkového režimu vody.

K určování CHSK se používá především metoda s dichromanem draselným. Dichroman draselný zde oxiduje organické látky obsažené ve vzorku vody v silně kyselem prostředí kyseliny sírové během dvouhodinového varu. Oxidace organických látek je katalyzována stříbrnými kationty a probíhá v nadbytku dichromanu. Pro maskování chloridů, které by byly za podmínek stanovení oxidovány na Cl_2 a způsobovaly by při stanovení CHSK pozitivní chybu, se přidává síran rtuťnatý. Množství dichromanu draselného spotřebovaného na oxidaci organických látek se po ukončení oxidace zjistí retitrací odměrným roztokem síranu diammoželeznatého (indikátor feroin).

Při oxidaci organických látek probíhá reakce:



Při odměrném stanovení přebytku dichromanu roztokem síranu diammoželeznatého probíhá reakce:



Pro výpočet se použije vzorec pro hmotnostní koncentraci kyslíku:

$$\text{CHSK}_{Cr} = \frac{(V_s - V_e) * f_i * c[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2] * A_o * 1000}{V_o}$$

kde CHSK_{Cr} - chemická spotřeba kyslíku v mg/l

V_s - objem použitého odměrného roztoku síranu diammoželeznatého,

- spotřebovaného při titraci slepého stanovení CHSK_{Cr} vzorku v ml
- V_e - objem použitého odměrného roztoku síranu diammoželeznatého, spotřebovaného při titraci stanovení CHSK_{Cr} vzorku v ml
- V_0 - objem vzorku, použitý pro stanovení CHSK_{Cr} v ml
- f_i - titrační přepočítávací faktor, pro uvedené titrační stanovení $f_i = 1/2$
- $c[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2]$ – látková koncentrace odměrného roztoku síranu diammoželeznatého použitého při titraci mol/l
- A_0 - atomární hmotnost kyslíku g/mol , $A_0 = 16 g/mol$

2.3.5.2 Biologická spotřeba kyslíku

„Biologická spotřeba kyslíku“ [13,14], nebo také „biochemická spotřeba kyslíku“ je definována jako množství (mg) kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemických pochodech (na rozklad organických látek) za stanovených podmínek (obvykle při 20 °C) v 1 litru vody. BSK za n dní se označuje BSK_n (obvykle se stanovuje BSK_5 , tedy za 5 dní). BSK se obvykle vyjadřuje v hmotnostní koncentraci (mg/l). BSK je mírou obsahu biologicky rozložitelných látek ve vodě a využívá se ke kontrole kvality vody, zejména její samočisticí schopnosti.

BSK je metoda nepřímého stanovení organických látek, které podléhají při aerobních podmínkách biochemickému rozkladu. Protože organické látky jsou jednou z hlavních znečišťujících složek vody, patří BSK mezi důležité ukazatele čistoty a znečištění vody. Organické látky stanovené jako BSK hrají důležitou úlohu při odčerpávání rozpuštěného kyslíku z vody, a proto je BSK i důležitým ukazatelem kyslíkového režimu vod. Jeho hodnota se stanovuje u povrchových, odpadních, splaškových a u některých odpadních vod průmyslu. Tyto hodnoty patří mezi nejdůležitější hodnoty rozboru. Například u povrchových vod patří BSK mezi ukazatele, podle jejichž hodnoty se povrchové vody řadí do tříd.

Hodnota BSK závisí na mnoha faktorech, jako je reakční doba a reakční teplota, druh, koncentrace a stupeň adaptace mikroorganismů provádějící rozklad, koncentrace biogenních prvků v prostředí, koncentrace kyslíku, přítomnost toxických, nebo inhibičních látek, pH prostředí aj. Aby bylo možno dostat srovnatelné výsledky stanovení BSK, používají se standardní testy stanovení, při nichž jsou podmínky stanovení přesně definovány.

Nejběžnější rutinní, v celém světě používanou metodou je standardizovaná, tzv. zředovací metoda pro stanovení pětidenní BSK (BSK₅), která je u nás normována pro povrchovou a odpadní vodu.

BSK₅ se stanoví jako rozdíl koncentrací rozpuštěného kyslíku ve vzorku před proběhnutím a po proběhnutí biochemické oxidace látek při standardizovaných podmínkách inkubace vzorku. Stanovený úbytek rozpuštěného kyslíku (tj. hodnota BSK₅) je úměrný obsahu biochemicky rozložitelných organických látek ve vzorku vody.

$$\left[c_{m5}(\text{NO}_2^-) - c_{m0}(\text{NO}_2^-) \right] * 3,43 + \left[c_{m5}(\text{NO}_3^-) - c_{m0}(\text{NO}_3^-) \right] * 4,57$$

kde $c_{m5}(\text{NO}_2^-)$ - hmotnostní koncentrace dusitanů ve vzorku po pětidenní inkubaci
(mg/l)

$c_{m0}(\text{NO}_2^-)$ - hmotnostní koncentrace dusitanů ve vzorku nultý dne inkubace
(mg/l)

$c_{m5}(\text{NO}_3^-)$ - hmotnostní koncentrace dusičnanů ve vzorku po pětidenní inkubaci
(mg/l)

$c_{m0}(\text{NO}_3^-)$ - hmotnostní koncentrace dusičnanů ve vzorku nultý dne inkubace
(mg/l)

2.3.6 Běžné kationty a těžké kovy

2.3.6.1 Stanovení Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}

Stanovení koncentrace Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} pomocí AAS

Roztok vzorku, nebo standardu je v atomovém absorpčním spektrometru zmlžován a vzniklý aerosol je zaveden do plamene, kde se roztok okamžitě odpaří a rozruší se chemické vazby v molekulách přítomných sloučenin. Podmínky v plameni jsou přitom voleny tak, aby co největší populace měřených atomů zůstala v základním stavu a nedocházelo k excitaci nebo ionizaci. Plamenem prochází paprsek ze selektivního zdroje záření, který je při setkání s atomy analyzované látky absorbován. Atom prvku přechází do příslušného vzbuzeného stavu [16].

2.3.6.2 Stanovení K^+ , Na^+

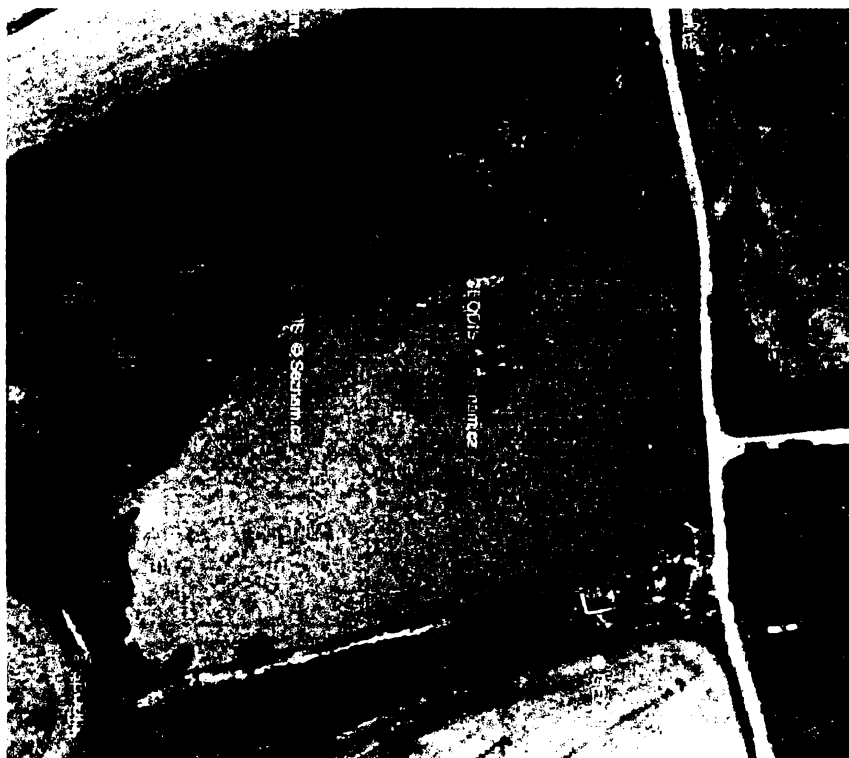
Stanovení Na^+ , K^+ pomocí AES

Plamenová fotometrie patří mezi nejstarší fyzikálně-chemické analytické metody. Je založena na principu emisní spektrometrické metody. Při excitaci plamenem jsou vnější elektrony atomů převedeny do energeticky bohatších stavů, načež se samovolně opět vracejí do stavu energeticky chudšího. Přijatá energie je uvolňována formou záření, jehož vlnové délky leží ve viditelné a UV oblasti. Zdrojem záření je analyzovaný vzorek, který se přímo vnáší do plamene. K rozkladu záření se používají hranoly nebo mřížky a jako detektory slouží fotonásobiče. Plamenová fotometrie se používá ke stanovení obsahu prvků 1. a 2. skupiny periodické tabulky, neboť energie potřebná k excitaci jejich valenčních elektronů není tak vysoká, jako u jiných prvků a postačuje k ní tedy teplota plamene. [17]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Lokalizace rybníku a odběrových míst

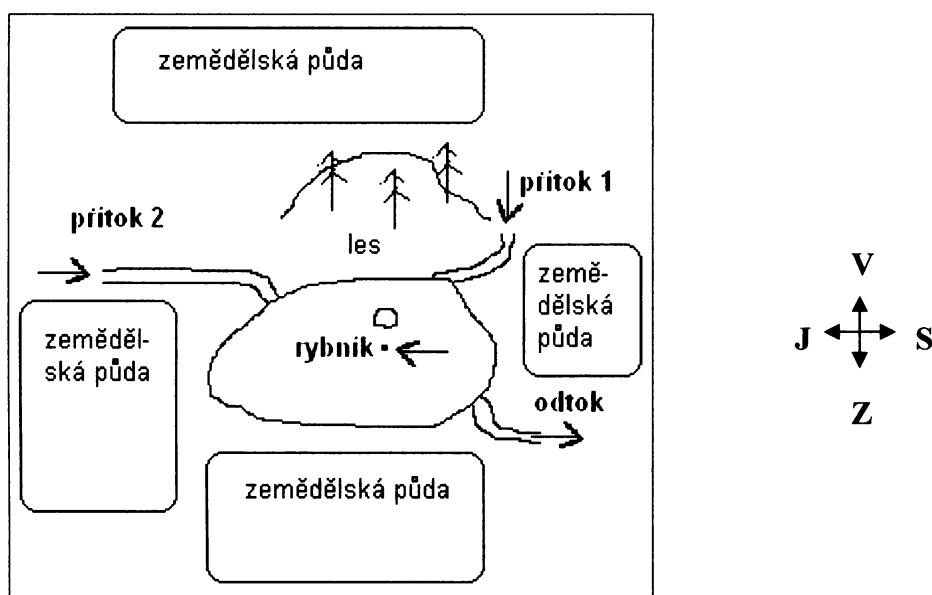
Rybníky (viz Obr. 3) se nacházejí na severovýchodním okraji katastru obce Staříč, při východním úpatí svahu Kamenná v místní části Studená. Rybníky jsou situované v okrajové části údolní nivy Olešná - Ostravice. Soustavu rybníků tvoří hlavní rybník o rozměrech cca 50 - 100 x 200 m s delší osou v severojižním směru a dva malé rybníky při západním okraji. Kapacita rybníků při plném stavu je kolem 16 000 m³ vody. Katastrální plocha rybníčního hospodářství je 2,0675 ha. Maximální hloubka je 2,4 m (u hráze velkého rybníka), průměrná hloubka je 1 m. Rybníky jsou spolu vzájemně propojeny. Pokud jsou stavidla otevřená, jsou hladiny na stejné úrovni [18].



Obr. 3. Letecký snímek rybníků a jejich okolí. Největší (s ostrůvkem) má světle hnědou barvu, menší rybník má tmavou barvu a nejmenší má barvu hnědou, nachází se napravo od prostředního rybníku. [19]

3.2 Odběr vzorků

Vzorkování probíhalo po dobu 6 týdnů. Interval mezi jednotlivými odběry byl 14 dní. Konkrétně bylo vzorkováno v termínech od 17.2. 2007 do 1.4.2007. Odběrová místa byly čtyři: přítok 1 (Př 1), přítok 2 (Př 2), rybník (Ry), odtok (Od) (Obr. 4). Odběrové vzorky byly diskrétní. Voda byla odebírána do 1,5 - 2,0 litrových PET láhví, maximálně po dobu 1 minuty. Před odebráním došlo k několikanásobnému promytí pitnou vodou, později vodou z odběrových míst. Nedošlo k žádnému slévání vzorků ze dvou a více odběrových míst, nebo časově odlišných vzorků ze dvou stejných odběrových míst.



Obr. 4. Zjednodušené schéma hlavního rybníku a jeho okolí se čtyřmi odběrovými místy.

3.2.1 Charakterizace odběrových míst

Rybník:

Lokalizace: 49°41'55.8"N,18°17'28.54"E (lokalizováno bylo místo odběru v rybníce). Jako jedno z odběrových míst byl zvolen největší rybník. Jeho vzorky jsou označeny jako **Ry**. Byly odebírány ze středu rybníku, kde je hloubka kolem 1 m, ve vzdálenosti asi 2 metry od rybničního ostrůvku. Aby bylo možné odebírat vzorky na stejném odběrovém místě, byla ještě před začátkem odběrů na dané místo zatlučena tenká tyč. Voda byla vždy nabírána hned pod hladinou (asi 2 cm).

První přítok:

Lokalizace: 49°41'57.54"N,18°17'20.77"E (lokalizováno bylo místo odběru). Tento přítok nabývá prudkosti pouze v období dešťů, v ostatních případech je to pomalu tekoucí přítok. Jako jedno ze vzorkovacích míst **Př 1** bylo zařazeno kvůli výhodné poloze mezi dvěma poli.

Druhý přítok:

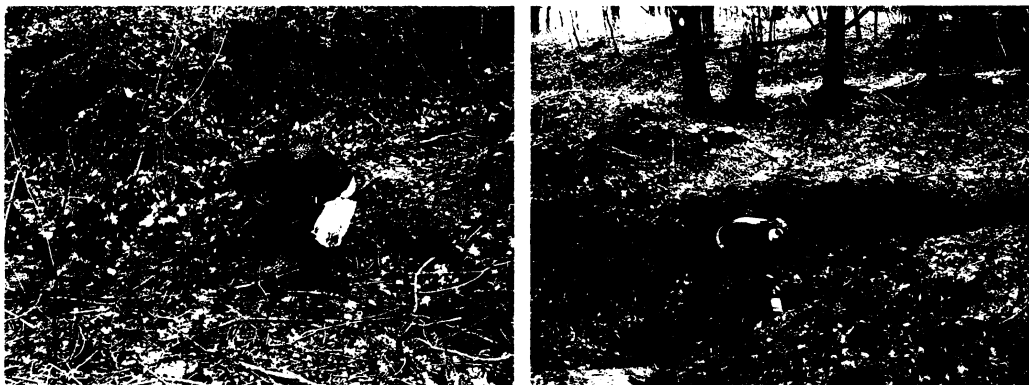
Lokalizace: 49°41'51.35"N,18°17'29.81"E (lokalizováno bylo místo odběru). Jako další odběrové místo slouží hlavní přítok (byl zmíněn již v morfologii). Označen je jako **Př 2**. Vzorky byly odebírány uprostřed potoka, tam, kde byl nejrychlejší proud.

Odtok:

Lokalizace: 49°41'58.05"N,18°17'30.56"E (lokalizováno bylo místo odběru). Jako poslední vzorkovací místo byl vybrán odtok **Od**. Je to jediné místo, kudy může voda z rybníka odtéci. Odběrové místo **Od** se nachází pod hrází hlavního rybníku, asi 30 cm od výtoku ze stavidla. V době nízkých srážek je vypouštění jen minimální, proto bylo velmi obtížné nabrat z tohoto místa vodu.

3.2.2 Fotodokumentace odběrů a odběrových míst

První přítok:



(a)

(b)

Obr. 5 Odběr vzorků do PET láhve z přítoku 1.

(a) vzorkování ze dne 4.3.07,

(b) vzorkování ze dne 18.3.07

Druhý přítok:



(a)

(b)

Obr. 6 Odběr vzorků do PET láhve z hlavního přítoku, přítoku 2.

(a) vzorkování ze dne 18.3.07. Na fotografii je vidět hlavní přítok ústící do rybníku.

(b) vzorkování ze dne 4.3.07

Rybník:



(a)



(b)

Obr. 7 Odběr vzorků uprostřed rybníka na vzorkovacím místě Ry.

(a) zachycen pohled na vzorkovací místo uprostřed rybníku ze dne 1.4.07

(b) odběr vzorku u vzorkovací tyče v rybníce dne 18.3.07

Odtok:



(a)



(b)

Obr. 8 Poslední odběrové místo –odtok Od.

(a) odběr vzorků s datem 17.2.07

(b) odběr vzorků s datem 4.3.07

3.3 Použité chemikálie

V bakalářské práci byly použity následující zásobní roztoky:

Stínící roztok $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, roztok byl připraven z navážky 6,7 g $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ doplněním destilovanou vodou na objem 1 l.

Pufry pro kalibraci pH metru (pH 4, pH 7) byly získány 5-ti násobným naředěním kalibračních pH standardů firmy Lachema, Brno.

Standardní roztoky Zn, Ca, Mg, Na, K, Cu, Cd, Pb byly připraveny ze zásobních roztoků daných kovů o koncentraci 1000 ppm (Analytika, Praha) naředěním dle potřeby koncentrační škály. Ke všem roztokům byl přidán 1 ml HNO_3 (koncentrovaná, p.p.) pro stabilizaci roztoku. Ke standardním roztokům Ca, Mg bylo navíc přidáno 0,5 ml roztoku K^+ o koncentraci 100 000 ppm.

Standardní roztok NH_4OH (Lachema, Brno), byl naředěn dle potřeby koncentrační škály; do každého roztoku byl přidán 1 ml Mg SO_4 (53,5 ppm), 3 ml CrO_4^{2-} (1772 ppm) a 4 ml fenolátu sodného.

Pro stanovení CHSK bylo do vzorků přidáno 10 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (41,7 ppm) a přibližně 0,4 g HgSO_4 . Postupně byl přidáván také roztok 30 ml H_2SO_4 a Ag_2SO_4 (13,3 g Ag_2SO_4 do 1 l H_2SO_4). Před titrací byly přidány dvě kapky feroinu (1,10-fenantrolinu). Titrováno bylo roztokem síranu diammoželeznatého (25 ppm).

3.4 Přístrojové vybavení

Potenciometrické měření bylo provedeno na pH metru 3020 firmy Janway, UK.

Spektrofotometrické měření celkového dusíku, celkového fosforu a NH_4^+ bylo provedeno na Termoreaktor fotometru SQ 118 (Thermoelectron, UK).

Analýza kovů byla provedena na AAS spektrometru AAS 3 (Carl-Zeiss, Jena, Německo). Každý vzorek byl změřen třikrát.

Měření pH bylo provedeno na pH metru PHM 64 (Radiometer, Dánsko).

Pro stanovení BSK byl použit termostat a čerpadlo MP-1 s rozvodem vzduchu (Skalar, Holandsko).

Destilovaná voda, použitá pro přípravu všech roztoků, byla připravena zařízením Milli Q_{PLUS} firmy Millipore (USA).

3.5 Pracovní postupy

Stanovení všech parametrů nemohlo být provedeno ve fakultních laboratořích. Celkový fosfor, celkový dusík a amonné kationty jsem analyzovala v Dobré u Frýdku-Místku v pobočce Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě. Chemická a biologická spotřeba kyslíku byla určena ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T.G. Masaryka v Praze.

3.5.1 Měření pH

Měření pH bylo provedeno kombinovanou skleněnou elektrodou. pH metr byl kalibrován pomocí 2 standardních pufrů (pH= 4,04; pH= 6,99).

3.5.2 Celkový fosfor

Všechny analyty obsahující fosfor byly stanoveny tak, že byly nejdříve převedeny na rozpustné anorganické orthofosforečnany, které byly následně stanoveny spektrofotometricky. Jejich převedení bylo provedeno hydrolyzou H_2SO_4 za varu. V kyselém prostředí byly stanoveny i nerozpustné orthofosforečnany obsažené v nefiltrovaném vzorku [13].

3.5.3 Celkový dusík [13]

Obsah dusičnanů a dusitanů byl přepočten na příslušné hmotnostní koncentrace dusíku ve vzorku v mg/l a dále byl připočten ke hmotnostním koncentracím amoniakálního i organického dusíku.

Hmotnostní koncentrace veškerého dusíku ve vzorku byla vypočtena:

$$c_m(N_{vešk}) = c_m(N - NO_2^-) + c_m(N - NO_3^-) + c_m(N_{am}) + c_m(N_{org})$$

kde $c_m(N_{vešk})$ - hmotnostní koncentrace veškerého dusíku (mg/l)

$c_m(N-NO_2^-)$ - hmotnostní koncentrace dusitanů vyjádřených jako dusík (mg/l)

$c_m(N-NO_3^-)$ - hmotnostní koncentrace dusičnanů vyjádřených jako dusík (mg/l)

$c_m(N_{am})$ - hmotnostní koncentrace amoniakálního dusíku (mg/l)

$c_m(N_{org})$ - hmotnostní koncentrace organického dusíku (mg/l)

3.5.4 Stanovení dusíkatých látek

3.5.4.1 Stanovení NO_3^-

Byla připravena sada 8 kalibračních roztoků ze standardního roztoku KNO_3 (1000 ppm). K danému objemu standardu bylo připipetováno 10 ml stínícího roztoku ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) a tato směs se doplnila do 50 ml destilovanou vodou. Pro stanovení dusičnanů ve vzorku bylo odpipetováno 10 ml vzorku, přidáno 10 ml stínícího roztoku a v takto vzniklém roztoku byl změřen potenciál ISE. Kalibrační závislost byla vynesena jako závislost potenciálu dusičnanové ISE na dekadickém logaritmu koncentrace dusičnanových aniontů. Z lineární rovnice vzniklé z tohoto grafu byl určen obsah dusičnanů ve vzorcích [20].

3.5.4.2 Stanovení NH_4^+

Stanovení NH_4^+ je založeno na reakci s MgSO_4 , K_2CrO_4 a fenolátem sodným, kdy vzniká v alkalickém prostředí modré indofenolové barvivo. Byly připraveny kalibrační roztoky v koncentrační škále od 0,5 do 3 mg/l. Absorbance standardů s činidlem byla proměřena při $\lambda = 660$ nm.

3.5.5 Chemická a biologická spotřeba kyslíku

3.5.5.1 Chemická spotřeba kyslíku

Do 50 ml baňky bylo napipetováno 20 ml vzorku, přidáno 10 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a přibližně 0,4 g HgSO_4 . Baňka byla zahřáta a postupně byl do ní přidáván roztok 30 ml H_2SO_4 a Ag_2SO_4 . Roztok byl uveden do varu a udržován tak po dobu dvou hodin. Po uplynutí dané doby byla směs ochlazena na laboratorní teplotu. Byly přidány dvě kapky indikátoru ferroinu, dále pak bylo titrováno roztokem síranu diammoželeznatého. Titrace byla ukončena při změně barvy roztoku z modrozelené na červenohnědou barvu.

3.5.5.2 Biologická spotřeba kyslíku

Před inkubací byl změřen obsah kyslíku (kyslíkovou sondou) ve vzorcích. Poté byl do 2 l odměrného válce nalito 0,5-1 l vzorku; dle očekávané koncentrace. Roztoky nasycené kyslíkem (9 mg/l) při stálé teplotě (20 ± 1) °C, byly rozlity do 2-3 inkubačních láhví. V jedné láhvi bylo provedeno stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku v nultý den. Zbylé láhve byly nechány v termostatu ve tmě po dobu pětkrát 24 hodin. Po té byl změřen obsah rozpuštěného kyslíku jako u nultého dne.

3.5.6 Kationty a těžké kovy

3.5.6.1 Stanovení Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}

Stanovení koncentrace Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} pomocí AAS

Byly namíchány roztoky pro kalibrační přímkou. Celkový objem roztoků Zn byl roven 50,0 ml, u Ca, Mg, Cd, Cu a Pb byl celkový objem roven 25,0 ml. Část vzorků byla naředěna pětkrát, druhá část byla neředěná. Absorbance byla změřena při dané vlnové délce. Pro Zn to bylo $\lambda = 213,9$ nm, pro Cu 327,4 nm, pro Pb $\lambda = 217$ nm, pro Cd $\lambda = 228,8$ nm, pro Mg $\lambda = 285,2$ nm a pro Ca $\lambda = 422,7$ nm.

Všechny vzorky byly proměřeny na AAS spektrometru AAS 3. Šířka spektrálního intervalu byla nastavena v závislosti na měřeném kationtu, pro Zn = 0,3 nm, pro Ca, Mg, Cd = 0,5 nm, pro Cu = 0,7 nm a pro Pb = 1,0 nm [15].

Všechny roztoky byly měřeny v plameni acetylen- N_2O . Velikost žhavícího proudu pro Cd a Pb výbojku byla nastavena na 3,5 mA; pro Mg a Cu výbojku byla nastavena na 5 mA.

3.5.6.2 Stanovení K^{+} , Na^{+}

Stanovení Na^{+} , K^{+} pomocí AES

Opět byly namíchány roztoky kalibrační přímkou. Celkový objem byl roven 50,0 ml. Část neznámého vzorku byla naředěna pětkrát, část byla ponechána nenaředěná. Roztoky byly měřeny při dané vlnové délce, Na při $\lambda = 589$ nm, K při $\lambda = 776,5$ nm. Šířka

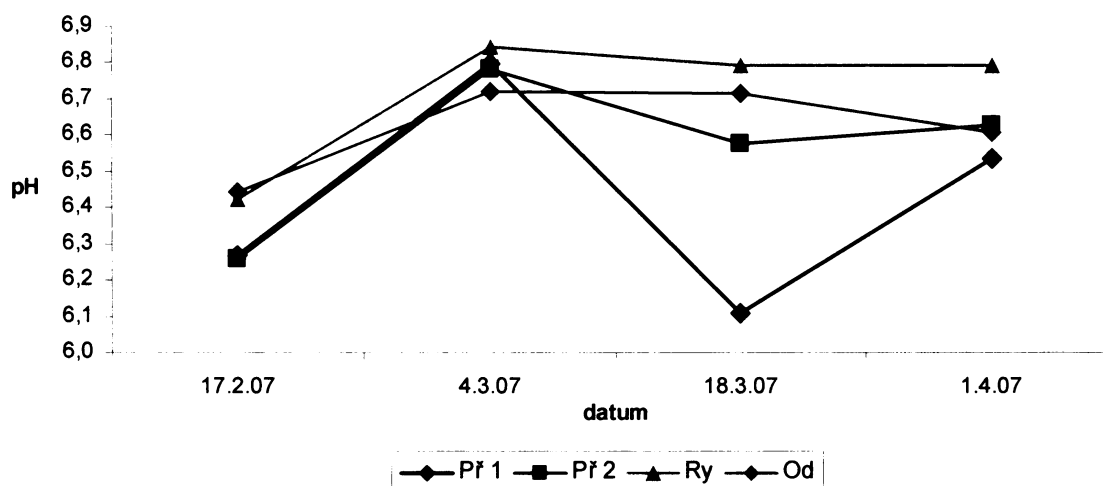
spektrálních intervalů byla nastavena pro Na 0,3 nm a pro K 1,0 nm. Oba prvky byly měřeny v plameni acetylen-vzduch [15].

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

Ve své bakalářské práci zjišťuji vliv zemědělské půdy v okolí vodní plochy na eutrofizaci vody v období jarního tání sledováním vybraných parametrů. Ke sledování jednotlivých parametrů aplikuji vybrané analytické metody. Mezi sledované parametry patří hodnota pH, celkový obsah dusíku, celkový obsah fosforu, chemická spotřeba kyslíku, biologická spotřeba kyslíku a obsah vybraných kationtů. Ve všech případech vyhodnocuji změny daného parametru ve sledovaném časovém intervalu.

4.1 Stanovení pH

pH vzorků vody (Obr. 9) se mění v závislosti na místě a datu odběru. Nejméně se pH s časem změnilo ve sledovaném období ve středu rybníku; křivka Ry (oranžová). Je to způsobeno především tím, že na velké ploše rybníka se projevují malé změny způsobené změnou složení přítokové vody velmi pomalu. Podobně je to i na odtoku Od (tyrkysová křivka). Největší změnu je možné sledovat na přítoku Př 1 (modrá křivka). Tento přítok má větší průtokovou rychlost, proto se zde nejrychleji projeví změny v pH.



Obr. 9 Změny pH vody v závislosti na místě a datu odběru

Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2

4.2 Celkový fosfor

Vyhodnocení obsahu celkového fosforu nebylo možné, neboť většina vzorků měla zjištěné koncentrace celkového fosforu pod detekčním limitem. Lze tím konstatovat, že ve sledovaném časovém úseku nebyl zvýšen jeden z hlavních ukazatelů eutrofizace vod.

Tab. 2. Závislost koncentrace stanovených vzorků na místě a datu odběrů

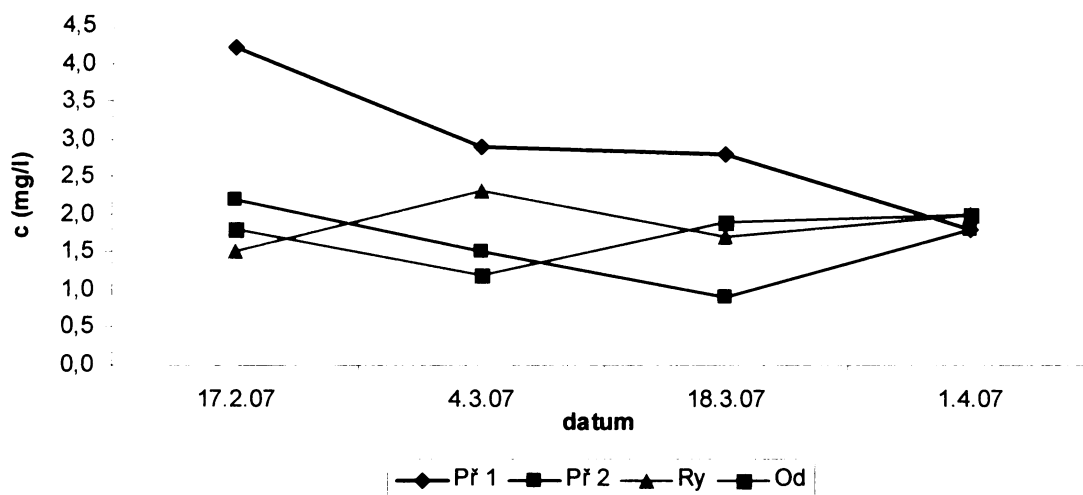
Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, PŘ 1,2 jsou přítoky 1,2

Vzorky	Př 1	Př 2	Ry	Od
17.2.2007 c (mg/l)	0,07	0,08	<0,05	<0,05
4.3.2007 c (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
18.3.2007 c (mg/l)	<0,05	<0,05	0,05	0,08
1.4.2007 c (mg/l)	<0,05	0,05	0,09	0,05

4.3 Celkový dusík

Před odběrem dne 17.2.07 byly vydatné srážky, které spláchly z okolních polí zbytky sněhu se zbytky dusíkových hnojiv; proto je koncentrace celkového dusíku ve všech odběrových místech zvýšená. Poté následovalo období sucha a koncentrace celkového dusíku postupně klesly. V dalším období (před 18.3.07) dochází opět k vydatným srážkám; v tomto případě však již koncentrace celkového dusíku nerostou.

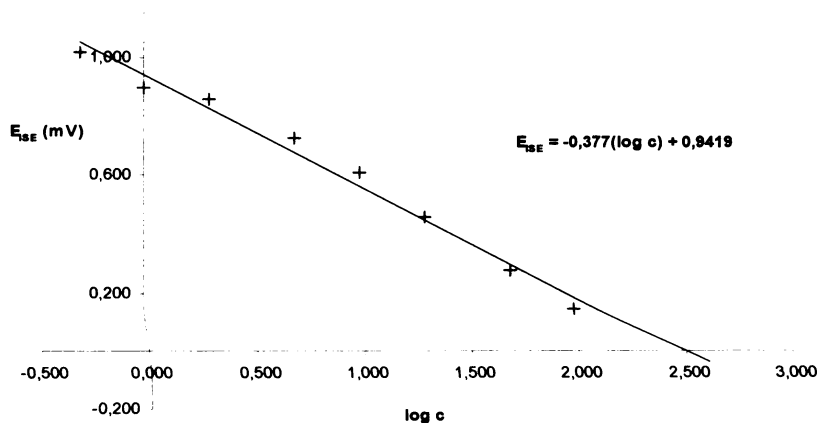
Největší koncentrační rozdíly v obsahu celkového dusíku (Obr. 10) se projevují u přítoku PŘ 1 (modrá křivka). Zde je nejlépe vidět vliv zemědělské půdy na kvalitu vody. Právě tento přítok protéká mezi obdělávanými poli a lze na něm pozorovat vliv hnojení. Nejnižších koncentrací dosahuje přítok PŘ 2 (fialová křivka).



Obr. 10 Koncentrace celkového dusíku v závislosti na místě a datu odběru
Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky

4.4 Stanovení NO_3^-

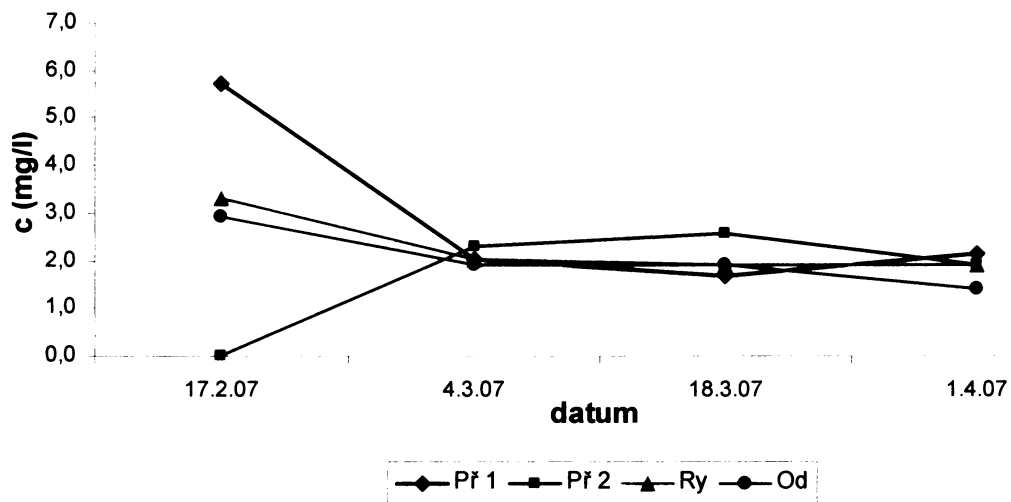
Pro ISE stanovení koncentrace dusičnanů bylo třeba nejprve proměřit kalibrační závislost (Obr 11).



Obr. 11 Kalibrační závislost pro ISE stanovení NO_3^-

Koncentrace dusičnanů (Obr. 12) byla při prvním odběru (17.2.07) rozdílná, nejvyšší byla na přítoku Př 1 (modrá křivka). Obsah dusičnanů v tomto přítoku se pak

během března již prakticky neměnil. Nejnižší koncentrace dusičnanů byly naměřeny na přítoku 2 (fialová křivka).



Obr. 12 Koncentrace NO_3^- v závislosti na datu a místě odběru

Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2

Tato koncentrace sice během března nepatrně vzrostla, ale přírůstek už není významný. Hodnoty koncentrace dusičnanů v rybníku Ry (oranžová křivka) a koncentrace odtoku Od (tyrkysová křivka) jsou velmi podobné. U prvního odběru (tání sněhu) jsou tyto hodnoty nejvyšší; v průběhu dalších měření již jen nepatrně klesají.

4.5 Stanovení NH_4^+

Vyhodnocení obsahu amonných kationů opět nebylo možné, protože u většiny naměřených vzorků jsou koncentrace NH_4^+ pod detekčním limitem. Jediné měřitelné koncentrace bylo možné stanovit na odtoku Od.

Tab. 7 Závislost koncentrace NH_4^+ stanovených vzorků na místě a datu odběrů

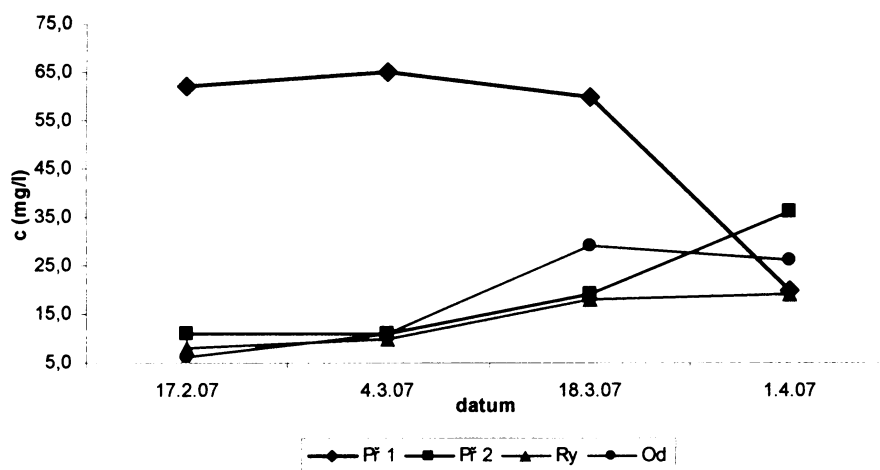
Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2

odběrové místo	Př 1	Př 2	Ry	Od
17.2.2007 c (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	0,12
4.3.2007 c (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	0,31
18.3.2007 c (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	0,61
1.4.2007 c (mg/l)	<0,05	0,07	<0,05	<0,05

I z tohoto mála získaných výsledků vyplývá, že se s časem zvyšuje obsah amonných kationtů v odtokové vodě, což svědčí o vzrůstající mikrobiologické činnosti v rybníku se zvyšující se teplotou během nástupu jara.

4.6 Chemická spotřeba kyslíku

„Chemická spotřeba kyslíku“ je definována jako množství kyslíku, které se za standardních podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě se silným oxidačním činidlem. Hodnota CHSK je tedy mírou celkového obsahu organických látek ve vodě (nepřímé skupinové stanovení), a tím i důležitým ukazatelem organického znečištění vody. Nejvyšších hodnot (Obr. 13) CHSK bylo dosaženo na přítoku Př 1 (modrá křivka); Obsah organických látek na přítoku 1 s rostoucím časem napřed pozvolna, později strmě klesá. Ostatní odběrová místa, tedy Př 2 (fialová křivka), Ry (oranžová křivka) a Od (tyrkysová křivka), mají celkový obsah organických látek menší. Během března se obsah organických látek zvyšuje i zde. To opět pravděpodobně souvisí se vzrůstající teplotou v předjaří.



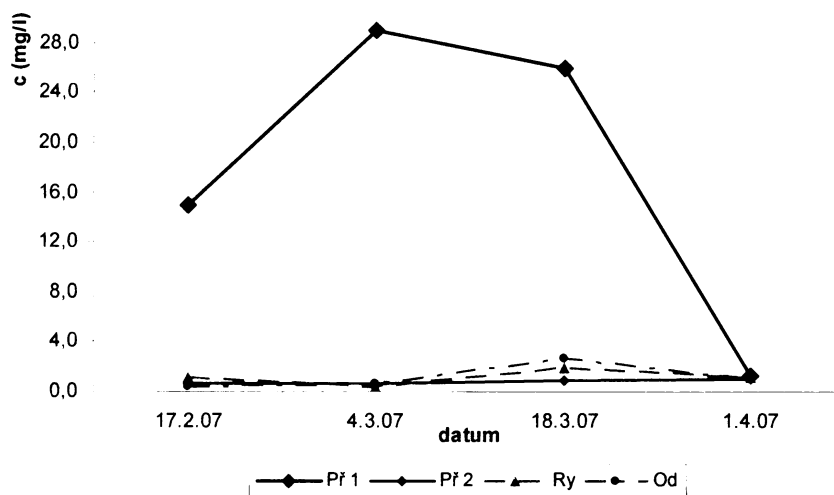
Obr. 13 Hodnoty CHSK v závislosti na odběrovém místě a datu

Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2 c je koncentrace spotřebovaného kyslíku (mg/l)

4.7 Biologická spotřeba kyslíku

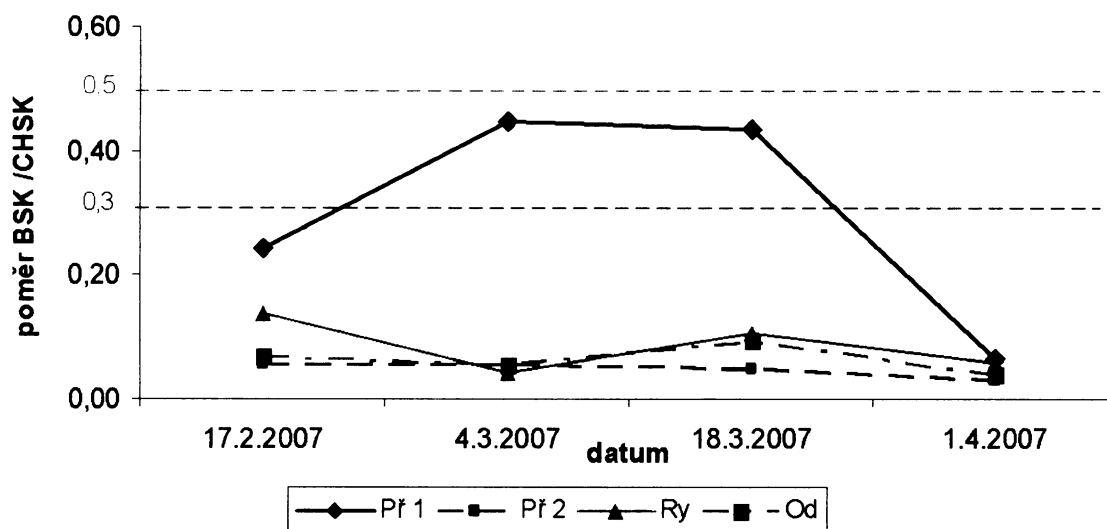
Závislost biologické spotřeby kyslíku na místě a době odběru (Obr. 14) má podobný průběh jako závislost chemické spotřeby kyslíku. Při biologické spotřebě kyslíku je vlastně ve vzorku nepřímo sledován obsah organických látek, které podléhají aerobnímu biochemickému rozkladu. Na obrázku je opět vidět velký obsah organických látek na přítoku Př 1 (modrá křivka). Zajímavé je, že oproti CHSK není tento obsah na počátku v maximu (17.2.07), ale stále s časem roste a největších hodnot dosahuje až počátkem března. Toto opět bude souviset s vyšší činností mikroorganismů se zvyšující se teplotou vody v předjaří. Ostatní odběrová místa, tedy Př 2 (fialová křivka), Ry (oranžová křivka) a Od (tyrkysová křivka), mají BSK velmi malou a tato se s časem příliš nezvyšuje.

Pro orientační posouzení biologické rozložitelnosti organických látek v odpadních vodách se používá poměr $BSK_5/CHSK$ (Obr. 15). Tento poměr slouží jako jednoduchý ukazatel rozložitelnosti látek ve vzorcích. U dobře rozložitelných látek se jeho hodnota pohybuje **nad 0,5**; hodnoty **pod 0,3** svědčí o přítomnosti organických látek biologicky obtížně rozložitelných.



Obr. 14 Závislost BSK vzorků na odběrovém místě a datu

Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2
c je koncentrace spotřebovaného kyslíku (mg/l)



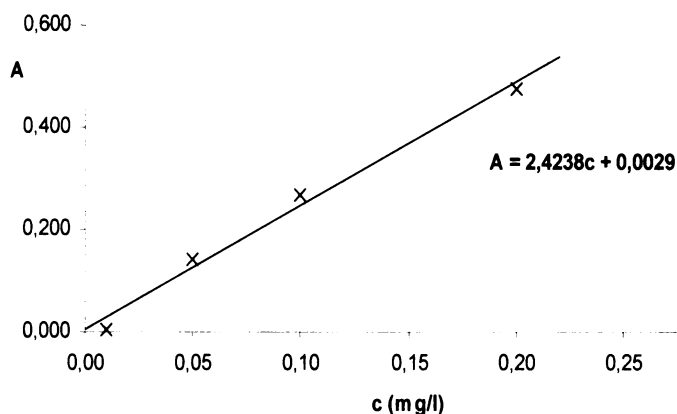
Obr. 15 Poměr BSK5 / CHSK v závislosti na datu a odběrovém místě

Ry je odběrové místo rybník, Od odběrové místo odtok, Př 1,2 jsou přítoky 1,2

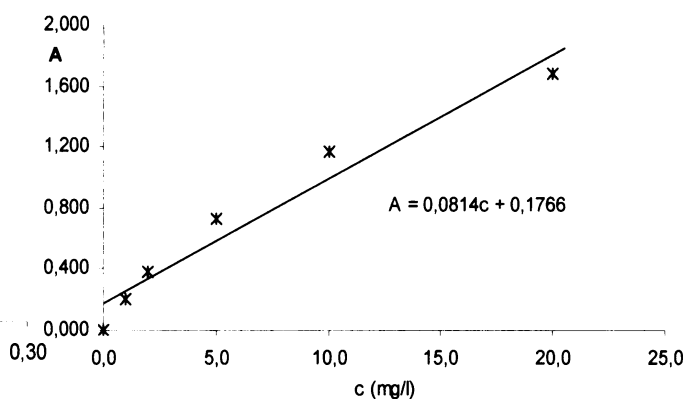
Na přítoku Př 1 (modrá křivka) jsou látky převážně biologicky rozložitelné. Kdežto v ostatních odběrových místech převažují látky biologicky hůře rozložitelné.

4.8 Stanovení Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}

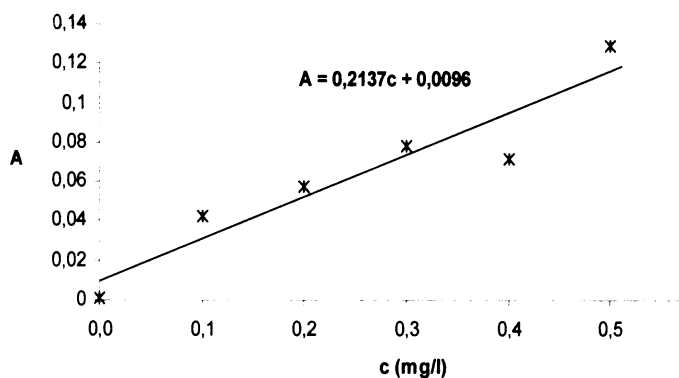
Pro stanovení koncentrace kationtů Zn, Ca, Mg, Cu, Cd, Pb bylo třeba nejprve proměřit příslušné kalibrační závislosti (Obr. 16 – 21).



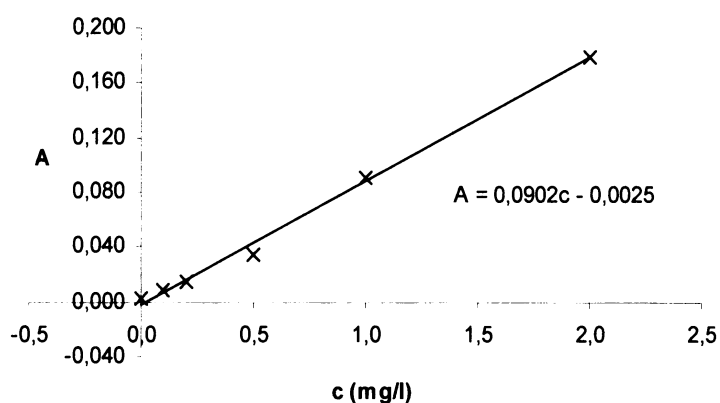
Obr. 16 Kalibrační závislost stanovení Zn



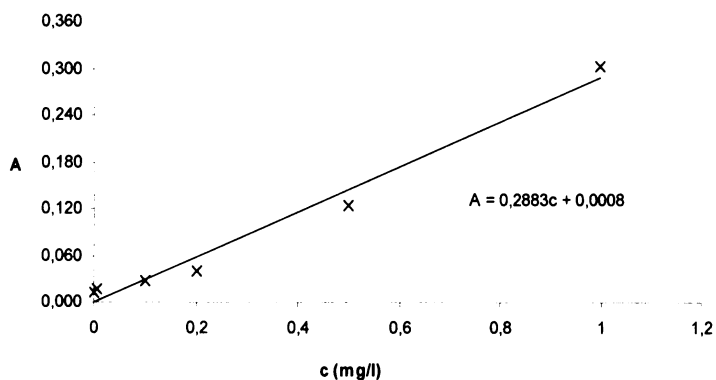
Obr. 17 Kalibrační závislost stanovení Ca



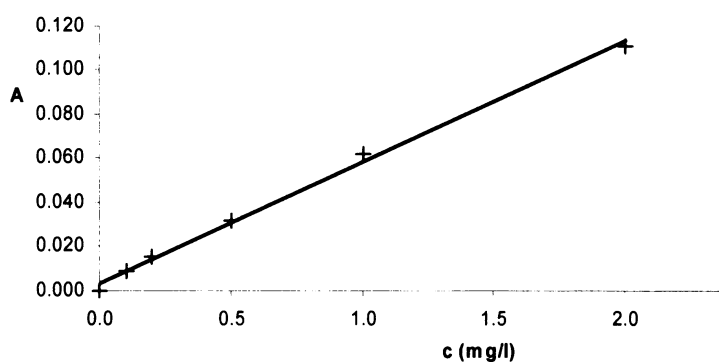
Obr. 18 Kalibrační závislost stanovení Mg



Obr. 19 Kalibrační závislost stanovení Cu

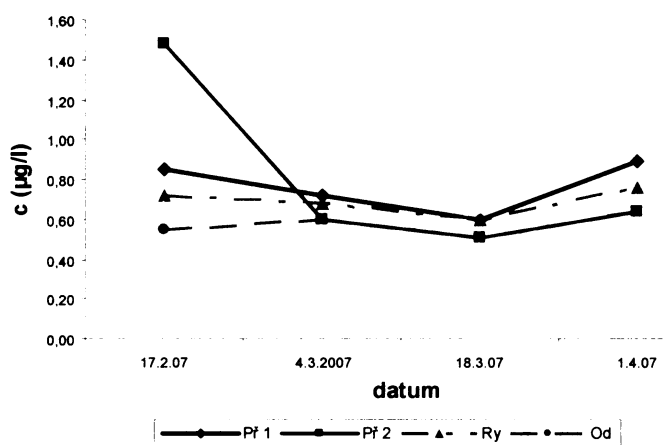


Obr. 20 Kalibrační závislost stanovení Cd

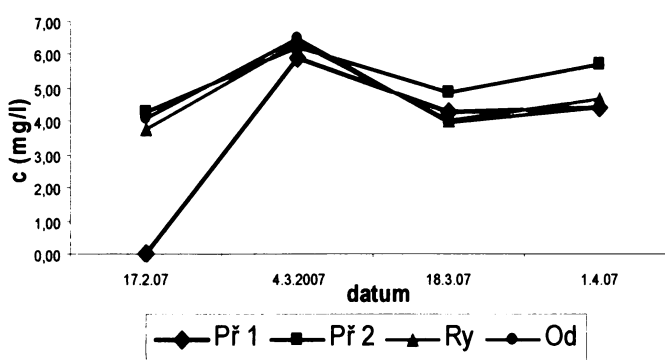


Obr. 21. Kalibrační závislost stanovení Pb

Obsahy Zn (Obr. 22) a Mg (Obr. 23) při prvním odběru (17.2.07) byly odlišné, při dalších odběrech se již prakticky neměnily. To pravděpodobně opět souvisí s táním sněhu při prvním odběru. U zinku byla nejvyšší koncentrace naměřena u přítoku Př 2 (fialová křivka) a nejnižší koncentrace pak na odtoku Od (tyrkysová křivka). U hořčiku jsou podobně vyšší koncentrace na přítoku Př 2 (fialová křivka), na rybníku Ry (oranžová křivka) a na odtoku Od (tyrkysová křivka). Zkreslený výsledek nejmenší koncentrace přítoku Př 1 (modrá křivka) v počátečním měření je způsoben nedostatkem vzorkované vody.

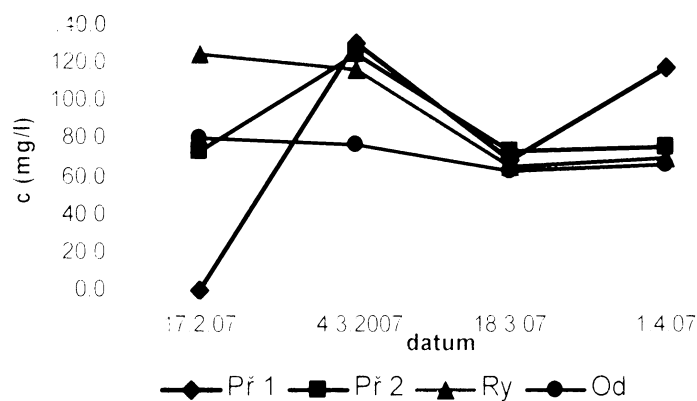


Obr. 22 Koncentrace Zn v závislosti na místě a datu odběru



Obr. 23 Koncentrace Mg v závislosti na místě a datu odběru

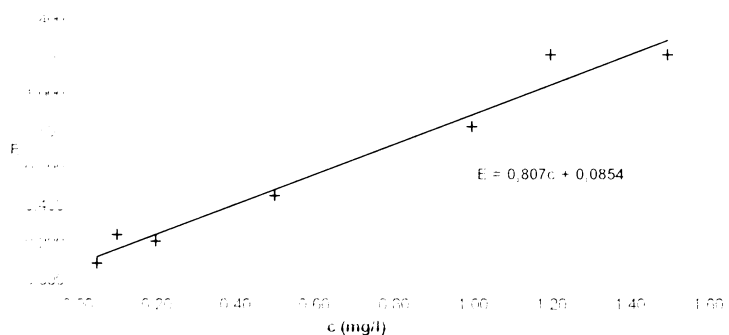
Koncentrace vápníku (Obr. 24) je oproti ostatním sledovaným kovům mnohonásobně vyšší na všech odběrových místech. Vyšší koncentrace je způsobena vápencovým podložím zdroje obou přítoků. Zkreslený výsledek nejmenší koncentrace přítoku Př 1 (modrá křivka) v počátečním měření je opět způsoben nedostatkem vzorkované vody.



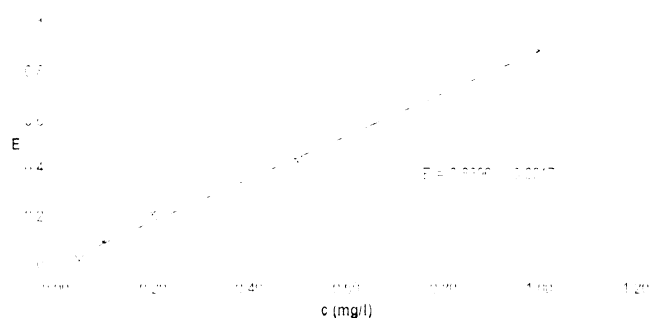
Obr. 24 Koncentrace Ca v závislosti na místě a datu odběru

4.9 Stanovení Na⁺, K⁺

Pro stanovení koncentrace kationtů Na, K bylo třeba stejně, jako u předchozího stanovení kationtu, nejprve proměřit kalibrační závislosti (Obr. 25 a 26).

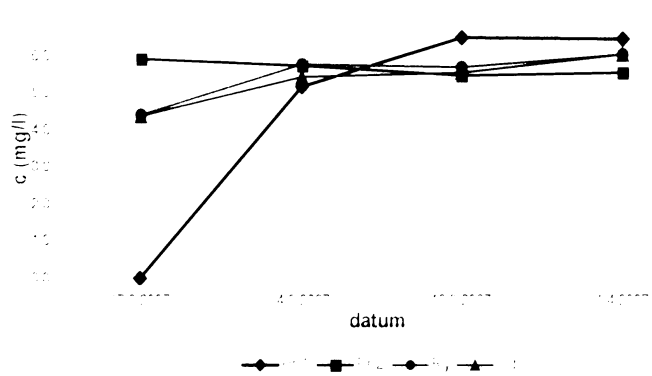


Obr. 25 Kalibrační závislost stanovení Na



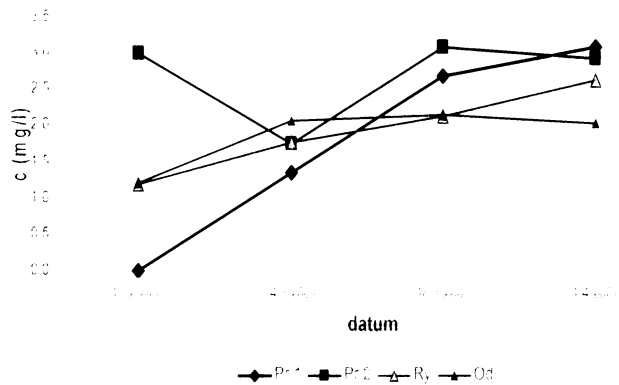
Obr. 26 Kalibrační závislost stanovení K

Obsahy sodíku a draslíku v závislosti na čase odběru a poloze (Obr. 27 a 28) s časem převážně vzrůstají. Největší rozdíly v obsahu draslíku můžeme pozorovat u přítoku Př 2 (fialová křivka). Zkreslený výsledek nejmenší koncentrace přítoku Př 1 (modrá křivka) v počátečním měření je opět způsoben nedostatkem vzorkované vody.



Obr. 27 Koncentrace Na v závislosti na místě a datu odběru

Ry je odběrové místo rybník. Od odběrové místo odtok, Pr 1,2 jsou přítoky 1,2



Obr. 28 Koncentrace K v závislosti na datu a místě odběru

Ry je odběrové místo rybník. Od odběrové místo odtok, Pr 1,2 jsou přítoky 1,2

5 Závěr

V rámci své bakalářské práce jsem se snažila měřením vybraných analytických parametrů vody sledovat vliv okolní zemědělské pudy na eutrofizaci rybníční soustavy v době jarního tání. Z experimentálně zjištěných hodnot vyplývají vlastnosti rybníční vody.

pH vody je neutrální až mírně zásadité. Koncentrace celkového dusíku a fosforu nejsou vysoké, nedá se tedy předpokládat zvýšený výskyt sinic v období odběru.

Ve vzorcích jsou srovnatelné koncentrace Na, K, Mg a NO_3^- ; pohybují se v rozmezí 2-5 ppm. Příčinou vysoké koncentrace Ca ve vzorcích, v rozmezí 60-130 ppm, je vapencové podloží zdroje. Koncentrace Zn a NH_4^+ jsou zanedbatelné. Ve vzorcích nebyly zjištěny (danou použitou technikou) měřitelné koncentrace Cu, Cd a Pb.

Stanovená chemická spotřeba kyslíku má hodnoty v rozmezí 6,0 - 36,0 mg/l, výjimku tvoří první odběrové období, ve kterém jsou koncentrace všech odběrových míst zvýšeny na hodnotu kolem 60,0 mg/l.

Hodnoty biologické spotřeby kyslíku jsou podobné jako u CHSK. Z jejich poměru vyplývá, že se ve vzorcích vyskytují organické látky, které jsou biologicky obtížně rozložitelné.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Kočí, V.: *Eutrofizace 2000*. Praha, VŠCHT 2000
2. Maršálek, B.; Feldmannová, M.; Maršálová E.: *Cyanobakterie 2006: biologie, toxikologie a management*. Pruhonice, Botanický ústav AV ČR, 2006
3. Braniš M.; Pivnička K.; Benešová L.; Pušová R.; Tonika J.; Hlovorka J.: *Výkladový slovník vybraných termínů z oblasti ochrany životního prostředí a ekologie*. Praha, Karolinum 2004
4. převzato z URL stránek: <http://en.wikipedia.org/wiki/Eutrophication> 12.4.2007
 - Primární zdroj: Horrigan, L.; R. S. Lawrence, and P. Walker (2002). "How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture". *Environmental health perspectives* 110: 445-456
5. Hans Hillewaert, obrázek byl převzat z URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Eutrophication_en.svg 12.4. 2007
6. převzato a upraveno z URL stránek: <http://nesehnuti.ecn.cz/cz/stezka/tab6.htm> 13.4.2007
7. Swedish environmental protection agency: *Eutrophication of soil, fresh water and the sea*. Värnamo 1994
8. Znachor, P., Sládek, T.; obrázek byl převzat z URL: <http://www.stranypotapecke.cz/teorie/sinice.asp?str=200408091150070> 19.4.2007
9. Čítek, J.; Krupauer, V.; Kubů, F.: *Rybníkářství*. Praha, Informatorium 1993
10. Šmolka, M.: *HG průzkum dobývacího prostoru, závěrečná zpráva*. Staříč 2002
11. Žák, Z.: *CHEMagazin*. XV (6), 22-23 (2005)
12. staženo a upraveno z URL stránek: http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy_fosfor.pdf 17.4.2007
13. Horáková, M.; Lischke, P.; Grünwald, A.: *Chemické a fyzikální metody analýzy vod*. Praha, SNTL 1986

14. Vinšová, H., Zachař P.; text byl použit a upraven ze URL stránek:
http://irz.cz/repository/latky/celkovy_dusik.pdf 20.4.2006
15. Text byl stažen a upraven ze stránky: http://www.vscht.cz/eds/knihy/uid_es-002/hesla/spotreba_kysliku_biochemicka.html 16.4.2007
16. Text byl převzat z URL stránek: <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/470714-atomova-absorpeni-spektrometrie> 3.4.2007
17. Čabala R.; Červený V.; Pecková K.: *materiály Pokročilých praktik z analytické chemie (kata)*. 2007
18. Šmolka, M.: *HG průzkum dobývacího prostoru, závěrečná zpráva*. Staříč 2001
19. Mapa byla převzata a upravena z URL stránky:
<http://www.mapy.cz/searchScreen?query=-%C5%BDabe%C5%88#centerX=141994016@centerY=134730160@typ=ophoto@zoom=16@vizType=none@vizlds=none> 25.3.2007
20. Coufal, P.: *Scminář z analytické chemie*. Praha. Karolinum 2001