

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

**Monitoring ponořené vodní vegetace
na vybraných lokalitách
v Třeboňské pánvi
(Monitoring of submerged aquatic
vegetation in selected localities of the
Třeboň Basin)**

Bakalářská práce

Richard Svidenský

České Budějovice
Duben 2009

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem uvedenou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval.

V Českých Budějovicích

Podpis

Poděkování

Ctěl bych poděkovat paní doc. RNDr. Haně Čížkové, CSc. za odborné rady a vedení.

Dále také bych chtěl poděkovat paní Mgr. Andree Kučerové za ochotu, pochopení a volný čas, který mi věnovala.

Mé poděkování také patří panu RNDr. Lubomírovi Adamcovi, CSc. za zapůjčení dataloggerů a jeho ochotu podělit se o své zkušenosti a poskytnutí cenných informací.

Anotace

Tato bakalářská práce je součástí projektu PPK-ST023/008 „Monitoring populace *Ceratophyllum submersum*, Krvavý rybník“ jehož řešitelem byl Botanický ústav AV ČR Třeboň. Bakalářská práce hodnotí sezónní rozvoj populace ohroženého druhu *Ceratophyllum submersum* z hlediska fenologie, produkce biomasy a plodnosti, včetně základních parametrů vodního prostředí, a to na základě sledování přirozené populace na Krvavém rybníce a pomocí růstového pokusu.

Druh *C. submersum* během vegetačního období narostl do určité délky, která odpovídala vlastnostem prostředí, a tu si po zbytek tohoto období udržoval. V Krvavém rybníce druh netvořil velký počet květů, ani semen. Biomasa byla investována především do tvorby vedlejších vrcholů.

C. submersum tedy roste po celou sezónu, nemá období s pomalým růstem jako je tomu u příbuzného druhu *C. demersum*. Průměrný denní přírůstek sušiny jedné rostliny byl 2,3 mg za den.

Pro dlouhodobé udržení zkoumané populace je zásadní vegetativní rozmnožování.

Annotation

This bachelor thesis is a part of the project PPK-ST023/008 “Monitoring of the *Ceratophyllum submersum* population, Krvavý fishpond“ which was conducted by the Institute of Botany, Třeboň in 2008. The thesis is focused on the seasonal growth dynamics, phenology, biomass production and fertility of this endangered species.

The growth of the natural population of *Ceratophyllum submersum* was monitored in the Krvavý fishpond during the vegetation period 2008, additionally basic water chemistry parameters were estimated. Biomass production and growth dynamics were also determined during the experiment conducted in the Institute of Botany in Třeboň.

The plants of *C. submersum* grew up to the specific length which corresponded to the water quality. This length was then almost constant during the vegetative period. Flowering and seed production was low both in the Krvavý fishpond and in the experimental tank. Biomass production was mainly invested in the development of new lateral shoots. The vegetative reproduction (development of lateral shoots and buds) is therefore crucial for the long-term survival of this population.

C. submersum grew almost constantly during the whole vegetation period whereas *C. demersum* vegetative growth declined in the second part of the summer. Mean daily dry matter production was 2.3 mg per day per plant.

Obsah

1. Úvod	7
2. Literární přehled	8
<u>2.1. Vlastnosti vodních makrofyt</u>	<u>8</u>
2.1.1. Základní pojmy	8
2.1.2. Vlastnosti vodního prostředí významné pro makrofyta	10
2.1.3. Ekofyziologické adaptace ponořených makrofyt	13
2.2. Popis růžkatce bradavičnatého (<i>Ceratophyllum submersum</i> L.).....	17
2.2.1. Botanický popis druhu.....	17
2.3. Popis studované lokality.....	19
2.3.1. Třeboňsko.....	20
2.3.2. PR Krvavý rybník.....	21
3. Metodika	24
3.1. Sledování vegetativního a generativního rozmnožování.....	24
3.2. Růstové pokusy.....	25
3.3. Odběr vody.....	27
3.4. Chemické rozbory vody.....	27
4. Výsledky	28
4.1. Kvalita vody (srovnání nádrže a rybníka).....	28
4.2. Teplotní režim vodního prostředí (srovnání nádrže a rybníka).....	28
4.3. Sezónní dynamika populace <i>C. submersum</i> na Krvavém rybníce.....	30
4.4. Růstový pokus.....	34
5. Diskuse	39
5.1. Kvalita vody (srovnání rybníka a pokusné nádrže).....	39
5.2. Průběh teplot.....	40
5.3. Sledování růstových charakteristik na lokalitě.....	41
5.4. Růstový pokus.....	41
5.5. Sledování přírůstků hmotnosti sušiny.....	42
5.6. Srovnání s výsledky a názory jiných autorů.....	42
6. Závěr	43
7. Literatura	44
8. Přílohy	46

1. Úvod

Rostlinný druh růžkatec bradavičnatý, někdy uváděn jako r. ponořený (*Ceratophyllum submersum*) je významnou součástí biodiverzity našich vodních rostlin. Vytváří vhodné prostředí pro rozmnožování a úkryt drobným rybkám. Skutečnost, že tomuto druhu v minulosti nebyla věnovaná téměř žádná pozornost a fakt, že v našich vodách je to druh silně ohrožený, je značně znepokojující.

V rámci spolupráce se sbírkou vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR byl řešen projekt AOPK č. PPK-St023/08 „Monitoring populace *Ceratophyllum submersum*, Krvavý rybník“. V rámci této studie probíhal monitoring populace růžkatce bradavičnatého s cílem: získat aktuální informace o stavu populace, včetně semenné banky a podklady pro návrh hospodaření na rybníce.

Předkládaná práce je součástí týmového výzkumu s cílem zhodnotit sezónní rozvoj populace ohroženého druhu *Ceratophyllum submersum* z hlediska fenologie, produkce biomasy a plodnosti, včetně základních parametrů vodního prostředí.

2. Literární přehled

2.1. Vlastnosti vodních makrofyt

2.1.1. Základní pojmy

Definice vodních makrofyt

Vodní rostliny (hydrofyta) jsou takové rostliny, které žijí ve vodě alespoň svými vegetativními orgány, přičemž obnovovací pupeny mají na orgánech ponořených ve vodě. Takto pojatý ekologický typ je chápán jako krajně extrémní typ hydrofyt. Bahenní rostliny (helofyta) se od pravých hydrofytů odlišují tím, že jsou pod vodní hladinou, nebo v mokré půdě pevně zakořeněné. Stonkový systém helofyt ale může z velké části vyčnívat nad vodní hladinu. Helofyta jsou často schopna kombinovaného způsobu života, tedy jak nad vodou, tak pod vodou, čímž se stávají obojživelnými rostlinami (amfifyta, Hejný 1971).

Rozdělení vodních makrofyt

Hydrofyta (někdy hydatofyta) jsou zpravidla dělena na submerzní a emerzní.

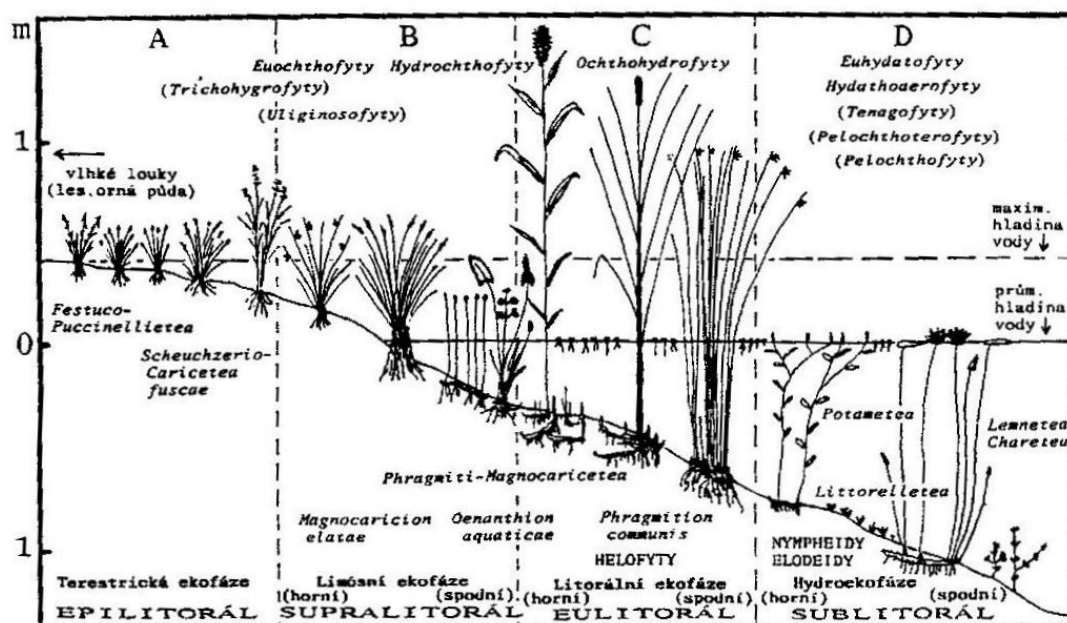
Submerzní rostliny jsou takové, které mají celý povrch těla ponořený pod vodní hladinou. Emerzní makrofyta jsou takové rostliny, které vyčnívají nad vodní hladinu, dále mohou mít vzplývavé listy, pak jde o aerohydrofyta. Submerzní i emerzní rostliny mohou být přichyceny k substrátu, pak se jedná o hydrohaptofyta. Některé jsou do substrátu plně zakořeněny, takové rostliny jsou obecně nazývány hydrorhizofyta. Pokud jsou zakořeněny ve skále, nazývají se hadrolitofyta. Skupina specializovaných hydrofytů na prudce tekoucích vodách se nazývá rheofilní. Některé z nich mají modifikovaný šípovitý list postavený proti proudu (šípatka - *Sagittaria*).

Hejný (1971) rozdělil makrofyta žijící ve vodách a v bahenních cenózách. Toto rozdělení respektuje jejich vztah k roční ekoperiodicitě a jednotlivým ekofázím (EF), a to hydrofázi, litorální, limózní a terestrické ekofáze podle funkce vodního sloupce (obr.1.):

1. Pleustofyta - rostliny náležící pleuston - v povrchové vodní vrstvě, nezakořeňující, nejspíše jen v limózní EF
2. Euhydrofyta - pravé vodní rostliny - (hydrofyta) - s kořeny, vzácně s oddenky, s listy jen ponořenými, hydrofáze a litorální EF
3. Aerohydrofyta - hydrofyta s oddenky nebo kořeny, se submerzními i natantními listy, hydrofáze - limózní EF
4. Tenagofyta - hydrofyta s trvalými jemnými kořeny, s listy submerzními, natantními i emerzními, litorální a limózní EF
5. Ochtohydrofyta - hydrofyta typu tenagofytů - litorální až terestrické EF, z části v hydrofázi
- 6 Hydroochtofyta - hydrofyta s kořenujícími oddenky, hydrofázi až terestrické EF

Pelochtofyta - hydrofyta se svazčitými kořeny, v limózní a terestrické EF

Z tohoto přehledu je zřejmé, že způsob života nejen submerzních a emerzních, ale i helofytických a amfyfytických rostlin je tak rozličný, že často vyvolává jak přizpůsobení anatomické a morfologické, tak i ve fyziologických procesech (Penka 1985).



Obr. 1: Přehled ekofází podle výšky vodního sloupce (převzato z Hejného et al. 1996).

2.1.2. Vlastnosti vodního prostředí významné pro makrofyta

Světlo

Podmínkou rozvoje ponořených rostlin je dostatečné sluneční záření. Výskyt makrofyt je možný pouze v tzv. fotické zóně tj. maximálně do 10 m. Existují i hlubší výskytů rostlin – především mechů a řas (např. parožnatka rodu *Nitellopsis*, Rybka 2004).

Na zakalení a barvě vody je závislá prostupnost světla. Voda pohlcuje především krajní spektra záření tj. infračervené a ultrafialové. Ve vodě je zpravidla výrazně snížena ozáření odrazem světla od hladiny a jeho pohlcením částicemi a rozpuštěnými látkami. Utváření a existenci společenstev makrofyt tedy přímo ovlivňuje hloubka průhlednosti vody.

V případě, kdy dojde k velkému rozvoji fytoplanktonu (nastává např. při zvýšení obsádky kapra v důsledku nadměrného dodávání živin hnojením a krmením), klesá průhlednost vody pod 0,5 m a světlo se stává limitujícím faktorem pro růst vodních makrofyt (Hejný 1971).

Teplota

Kolísání teplot ve vodách je daleko méně výrazné než v terestrickém prostředí. Menší a mělčí vodní plochy jsou teplejší než vodní plochy velké a hluboké. Důležitými faktory jsou také zamrzání hladiny a vytvoření zvláštní teplotní stratifikace s nejteplejší vodou 4 °C u dna během zimního období (Rybka 2004).

Vodní nádrže s větší hloubkou se vyznačují tepelnou stratifikací. Svrchní vrstva se nazývá zvaná epilimnion a zpravidla bývá dobře okysličená. Pod touto vrstvou klesá teplota mnohem rychleji „skokem“. V této vrstvě metalimnionu neboli skočné vrstvě ubývá teplota až o 2 °C na 1 m, kdežto v epilimnionu pod 0,5 °C na 1 m. Pod skočnou vrstvou klesá teplota již pomaleji jen v desetinách stupňů celsia na 1 metr. Tato vrstva se nazývá hypolimnion. Silnější vlnění může zcela rozrušit skočnou vrstvu. V mělkých nádržích a rybnících mírného pásma se může voda prohřívat až ke dnu (Netopil 1984).

Dá se tedy zobecnit, že pro rybníční nádrž obvykle nemá teplotní rozvrstvení zásadní vliv na výskyt vodních rostlin (Rybka 2004).

Chemismus

V nehybné vodě je velmi pomalá difúze rozpuštěných látek (asi o 4 řády pomalejší než ve vzduchu), koncentrace rozpuštěných plynů (O₂, CO₂) ve vodě je obecně jiná než ve vzduchu a závisí na teplotě anebo pH. Ve vodě je naopak rozpuštěno velké množství důležitých minerálních i organických látek, které se nevyskytují ve vzduchu. Vodní prostředí je tedy díky svým vlastnostem dosti izolované od atmosféry a životní procesy vodních organismů mohou zásadně měnit chemismus vody, a tím zpětnou vazbou ovlivňovat výskyt organismů (Rybka 2004).

Kyslík ve vodě

Ve vodním prostředí je zásoba kyslíku nižší než ve vzduchu, protože je jeho rozpustnost ve vodě nižší. Při 20 °C je v jednotce vody 30x méně kyslíku než ve stejném objemu vzduchu (9 mg kyslíku na 1 l vody). Pokud se

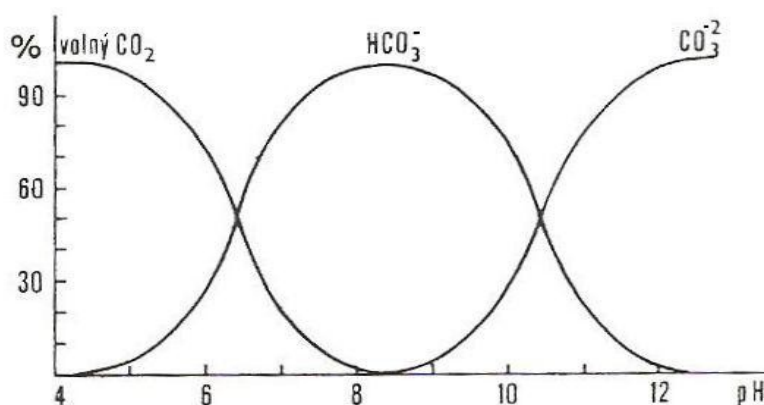
voda zahřeje na 30 °C, rozpustnost se sníží a voda pojme jen 7,4 mg. Naopak pokud se voda ochladí na 1 °C, je možné v ní rozpustit 14,2 mg.

Jelikož rostliny díky fotosyntéze produkují kyslík, dochází k situacím, kdy eutrofní vody za slunného počasí jsou nasycené více než by bylo možné nasycením ze vzduchu. Koncentrace mohou být 150 až 200% (Hejný 2000).

Uhličitanová rovnováha

Rozpustnost oxidu uhličitého je ve vodním prostředí vyšší než rozpustnost kyslíku. Přesto, že ve vzduchu je oxidu uhličitého pouze 0,03%, voda nasycená vzduchem může obsahovat CO_2 řádově v mg. Oxid uhličitý se ve vodě vyskytuje v několika formách, a to jak v plynné (CO_2), tak ve formě iontů (HCO_3^- a CO_3^{2-}), také se vyskytuje jako volná kyselina uhličitá (H_2CO_3). Tyto formy mají tendenci vyskytovat se v rovnováze.

Rovnováha různých forem je závislá na pH (obr. 2.). Pokud přidáme do vody oxid uhličitý, vytvoří se s molekulou vody slabá kyselina uhličitá a pH poklesne. Pokud naopak oxid uhličitý odebereme (např. při fotosyntéze rostlin), pH vzroste.



Obr 2: Poměr zastoupení volného oxidu uhličitého (CO_2), hydrogenuhličitanu (HCO_3^-) a uhličitanu (CO_3^{2-}) v závislosti na pH. Na svislé ose procentické zastoupení, na vodorovné hodnota pH (převzato z Hejného 2000).

Rostliny při fotosyntéze odebírají oxid uhličitý, čímž zvyšují pH. pH během dne tedy stoupá, v eutrofních rybnících jsou běžné hodnoty pH 8 až 9, mohou však být vyšší než hodnoty 10. V takových podmínkách už není přístupný volný oxid uhličitý a ve výhodě jsou rostliny, které jsou schopny využívat pro fotosyntézu i hydrogenuhličitan (Hejný 2000).

Makrofyta přizpůsobená k příjmu hydrogenuhličitanu dokáží zvýšit hodnotu pH až nad 10. Řasy a sinice obecně jsou schopny přijímat anorganický uhlík při ještě vyšších hodnotách pH. Samy jej dokáží zvýšit nad hodnotu 11. V létě se rostliny přizpůsobují na vyšší teploty a nižší koncentrace volného oxidu uhličitého. Jejich schopnost přijímat hydrogenuhličitan je větší v létě než v zimě. Typickými příjemci hydrogenuhličitanu jsou malé rdesty, vodní mor, či řečanka, naopak vodní mechy, bublinatky nebo rostliny rašelinných vod anorganický uhlík při pH 8,5-9 využívat nedokáží (Hejný 2000).

Adaptacemi vodních rostlin na nedostatek oxidu uhličitého ve vodě a využití hydrogenuhličitanu u makrofyt se blíže zabývala např. Knoppová (1994).

Pokud převládá dýchání a do vody je oxid uhličitý dodáván, pak je pH snižováno. Velikost změn pH závisí nejen na množství dodaného, či odebraného oxidu uhličitého, ale i na pufracní schopnosti vody.

Pro blízce příbuzný druh *Ceratophyllum demersum* byla zjištěna schopnost využívat hydrogenuhličitan při vyšších hodnotách pH (Carr 1969), pro *C. submersum* podobný výzkum dosud nebyl proveden.

2.1.3. Ekofyziologické adaptace ponořených makrofyt

Předkové dnešních ponořených rostlin rostli dlouhé období na souši, až s odstupem času v období druhohor a třetihor se opět vraceli do vody a druhotně se přizpůsobovali tomuto prostředí. Dodnes si však ponechali prvky suchozemských rostlin (Adamec 2001).

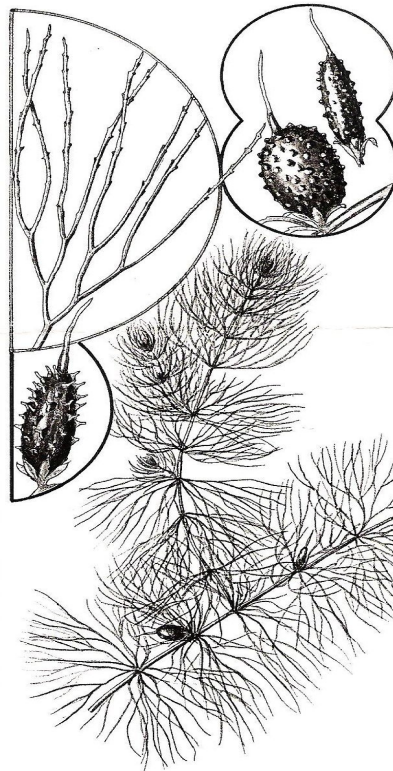
Kořeny

Ponořené rostliny mají zpravidla malý podíl kořenů, přibližně 10-30% z celkové biomasy. Některé druhy např. bublinatky či růžkatce jsou zcela bezkořenné (Adamec 2001).

Kořeny většiny volně plovoucích druhů jsou velmi mohutně vyvinuté – adventivní s bohatě vyvinutým kořenovým vlášením. Vzácně při nižších hladinách uchycují rostliny k podkladu, převážně však slouží k čerpání živin a vody a také ke stabilitě rostliny ve vodním sloupci. Při odstranění kořenů se rostliny potápějí. Nejrozsáhlejší systém svazčitých kořenů s hlavními kořeny a na nich s řadami kořenů postranních vytvářejí tokozela nadmutá (*Eichhornia crassipes*) a babelka řezanovitá (*Pistia stratiotes*). U rodů řezan (*Stratiotes*) a voďanka (*Hydrocharis*) existují rychle rostoucí přímé nevětvené kořeny s kořenovým vlášením po celé své délce. Kořeny řezanu mohou dosahovat délky více než 1 m a přirůstat až 5 cm/den. Kořeny řady druhů mají schopnost vytvořit ve svých povrchových vrstvách v plastidech chlorofyl a být fotosynteticky aktivní. U rodu kotvice (*Trapa*) jsou přítomny kořeny dvojího typu – hřebenitě větvené zelené asimilační kořeny vyrůstající z vyšších nodů lodyhy a nedělené bílé provazcovité přímé kořeny z nejspodnějších nodů, které mnohdy rostliny upevňují k substrátu.

Stavba listů

Řada ponořených rostlin má čárkovité nebo pentlicovité listy (obr.3). Ve všech orgánech došlo k redukci mechanických pletiv a cévních svazků, především xylému, ten u některých druhů může chybět. Listy submerzních rostlin mají vždy tenkou epidermis s chloroplasty, ale zpravidla nenesou průduchy. U některých rostlin je list tvořen dvěma až třemi vrstvami buněk. Všechny orgány rostliny jsou protkány různě velkými vzdušnými kanálky (Adamec 2001).



Obr. 3: Detail listů a plodů růžkatce bradavičnatého (*Ceratophyllum submersum*). List vlevo, semeno vpravo a celkový habitus (převzato z Procházky et al. 1999).

Listy většiny volně plovoucích druhů mají ve své struktuře velké množství vzduchu (až 70 %). U řady druhů jsou navíc na bázi listů či řapících přítomny jakési plováky - aerenchymem vyplněné rozšířené prostory – nejznámější případy jsou babelka řezanovitá (*Pistia stratiotes*), tokozelka nadmutá (*Eichhornia crassipes*) a kotvice plovoucí (*Trapa natans*). Listy plovoucích makrofyt nemají žádné zpevňovací struktury – aerenchym v listech má kromě nadnášení i funkci zpevňovací spolu s celkovým turgorem listů. Listy volně plovoucích makrofyt překvapivě nemají příliš rozvinuté struktury zabraňující smáčení listů, kutikula není nijak výrazná, vosková vrstvička je však obvykle vyvinuta. Tyto druhy (např. r. *Hydrocharis*, *Trapa*) mají stavbu listů velmi podobnou listům nymphaeidů tj. s polaritou – asimilační funkce a výměna plynů probíhá na svrchní straně a zpevňovací funkci má strana spodní (Rybka 2004).

Kvetení

Ke kvetení ponořených makrofyt dochází jak nad vodní hladinou (bublinatka, aldrovanda), tak pod vodní hladinou, kde také často semena a plody dozrávají. Druhy, které kvetou pod vodou (rod *Ceratophyllum*, *Najas*, *Groenlandia*, *Zannichellia*, některé druhy r. *Callitriche* aj.) mají redukované až bezobalné květy. Přenos pylu zprostředkovávají vodní živočichové (hydrozoogamie) nebo samotná voda (hydrogamie). U mnoha ponořených druhů znamená vyschnutí semen ztrátu jejich klíčivosti (Adamec 2001).

Přezimování

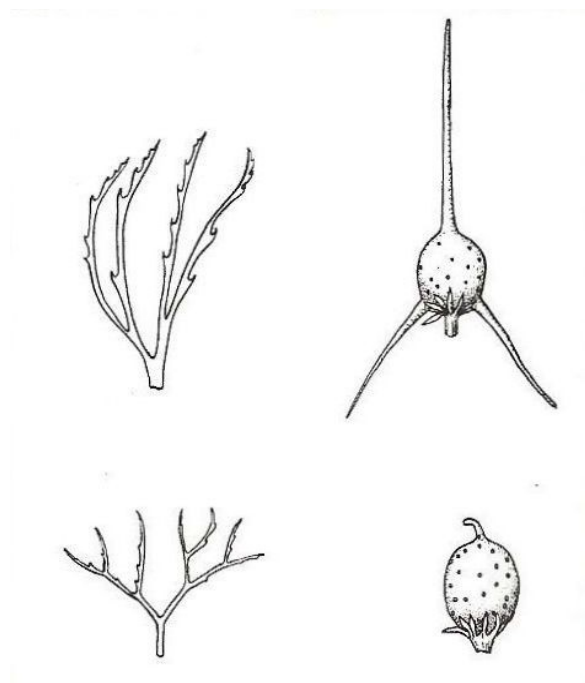
U mnoha ponořených rostlin se jako vývojová adaptace vytvářejí přezimovací pupeny, takzvané turiony. Jedná se o pozměněné vzrostné vrcholy se zkrácenými, ztlustlými a nahloučenými listy, které obsahují chlorofyl. Tuto modifikaci můžeme pozorovat u rostlin vyskytujících se v subtropickém až subarktickém pásmu. Turiony vznikají jako reakce na změnu délky dne a pokles teploty. Rostliny je začínají vytvářet na podzim. Tuto adaptaci můžeme sledovat i u volně plovoucích rostlin. Přes svojí významnou schopnost odolávat mrazu turiony přezimují u dna, kde je voda nejteplejší. Musí však čelit silnému nedostatku světla a v důsledku toho i anaerobním podmínkám. Turiony bezkořenného druhu růžkatce ostnitého (*Ceratophyllum demersum*) jsou těžší než voda a jsou tedy schopny klíčit i v anaerobních podmínkách. Turiony některých bublinátek jsou však lehčí než voda, ale na zimu jsou stahovány ke dnu těžkými těly rostlin. Když na jaře tato těla odumřou, mohou turiony vyplavat k hladině a klíčit v potřebných aerobních podmínkách. Signál ke klíčení pro všechny turiony jsou: prodloužení denní doby a zvýšení teploty (Adamec 2001).

2.2. Popis růžkatce bradavičnatého (*Ceratophyllum submersum* L.)

2.2.1. Botanický popis druhu

Tento druh je velice podobný růžkatci ostnitému a však je poněkud jemnější (obr. 4.). Délka lodyhy se pohybuje od 0,3 m až po 1,2 m, listy rostou v 7-10 členných přeslenech, jsou 3 až 4x vidličnatě dělené, jemné, světle zelené s 5 až 12 koncovými úkrojky, řídce a nezřetelně zubatými. Květy jsou přisedlé v paždí listů a mají 7–12 okvětních lístků zelené barvy. Semenem je oříšek okrouhle vejčitého tvaru, dlouhý 3–5 mm a široký 2,5–3,0 mm. Povrch je jemně bradavičnatý, či výjimečně hladký, na vrcholu je patrný krátký zbytek čnělky.

Kvete a vytváří plody pod vodou. Z prašnickových květů se uvolňují tyčinky, kterých bývá 6 až 16, a ty vyplouvají na hladinu, kde uvolňují pyl. Ten klesá na blizny ponořených květů. Pestíkový květ má vždy jeden pestík s krátkou čnělkou (Slavík, Husák et Hejný 1988).



Obr. 4: Detail semene a listu. Nahoře *C. demersum*, dole *C. submersum* (převzato z Hejného 2000).

2.2.2. Rozšíření a ekologie

Tato rostlina je rozšířena v Evropě, Asii a severní Africe. U nás se vyskytuje v nejteplejších oblastech, to je hlavně střední Polabí a jižní Morava. Přechodně se též nachází v Třeboňské a Českobudějovické pánvi.

Roste ve stojatých a pomalu tekoucích mezotrofních až eutrofních vodách (euhydatofyt). Roste z hloubky 20-60 cm, nejčastěji v tůních a ramenech říčních aluvií (hydrofil), vzácněji v rybnících a lučních příkopech. Semena tohoto rostlinného druhu jsou přenášena lokálně pomocí vody (hydrochoricky), či díky vodnímu ptactvu na větší vzdálenosti (ornitochoricky). Charakteristickou podmínkou výskytu je přímé sluneční záření, které je částečně tlumené výškou vodního sloupce (heliosciofyt), další příznivou podmínkou je vyšší hodnota pH (bazofil), či koncentrace rozpuštěného dusíku (nitrofil) (Procházka et al. 1999).

Ceratophyllum submersum je kriticky ohrožený a zákonem chráněný druh naší přírody. V prováděcí vyhlášce 395/1992 Sb. Zákona 114/1992 Sb. Příloha č II je tento druh prohlášen za silně ohrožený (<http://portal.gov.cz/>, 2.4. 2009).

Populace této rostliny poskytuje úkryt i místo pro rozmnožování vodních organismů. Podílí se na pestrosti druhové skladby našich vodních rostlin. Pro udržení tohoto druhu je nutné zachovávat stojaté vody a udržovat i hladinu podzemních vod (Procházka et al. 1999).

2.3. Popis studované lokality

Krvavý rybník se nachází 8 km JV od Jindřichova Hradce poblíž obce Hospříz. Rozlohou zabírá plochu o rozloze 127,00 ha. V roce 1994 byla oblast vyhlášena jako PR Krvavý a Kačležský rybník. Rybník se nachází v zemědělsky obhospodařované krajině. Rybník sousedí se stejnověkou smrkovou monokulturou, sečenými loukami a těžební plochou rašeliny. Na JV okraji se nachází depónie, které jsou zarůstány náletovými dřevinami (viz foto 1). Tyto jsou pak významné jako hnízdiště a úkryt pro protahující ptactvo.



Foto 1: Letecký snímek sledované lokality. Depónie označeny červenými kruhy. Uprostřed rybníka se nachází ostrov s kolonií kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo*). (maps.google.cz, 3.4.2009).

2.3.1. Třeboňsko

Krvavý rybník tvoří nejvýchodnější cíp Třeboňska podle fytogeografického členění (Skalický 1988)

Podnebí

Podnebí je přechodného střeoevropského typu, v němž se střídavě uplatňují vlivy oceánu na západě a vlivy pevniny na východě, takže počasí má značně proměnlivý průběh. Podle klimatické klasifikace České republiky patří území do mírně teplé a vlhké oblasti. Třeboňská pánev, jakožto jedno z nejnižše položených území jižních Čech, vykazuje průměrné roční teploty od 7,5 do 8°C. Nejteplejším měsícem roku bývá zpravidla červenec, jehož průměr dosahuje 17,2 až 18,1°C. Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnými hodnotami -1,9 až -2,4°C. Letních dnů s teplotami nad 25°C má Třeboňsko v průměru 40–50, nejvíce jich připadá na červenec (13–14). Maximální teploty téměř každoročně překračují 30°C, výjimečně 35°C. Svou roli na tvorbě klimatu hraje i množství vodní plochy v krajině. Pro Třeboňskou pánev jsou charakteristické četné inverze s bezvětřím a mlhami. V přízemní vrstvě atmosféry proto v zimě klesají teploty vzduch často až extrémně nízko a ve vegetačním období mohou inverze způsobit přízemní mrazíky (Šebek 1987).

Geomorfologie a geologie

Třeboňskou krajinu tvoří plochý a málo zvlněný reliéf, která je výsledkem dlouhého geomorfologického vývoje. Třeboňské usazené horniny vznikly vlivem poklesu a zdvihání podél zlomu. Nacházejí se na podloží krystalických hornin. Za nejvýznamnější horniny v celé Třeboňské pánvi jsou považovány jílové druhohorní usazeniny, takzvané klikovské souvrství. Opakované usazování a poklesy způsobily střídání dvou charakteristických složek. Tvoří mozaiku písčitých a jílovitých půd (Dykyjová 2000).

Třeboňská pánev se tvořila v posledním období druhohor usazováním rozrušených hornin, splavovaných z masivu nejstaršího krystalinika do

mělkých jezer. Tektonickou činností se usazené horniny později rozlámaly v kry, které se podél zlomů zdvihaly a později znovu poklesaly do různých nadmořských výšek a byly pak zaplaveny novou soustavou jezer. Tam se opět usazovaly splavované horniny, takže se nakonec zformovala poměrně plochá, málo členitá tzv. parovina v nadmořské výšce 400-500 m n. Druhohorní i třetihorní usazeniny Třeboňské pánve svědčí o někdejších rozsáhlých vodních plochách na tomto území. Pískové a jílové usazeniny obsahují pozůstatky subtropického rostlinstva, které kdysi bujelo na místech, kde voda poklesla.

Převážná část usazenin Třeboňské pánve, tvořená klikovským souvrstvím je stáří svrchnokřídového. Na západě je více překryto usazeninami třetihorními, údolní nivy potoků a řek jsou zaneseny čtvrtohorními náplavy. Na východě navazují druhohorní a třetihorní usazené horniny na staré žulové a rulové krystalinikum českomoravské vysočiny. Krystalinikum na Třeboňsku je tvořeno tvrdými muskoviticko-biotickými dvojslídnyými žulami a granodiority, u Lutové kordieritickými rulami a migmatity a v blízkosti Stříbřce muskoviticko-biotickými ortorulami.

Další usazování rozrušených hornin pokračovalo i ve čtvrtohorách, kdy byly z rozlehlých nezalesněných ploch odnášeny štěrkopísky do údolí větších říčních toků-Lužnice a Nežárky. Mladší naplaveniny mají vyšší obsah organických látek splaveného humusu. Tvoří současné záplavové nivy podél vodních toků (Dykyjová 2000).

2.3.2. PR Krvavý rybník

Přírodní podmínky

Rybník leží v protáhlé sníženině SV-JZ v nadmořské výšce 530-545 m. n. m. Horninový podklad tvoří středně zrnitá dvojslídňá žula číměřského typu. Dno rybníka tvoří naplavené písky a písčité hlíny. Východně od Krvavého rybníka se nachází ložiska rašeliny (Albrecht et al. 2003).

Rostlinstvo

Litorál rybníka lemují vzrostlé rákosiny s převažujícím zastoupením rákosu obecného. Občasně dominují orobinec úzkolistý či zblochan vodní, častý je i kamyšník přímořský (*Bolboschoenus maritimus*). U jihovýchodního okraje, v blízkosti litorálu, je z části zachované společenstvo vysokých ostřic s dominantní ostřicí plstnatoplodou (*Peucedano–Caricetum lasiocarpae*) (Albrecht et al. 2003). Koncem devadesátých let zde vypukla populační exploze růžkatce bradavičnatého (*Ceratophyllum submersum*).

Živočichové

Rybníční plocha tvoří významné prostředí pro existenci vodního a mokřadního ptactva. Zejména pro různé druhy kachen slouží tato přírodní rezervace jako shromaždiště či zastávka při tahu. Na ostrově Krvavého rybníka vznikla méně početní kolonie kormorána velkého, která se zde vyskytuje dodnes. V této přírodní rezervaci se hojně vyskytují i různé druhy plazů obojživelníků a hmyzu. Při realizaci odběrů jsem zaznamenal výskyt vydry říční, volavky bílé a šedé.

Historie druhu na lokalitě

V roce 2001 bylo zaznamenáno silné zarostení růžkatcem bradavičnatým (*Ceratophyllum submersum*) a dalšími rostlinnými druhy. V předchozích letech byl rybník obhospodařován s rostoucí intenzitou (r.1998 byla obsádka 30 000 ks kapra a v r.1999 byla zvýšena na 42 000ks), avšak rok před touto populační explozí byl ponechán rybník bez obsádky.

V rámci projektu VaV „Management rybníkářského hospodaření šetrného k přírodě“ byl tento rybník v r. 2001 sledován pracovníky Botanického ústavu AV ČR. Sledováním se zjistil masový výskyt růžkatce na rybníku Krvavý (Husák et al. 2001). V jihovýchodní a východní části litorálu se vyskytovala naplavená vegetace s dominantními *Ceratophyllum submersum* a *Elodea canadensis*. Zátoky podél JV pobřeží byly zcela zarostlé růžkatcem. V následujících letech populace růžkatce zásadně

poklesla. V rámci stejného projektu byl v r. 2003 proveden rozbor vody (Husák et al. 2003), avšak druh nebyl zaznamenán (9.9.2003). V tomto roce byl také pozorován silný výskyt vodního květu a početné hejno labutí – cca 100 ks. I když byla počáteční obsádka kapra v následujících letech snižována, masový výskyt druhu již nebyl zaznamenán.

3. Metodika

3.1. Sledování vegetativního a generativního rozmnožování

Při výjezdech na sledovanou plochu jsem vždy náhodně odebral 10 exemplářů (foto 2). Tyto rostliny jsem uložil do uzavíratelné plastové nádoby s vodou z rybníka tak, aby rostliny byly ponořené. Rostliny jsem odebíral po celé ploše břehu, kde se vyskytovaly, aby vybraní jedinci reprezentovali podmínky celého území. Ihned po dopravení vzorků na pracoviště BÚ jsem zaznamenal do tabulek tyto hodnoty: celková délka, počet vrcholů a přeslenů, množství semen a květů.

Po vysušení do konstantní hmotnosti při 60 °C byla stanovena hmotnost sušiny jednotlivých rostlin. Tyto získané informace jsem zpracoval do tabulek (příloha 19). Tento postup jsem opakoval přibližně ve 14 denních intervalech. Termíny jednotlivých odběrů byly: 7.8. 08; 21.8.08; 4.9.08; 2.10.08.



Foto 2: Detail rostliny vybrané náhodným odběrem z Krvavého rybníka (21.8.08)

3.2. Růstové pokusy

Všechny pokusné rostliny byly pěstovány v nádrži BÚ (foto 3) o rozměrech 37x140x180 cm a o objemu 932 400 cm³. Z Krvavého rybníka jsem odebral deset přibližně stejných jedinců, které jsem zkrátil na 6 přeslenů, přičemž byly zachovány hlavní růstové vrcholy (foto 4). Tyto rostliny jsem jednotlivě označil červenou nití mezi 3. a 4. přeslenem. Na nitkách jsem udělal různý počet uzlů pro pozdější odlišení jednotlivých rostlin. Tyto hodnoty byly zpracovány do tabulek (příloha 2). Stejným způsobem jsem upravil rostliny *C. submersum* původem ze sbírky BÚ a rostliny *C. demersum* z Travičního rybníka nedaleko Libořez. Barva nitě pak definovala druh a původ při pozdějším zaznamenávání přírůstků, větvení a konečné biomasy. Sledování jsem opakoval v 8–10-ti denních intervalech během srpna a září 2008 (30.7.-8.9.).



Foto 3: Nádrž v BÚ AV ČR v Třeboni se zastiňovacím laťovým roštem, kde byly rostliny pokusu sledovány.

V nádrži bylo písčité dno a byla zakryta laťovým roštem, který chránil rostliny před přímým slunečním svitem. Do nádrže a rybníka byly umístěny datalogery pro sledování a zhodnocení průběhu teplot. Z nádrže byl odebrán vzorek vody k chemickému rozboru. Chemismus vody rybníka byl zjišťován v rámci projektu zadaného pro BÚ (Kučerová et al. 2008).

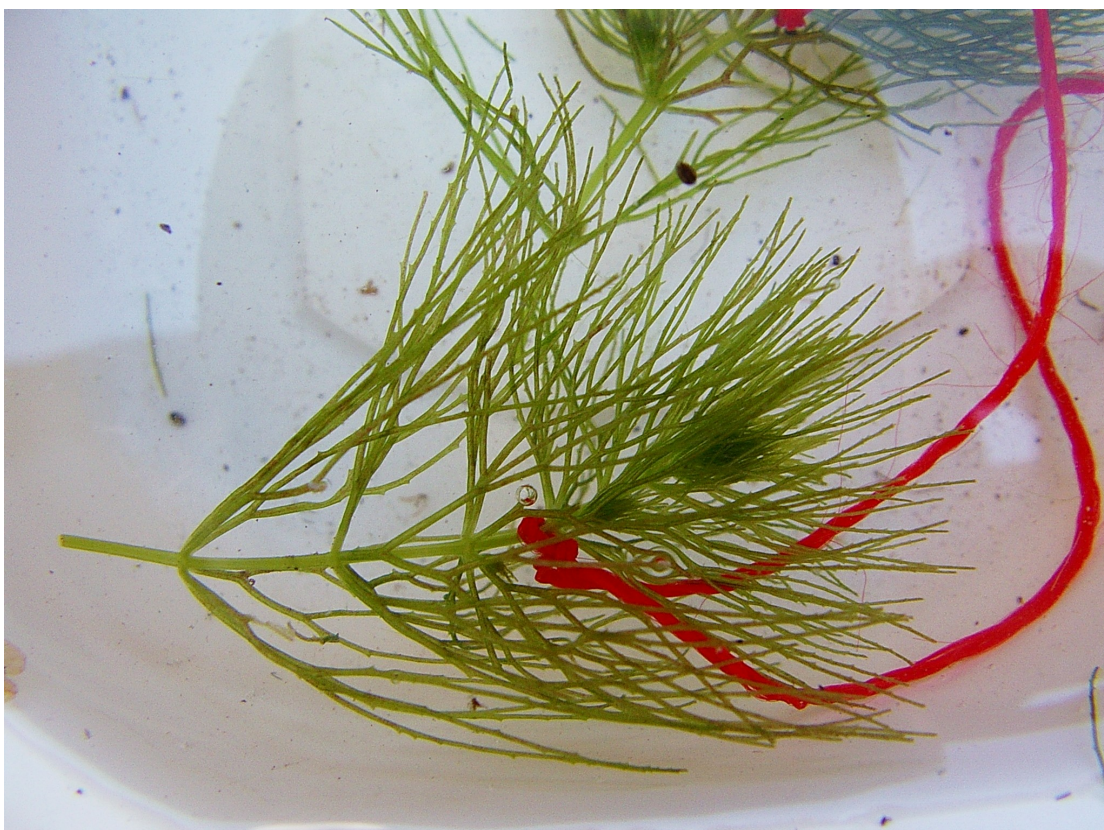


Foto 4: Zkrácená, změřená a označená rostlina *C. submersum* použitá pro založení růstového pokusu.

Měření přírůstků

Měření přírůstků na rostlinách probíhalo tak, že jsem z nádrže vylovil všechny rostliny a podle nití jsem určil druh a pořadové číslo rostliny. Po dobu měření jsem uchovával rostliny v misce s vodou z nádrže, aby nedošlo k oschnutí nepoužívaných rostlin. U rostlin jsem zaznamenával celkovou délku, počet přeslenů a růstových vrcholů, počet semen a květů. Po ukončení měření jsem rostliny opět vrátil do nádrže, kde jsem je rovnoměrně rozprostřel po celé ploše.

Po ukončení pokusu jsem rostliny sušil při 60°C do konstantní hmotnosti. Získanou sušinu jsem zvážil na analytické váze s přesností na čtyři desetinná místa (příloha 3). Před pokusem bylo stejným způsobem usušeno a zváženo dvacet rostlin upravených pro založení pokusu (délka 6 přeslenů).

3.3. Odběr vody

Vzorky vody jsem odebíral do 1-litrových plastických uzavíratelných láhví. Láhev jsem opatrně ponořil až po hrdlo, tak aby nedošlo k promíchání vody. Poté jsem láhev rychle ponořil pod hladinu do hloubky 20 až 30 cm, počkal až se zcela naplní a pak jsem ji rychle vyňal z vody. Dobře zavřené lahve jsem ještě ten den dopravil do laboratoře BÚ k rozboru. Voda pro chemické rozboru byla odebírána z litorálu v místech výskytu druhu. Vzorky vody byly odebírány v těchto dnech: 20.5. 2008, 9.6. 2008, 29.7. 2008, 6.8. 2008, 4.9. 2008. Voda z nádrže v BU se odebírala v termínech 6.8.2008 a 4.9.2008

3.4. Chemické rozboru vody

Rozboru byly provedeny v Analytické laboratoři v Botanickém ústavu AV ČR v Třeboni a v chemické laboratoři při ZF JČU v Českých Budějovicích (kationty).

Elektrická vodivost a pH byly měřeny v laboratoři bezprostředně po odběru. Anionty (N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄, Cl, SO₄), celkový fosfor a celkový dusík byly stanoveny na analyzátoru FIAstar 5010, Tecator (Švédsko) kolorimetricky. Celková alkalita byla stanovena titrací 0,01 M HCl do konečného pH 4,4. Koncentrace kationtů (Ca, Mg, K, Na, Fe a Al) byly stanoveny pomocí atomové absorpční spektroskopie (Varian Austrálie).

4. Výsledky

4.1. Kvalita vody (srovnání nádrže a rybníka)

Voda v pokusné nádrži v BÚ byla o něco bohatší na fosfor a vápník. Vyšší byla i celková vodivost, alkalita a pH.

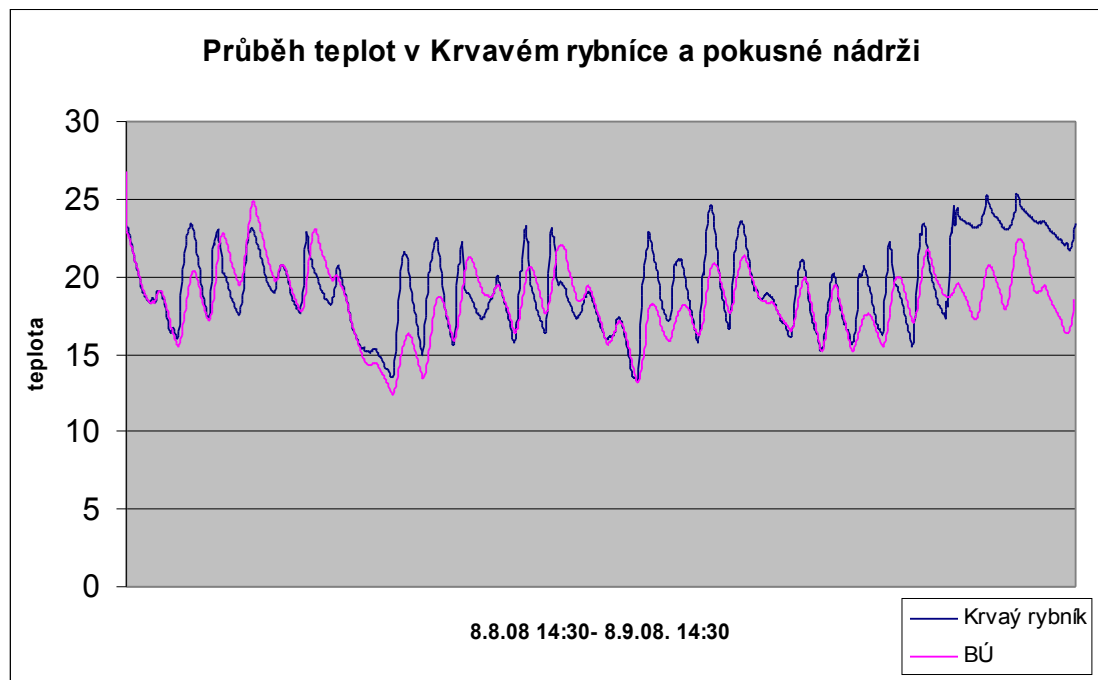
Tab. 1: Srovnání chemických vlastností vody v pokusné nádrži v BÚ a Krvavém rybníce.

	6.8.2009			4.9.2009		
	Krvavý rybník	BÚ pokus		Krvavý rybník	BÚ pokus	
Al	0,3	0,3	mg/l	< 0,5	< 0,5	mg/l
alkalita	1,79	2,88	mmol/l	0,90	2,58	mmol/l
BSK5	11,44	2,32	mg/l	12,54	3,06	mg/l
Ca	19	42,2	mg/l	14,0	44,1	mg/l
Cl	10,01	9,53	mg/l	13,216	12,414	mg/l
Fe	0,52	0,15	mg/l	0,100	0,080	mg/l
Chlorofyl a	174,7	7,86	ug/l	290,798	5,926	ug/l
K	2,97	6,4	mg/l	2,93	7,08	mg/l
Mg	3,26	5,57	mg/l	3,14	6,38	mg/l
N-NH4	2,62	22,7	ug/l	16,71	9,31	ug/l
N-NO2	1,76	2,13	ug/l	1,76	1,86	ug/l
N-NO3	218,17	33,9	ug/l	10,846	10,274	ug/l
Na	8,57	7,87	mg/l	9,49	8,41	mg/l
P-PO4	53,62	200,26	ug/l	29,951	116,512	ug/l
pH	6,81	7,88		8,39	8,02	
SO4	28,72	36,07	mg/l	33,424	37,731	mg/l
TN	1268,76	1199,15	ug/l	0,871	0,785	ug/l
TP	96,5	263,59	ug/l	147,635	218,001	ug/l
vodivost	148	256	uS/cm	143	295	uS/cm

4.2. Teplotní režim vodního prostředí (srovnání nádrže a rybníka)

Porovnání teplot za období 8. srpna 08 v 14:30 až 8. září 08 ve 14:30 je uvedeno na obr. 5. Teplota v pokusné nádrži BÚ nekolísala výrazněji než v rybníce. Teploty v pokusné nádrži kolísaly v rozmezí od 12,4°C do 26,8°C, průměrná hodnota byla 18,4°C. Teploty v Krvavém rybníce kolísaly v rozmezí

od 13,2 do 25,3°C, průměrná hodnota byla 19,4°C. Průměrná teplota v nádrži byla vyšší o 1° Celsia.



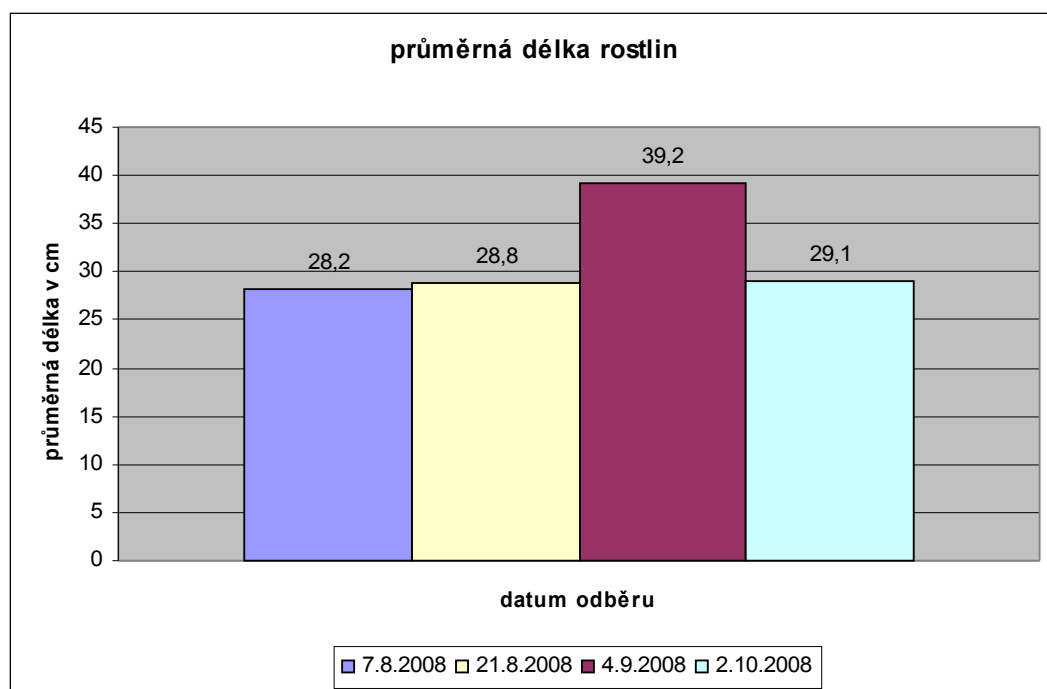
Obr. 5: Porovnání teplot vody v 30 cm pod hladinou během období 8.8.-8.9.2008 v pokusné nádrži (fialová křivka) a v rybníku Krvavý (modrá křivka) v místech výskytu populace *C.submersum*.

4.3. Sezónní dynamika populace *Ceratophyllum submersum* na Krvavém rybníce

Při náhodných odběrech rostlin z Krvavého rybníka jsem na měřil tyto hodnoty:

Průměrná délka rostlin

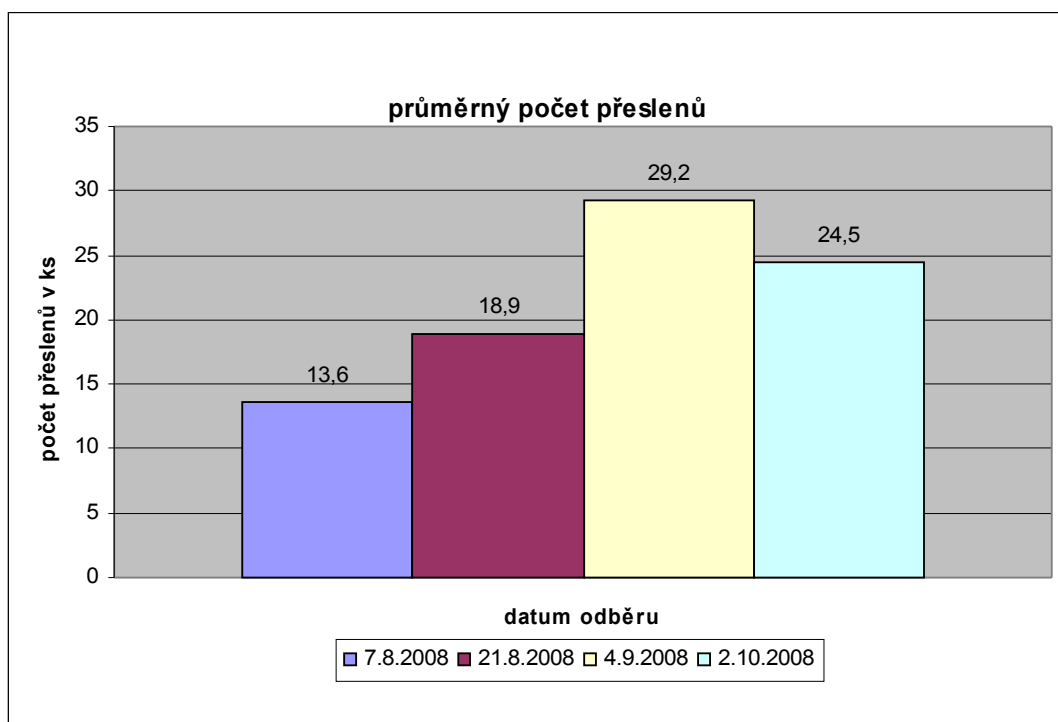
Při odběru dne 7.8.08 dosahovaly rostliny průměrné délky 28,2 cm, dne 21.8.08 činila 28,8 cm, 4.9.08 byla průměrná délka největší, dosáhla hodnoty 39,2 cm a následně ke dni 2.10.08 stagnovala a dosahovala pouze 29,1cm (Graf 1).



Graf 1: Průměrné délky rostlin *C.submersum*. (10 opakování) z náhodných odběrů v období srpen-září 2008, Krvavý rybník.

Počet přeslenů

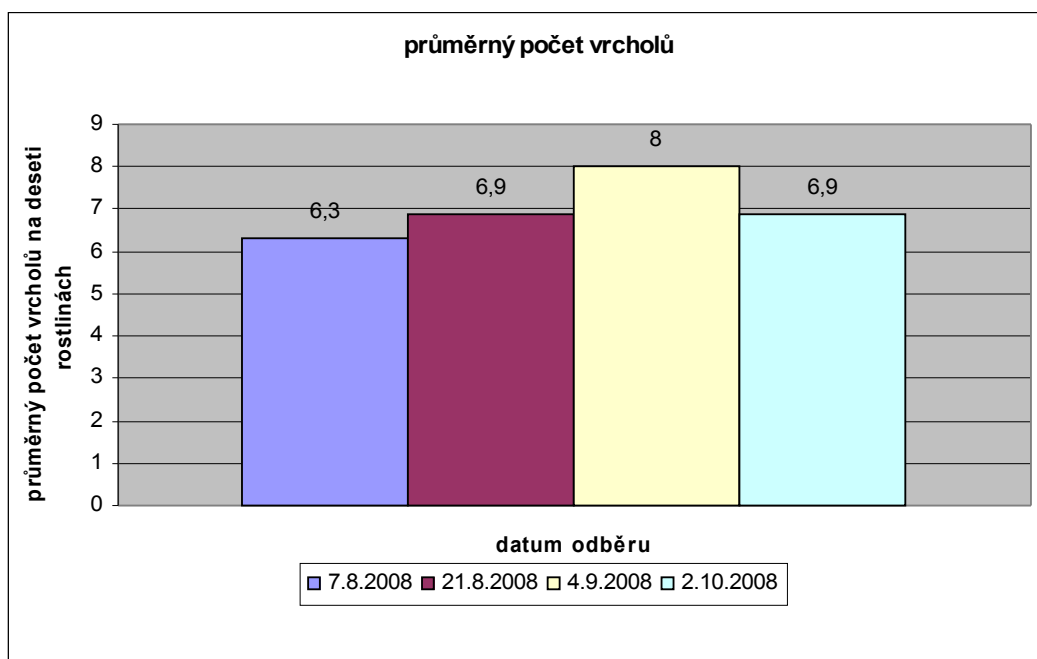
Začátkem náhodných odběrů 7.8.08 měly rostliny nejnižší průměrný počet přeslenů, a to 13,6. Dále se počet přeslenů zvyšoval na průměrnou hodnotu 18,9 ke dni 21.8.08. Nejvyšší počet jsem zaznamenal 4.9.08, kdy průměrný počet dosahoval hodnoty 29,2. Při posledním odběru (2.10.08) průměrný počet přeslenů klesl na 24,5 (Graf 2).



Graf 2: Průměrný počet přeslenů na náhodně odebraných rostlinách *C. submersum* za období srpen-září 2008, Krvavý rybník.

Počet vrcholů

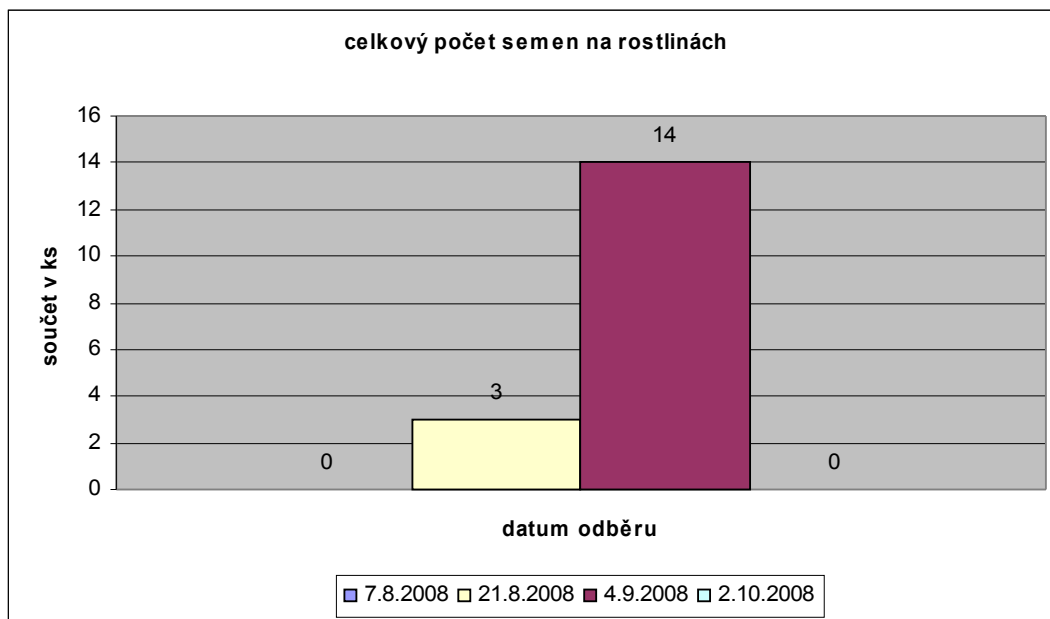
Vývojová křivka průměrných počtů vrcholů měla stejný průběh jako u počtu přeslenů (graf 3). Dne 7.8.08 jsem napočítal v průměru nejméně vrcholů, a to 6. Dne 21.8.08 jsem napočítal průměrně 7 vrcholů. Nejvíce vrcholů jsem zaznamenal (4.9.08), v průměru 8 vrcholů. Ke dni 2.10.08 průměrný počet klesl na 7.



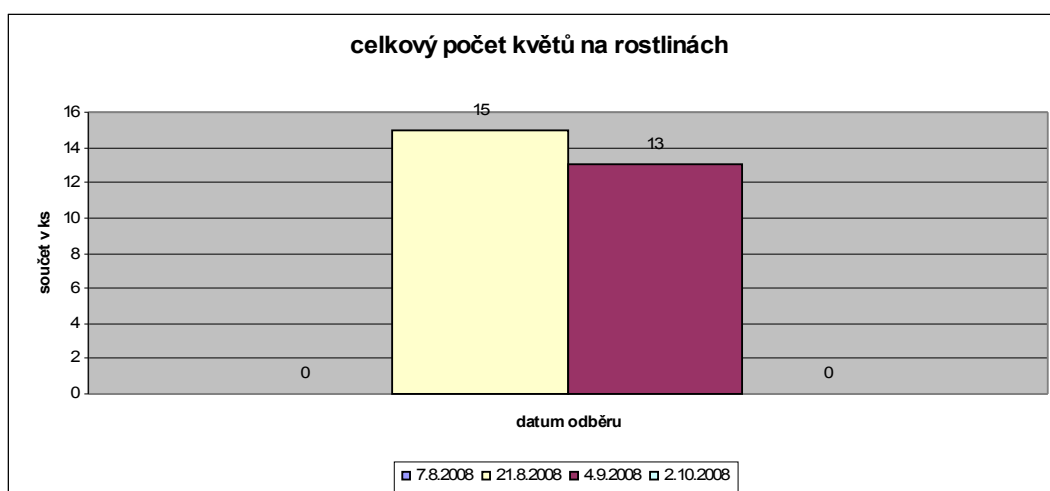
Graf 3: Průměrný počet vrcholů náhodně odebíraných rostlin z Krvavého rybníku za období 7.8.-2.10.2008.

Počet květů a semen

Při odečítání v prvním a posledním termínu (7.8.08 a 2.10.08) jsem na rostlinách nenalezl žádné květy ani semena. Ve druhém termínu odečítání (21.8.08) jsem zaznamenal celkem 15 květů a 3 semena (graf 4 a 5) na deseti měřených rostlinách. Ve třetím termínu (4.9.08) jsem napočítal celkem 13 květů a 14 semen na deseti měřených rostlinách.



Graf 4: Graf celkového počtu semen. Náhodně odebíráno vždy po 10ks rostlin.

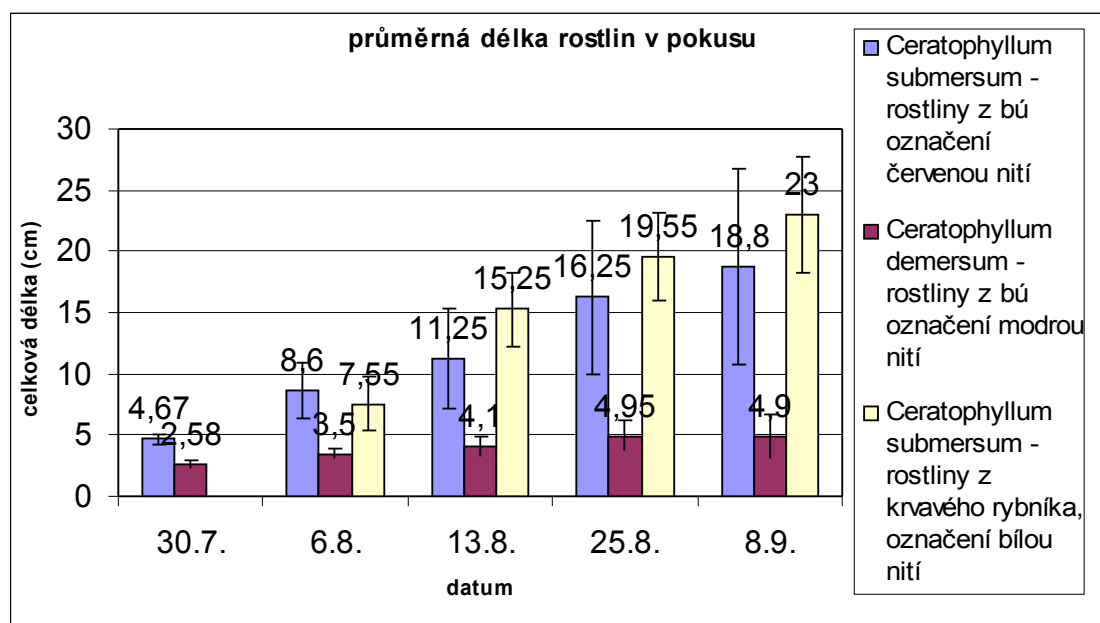


Graf 5: Graf celkového počtu květů na náhodně odebíraných rostlinách.

4.4. Růstový pokus

Délka rostlin

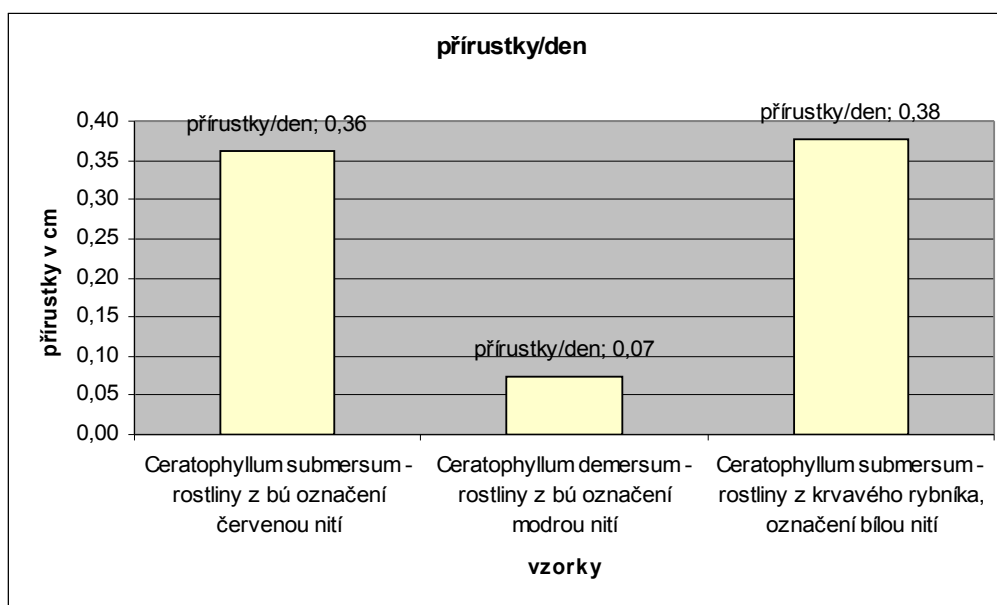
Vitalita *C. submersum* ze dvou populací (sbírka BÚ a Krvavý rybník) byla podobná, podobný byl i vývoj rostlin. Na začátku pokusu měřily rostliny v průměru 8 cm a na konci pokusu měly rostliny z Krvavého rybníka 23 cm a rostliny ze sbírky 18,8 cm. Naopak, průměrná délka rostlin druhu *C. demersum* vzrostla pouze z počátečních 2,6 cm na 4,9 cm (graf 6).



Graf 6: Graf průměrných délek rostlin ukazuje průběh růstu jednotlivých populací sledovaných v pokusné nádrži v BÚ za období 30.7.-8.9. 2008. Sloupce – průměry, úsečky – směrodatné odchylky.

Denní přírůstky

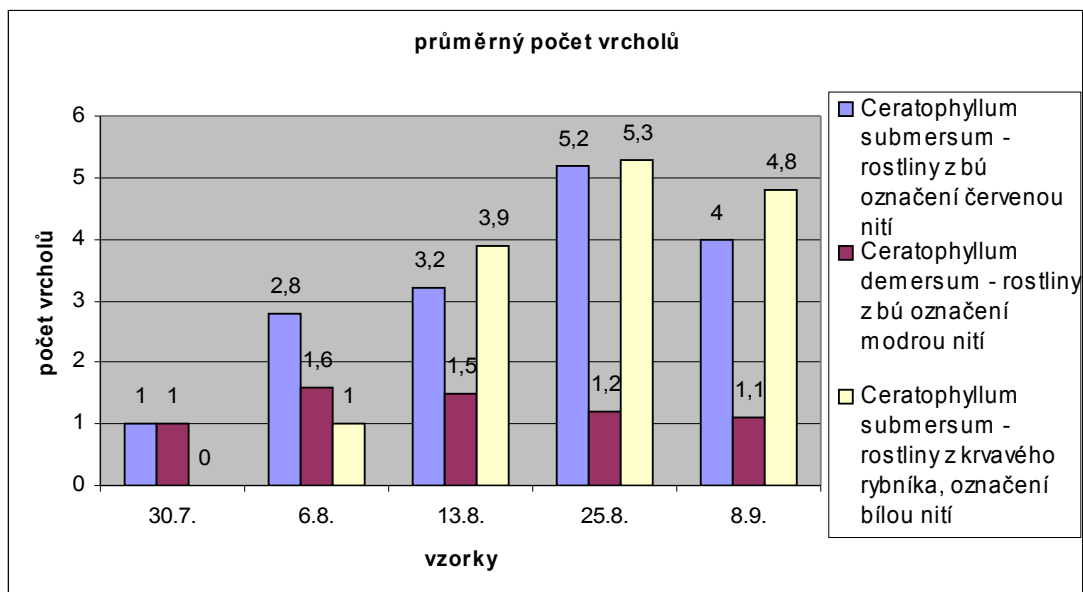
Z grafu 7 je zřejmé, že průměrné denní přírůstky rostlin *C. submersum* původem ze sbírky BÚ byly 0,36 cm, tedy přibližně 3,6 cm za 10 dnů. O málo vyšší hodnoty jsem zaznamenal u *C. submersum* původem z Krvavého rybníka - 0,38 cm/den, tedy 3,8 cm za 10 dnů. Nejnižší přírůstky jsem naměřil u druhu *C. demersum* (pouhých 0,07cm /den, to znamená cca 0,7 cm za 10 dnů).



Graf 7: Srovnání průměrných denních přírůstků dvou populací *C. submersum* a *C. demersum* v pokusné nádrži za období 30.7-8.9.2008.

Počet vrcholů

Vývoj tvorby vrcholů na rostlinách druhu *C. submersum* byl podobný v obou populacích. Z počátečního jednoho hlavního růstového vrcholu měly rostliny dne 25.8.08 v průměru 5,2 a 5,3 vrcholů. Populace *C. demersum* na bočních vrcholech vytvořila pupeny, které s odstupem času zřejmě opadaly (graf 8).



Graf 8: Průměrný počet vrcholů u rostlin sledovaných v růstovém pokusu za období 30.7.-8.9. 2008.

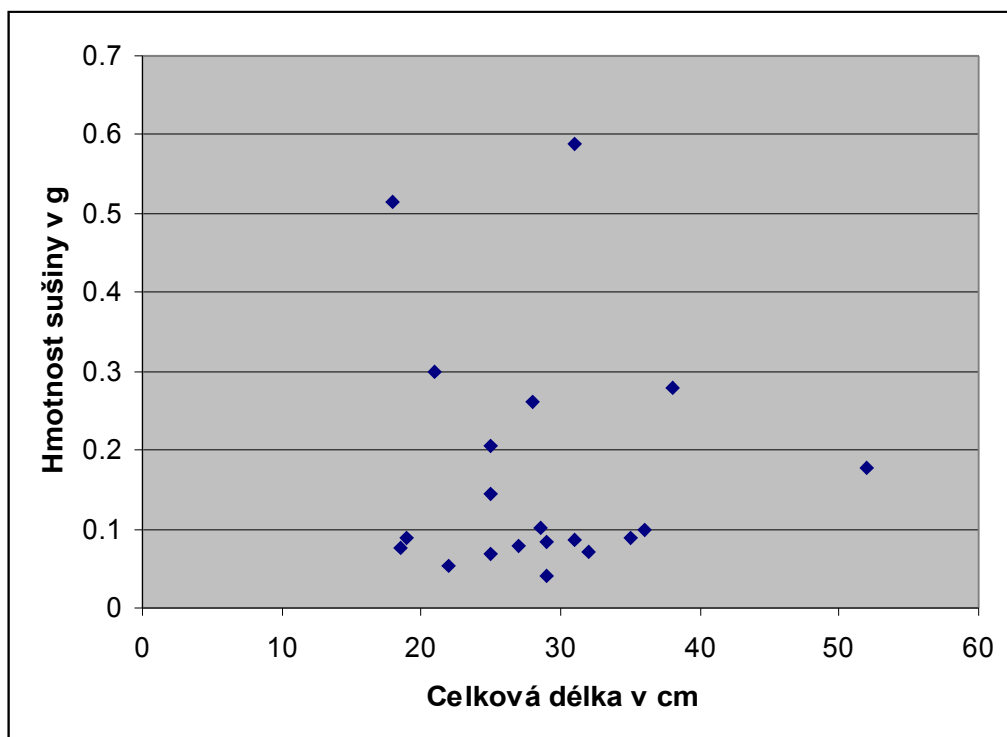
Počet květů a semen

Rostliny v pokusné nádrži BÚ nezakládaly téměř žádné květy, tudíž se nevytvořila ani semena.

Hmotnost sušiny rostlin z náhodných odběrů

Hmotnost biomasy (sušiny) rostlin z náhodných odběrů měla rostoucí charakter. Dne 7.8. vážila sušina průměrné rostliny 0,07g. O čtrnáct dní později rostliny vážily v průměru již 0,26g. Od 4.9. nebyla sušina biomasy stanovena. Na některých rostlinách se vyskytovala semena, která byla ponechána k dozrání na pozdější zkoušky klíčivosti.

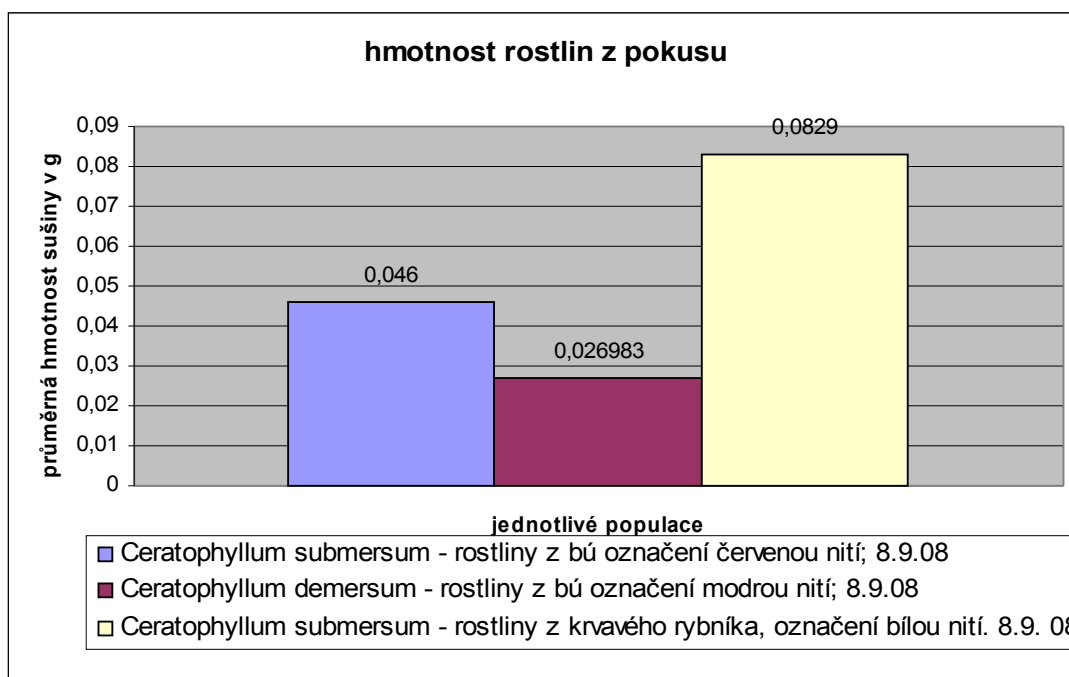
Nebyla nalezena průkazná závislost sušiny na délce hlavního prýtu (viz graf 9).



Graf 9: Závislost hmotnosti sušiny na celkové délce hlavního prýtu na rostlinách odebíraných z Krvavého rybníka.

Hmotnost sušiny rostlin po ukončení růstového pokusu

Po ukončení pokusu byly rostliny usušeny a byla stanovena jejich průměrná sušina biomasy. Nejvyšší hmotnost sušiny měly rostliny původem z Krvavého rybníku (0,08g). Rostliny, které pocházely ze sbírky BÚ měly hmotnost sušiny 0,04g. Nejmenší hmotnost sušiny měly rostliny *C. demersum* (0,02g, graf 10).



Graf 10: hmotnost sušiny rostlin použitých v pokusné nádrži BÚ.

Počáteční hmotnost sušiny byla 0,0106g (viz příloha 3). Konečná průměrná hmotnost sušiny byla 0,0829g. Průměrný denní přírůstek tedy činil 2,3mg/den.

5. Diskuse

Druh se na Třeboňsku vyskytl až koncem 80. let, pravděpodobně díky jeho schopnosti ornitochorního šíření. Do té doby se u nás vyskytoval jen v nejteplejších oblastech jako je Polabí a jižní Morava. Rydlo (1994) ve své práci udává, že druh se objevuje náhle, a právě tak rychle zase bez příčiny vymizí, nebo je stav populace silně zredukován.

5.1. Kvalita vody (srovnání rybníka a pokusné nádrže)

Vzorky se odebíraly vždy mezi desátou a dvanáctou hodinou dopoledne. Obsah vápníku v rybníku Krvavý i v pokusné nádrži je typický pro třeboňské rybníky, stejně tak i hořčíku. Koncentrace železa a hliníku nedosahovaly toxických hodnot. Celková alkalita svědčí o mírně měkké vodě. Hodnoty pH však nedosahovaly extrémních hodnot kolem pH 10, jaké je možné naměřit v některých hypertrofních rybnících.

Vyšší hodnoty síranů byly pravděpodobně zapříčiněné širším povodím rybníka a zřejmě i charakteristikou horninového podloží. Podobné koncentrace byly uváděny i z dalších rybníků Třeboňské pánve.

V pokusné nádrži obsahovala voda více vápníku a fosforu než v rybníce. Jinak byla kvalita vody srovnatelná s eutrofními rybníky Třeboňska.

5.2. Průběh teplot

Teplota vody v rybníce byla v průměru dokonce o 1°C vyšší. To bylo pravděpodobně způsobeno trvalým zástinem pokusné nádrže a mnohonásobně větším objemem vody v Krvavém rybníce. Z pokusu a náhodných odběrů je ovšem zřejmé, že takto malý rozdíl teplot neměl výrazný vliv na vývoj a růst rostlin.

Rostliny kvetly a následně tvořily semena jen občasně. Tento jev je pravděpodobně způsobený tím, že zdejší teplotní podmínky se nacházejí na samém okraji teplotního optima druhu.

C. submersum netvoří pravé turiony, ale jen mírně nahloučené přesleny, pomocí kterých přečkávají zimní období (foto 5).



Foto 5: Nepravý turion *C. submersum* na vypuštěném Krvavém rybníce (listopad 2008).

5.3. Sledování růstových charakteristik na lokalitě

Rostliny během vrcholu sezóny udržují přibližně konstantní délku. Nová biomasa je investována do růstových vrcholů a jen omezeně do tvorby květů a plodů. Podobně konstantní délku rostlin během sezóny udává i Adamec a Kovářová (2006) pro submerzní masožravé rostliny (*Aldrovanda vesiculosa*, *Utricularia australis*).

Zásoba semen v sedimentu byla téměř nulová (Kučerová et al. 2008). Z měření vegetativního větvení vyplývá, že populace rostlin je udržována především vegetativním rozmnožováním, které je sice velice efektivní (průměrná lodyha vytvořila 7 vedlejších vrcholů), avšak je vyšší riziko vyhynutí populace při náhlé změně podmínek prostředí.

Pro získání obsáhlejších informací o růstových charakteristikách byl započat také růstový pokus v místech přirozeného výskytu v Krvavém rybníce. Rostliny byly upraveny podle metodiky použité pro růstový pokus v BÚ a umístěny do třech připravených ohrádek. Ohrádka byla tvořena ze čtyř dřevěných kolíků zatlučených do dna, ty byly obtočeny nylonovou sítí o délce 4m. Při prvním měření dat jsem však zjistil, že se nitě použité pro označení jednotlivých rostlin zcela rozpadly, pravděpodobně pro příliš rychlý koloběh živin. Protože nebylo možné určit pořadová čísla rostlin, v pokuse jsem již nepokračoval.

5.4. Růstový pokus

Ze sledování přírůstků a rozvětvenosti rostlin *C. submersum* původem z Krvavého rybníka a z BÚ vyplývá, že v tomto případě příliš nezáleželo na podmínkách, ve kterých rostlina rostla původně, ale na podmínkách, které byly pro rostlinu nastaveny v pokuse. V obou populacích byl růst a větvení poměrně rychlý.

Druh *C. demersum* měl výrazně menší přírůstky (rostliny *C. demersum* na počátku měřily 2,58 cm a na konci jen 4,9 cm) než obě populace *C. submersum*, pravděpodobně kvůli nevhodným podmínkám pro

tento druh. Druh *C. demersum* zřejmě vyžaduje poněkud eutrofnější prostředí než druh *C. submersum*, a proto nedošlo k tak významnému rozvoji rostlin tohoto druhu.

Podle práce Carra (Carr 1969) je *C. demersum* polostinný až stinný druh, u kterého je produkce listů omezená při povrchu hladiny a vysokých teplotách vody. V pokusné nádrži i přes zastínění latěmi mohlo pronikající záření omezovat růst tohoto druhu díky vysoké průhlednosti vody (přes 40 cm).

Jak uvádí Best et Meulemans (1979), druh *C. demersum* se nejvíce větví a roste v první polovině vegetačního období. Můj pokus probíhal později a zřejmě také proto byly přírůstky minimální. Domnívám se, že pro růst druhu *C. submersum* takováto závislost na fázi vegetačního období neplatí.

5.5. Sledování přírůstků hmotnosti sušiny

Závislost sušiny na délce hlavního prýtu nebyla prokázána, zřejmě by bylo nutné měřit délku hlavního prýtu včetně vedlejších větví.

Průměrný denní přírůstek sušiny byl 2,3mg /den. Analogický údaj pro srovnatelné druhy jsem nikde nenalezl.

5.6. Srovnání s výsledky a názory jiných autorů

V dostupných publikacích se nachází velmi málo informací o biologických nárocích tohoto druhu. Ve většině publikací jsou pouze zmínky o výskytu a vazbě tohoto druhu na jiná rostlinná společenstva (např. Hrivnak 2005).

Hrubé srovnání růstových charakteristik je možné pouze s druhem *C. demersum* (Carr 1969, Best et Meulemans 1979, blíže kap. 5.4).

6. Závěr

Cílem mé práce bylo zhodnotit sezónní rozvoj populace ohroženého druhu *Ceratophyllum submersum* a produkci biomasy včetně základních parametrů vodního prostředí.

Druh *C. submersum* během vegetačního období narostl do určité délky, která odpovídala vlastnostem prostředí, a tu si po zbytek tohoto období udržoval.

V Krvavém rybníce tento druh netvořil velký počet květů, tudíž ani semen. Biomasa byla investována především do tvorby vedlejších vrcholů.

C. submersum roste po celou sezónu, nemá období s pomalým růstem jako je tomu u příbuzného druhu *C. demersum*. Průměrný denní přírůstek sušiny byl 2,3mg/den.

Teplota v pokusné nádrži v BÚ nekolísala výrazněji než v rybníce. Skutečnost, že se průměrné teploty v pokusné nádrži a Krvavém rybníce lišily jen o 1 °C, je pro vývoj rostlin vcelku zanedbatelná. Růstový pokus jsem prováděl jak na rostlinách odebraných v Krvavém rybníce, tak i na rostlinách původem z BÚ. Z výsledků je zřejmé, že vitalita *Ceratophyllum submersum* z obou populací byla velmi podobná. Naopak druh *Ceratophyllum demersum* měl daleko menší přírůstky než se očekávalo, pravděpodobně měl nevhodné podmínky pro vývoj (živiny, světlo). Po dobu pokusu jsem nezpozoroval žádná semena. S květy jsem se setkával jen zřídka, z toho tedy vyplývá, že vegetativní rozmnožování je pro udržení populace zásadní.

7. Literatura

- Adamec L. (2001): Ekofyziologické adaptace ponořených vodních rostlin I. Živa 4: 12-14.
- Adamec L. et Kovářová M. (2006): Field growth characteristics of two aquatic carnivorous plants, *Aldrovanda vesiculosa* and *Utricularia australis*. *Folia Geobot.* 41: 395-406.
- Albrecht J. et al. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII, AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, p. 241-242.
- Besta E. P. H. et Meulemans J. T. (1979): Photosynthesis in relation to growth and dormancy in *Ceratophyllum demersum*. *Aquatic Botany*, 6 (1979) .p.53-65
- Carr J. L. (1969): Primary Productivity and physiology of *Ceratophyllum demersum* .2. micro primary productivity, pH, and p/r ratio. - *Australian Journal of Marine and Freshwater Reserch* 20: 2-127.
- Dykyjová D. (2000): Třeboňsko. Příroda a člověk v krajině pětিলisté růže. *Carpio*. 112 p.
- Hejný S., Pokorný J., Květ J., Husák Š., Pecharová E. (2000): Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing Company. 118 p.
- Hejný S. (1971): The dynamic characteristic of litoral vegetation with respect to changes of water level. - *Hidrobiologia Bucurest*, 12. p 71-85.
- Hejný S., Pecharová E., Pokorný J. (1996): Vývoj a utváření porostů makrofyt. In IUCN Význam rybníků pro krajinu střední Evropy. Trvale udržitelné využívání rybníků v chráněné krajinné oblasti a biosferické rezervaci Třeboňsko. IUCN. p.83-84.
- Hrivnák R. (2005): Effect of ecological factors on the zonation of wetland vegetation. - *Acta Soc. Bot. Poloniae* 74/1: 73-81.
- Husák Š., Adamec L., Čížková H., Květ J., Pechar L., Pokorný J. (2001): Podklady pro hodnocení dopadů současného hospodaření na rybnících ve vztahu k vodní a pobřežní vegetaci. – Závěr. Zpráva k projektu VaV/ 640/8/00, depon in: Knih. BÚ AV ČR, Třeboň.
- Husák Š., Adamec L., Čížková H., Květ J., Pechar L., Pokorný J. (2003): Podklady pro hodnocení dopadů současného hospodaření na rybnících ve vztahu k vodní a pobřežní vegetaci. – Závěr. Zpráva k projektu VaV/ 640/8/00, depon in: Knih. BÚ AV ČR, Třeboň.

- Knoppová J. (1994): Adaptace vodních rostlin na nedostatek oxidu uhličitého ve vodě. *Biologické listy*, 59 (4):264-281.
- Kučerová A., Husák Š., Návrátová E., Svidenský R., Žáčková P. (2008): Monitoring populace *Ceratophyllum submersum*, Krvavý rybník. Závěr. zpráva. depon in: Knih. BÚ AV ČR, Třeboň. 20 p.
- Netopil R., Brázdil R., Demek J., Prošek P. (1984): *Fyzická geografie*. SPN, Praha. p. 226-229.
- Penka M. (1985): *Transpirace a spotřeba vody rostlinami*. Academia, Praha. p. 140-146.
- Procházka F., Husák Š. et Rydlo J. (1999): *Ceratophyllum submersum* L. In: Čeřovský J., Feráková V., Holub J., Maglocký Š. et Procházka F. (eds.): Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů SR a ČR. Vol.5. Vyššie rastliny. perioda a.s., Bratislava, p. 94.
- Rybka V. (2004): *Biologie vodních rostlin I*. Skripta PŘF Univ. Palackého Olomouc.
- Rydlo J. (1994): Poznámky k rozšíření a variabilitě *Ceratophyllum submersum* L. – *Muzeum a Souč.*, ser. Natur., 8: 78.
- Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S., Slavík B. (eds.) *Květena České socialistické republiky* 1. p. 103-121. Academia, Praha.
- Slavík B., Husák Š. et Hejný S. (1988): *Ceratophyllum* L.-růžkatec. In: Hejný S., Slavík B. (eds.) *Květena České socialistické republiky* 1. p. 363-365. Academia, Praha.
- Šebek O. (1978): Klima Třeboňska. In: Jeník J., Přibil S. (eds.) *Ekologie a ekonomika Třeboňska*, Třeboň. p.65-70.

Internetové zdroje

2.4. 2009

http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411?PC_8411_p=P%C5%99%C3%AD.II&PC_8411_l=395/1992&PC_8411_ps=10#10821

3.4.2009 [http://maps.google.cz/?](http://maps.google.cz/?utm_campaign=cs&utm_medium=ha&utm_source=cs-ha-emea-cz-sk-gm&utm_term=mapy)

[utm_campaign=cs&utm_medium=ha&utm_source=cs-ha-emea-cz-sk-gm&utm_term=mapy](http://maps.google.cz/?utm_campaign=cs&utm_medium=ha&utm_source=cs-ha-emea-cz-sk-gm&utm_term=mapy)

8. Přílohy

Příloha 1: Náhodné odběry z Krvavého rybníka

Tab. 1.

<i>C. submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, náhodný odběr					
					4.9.2008
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet semen	počet vrcholů
1	33	28	0	1	8
2	32	27	0	0	8
3	32	26	4	0	6
4	53	37	0	1	9
5	42	27	0	0	9
6	34	25	2	2	4
7	68	47	2	7	13
8	38	25	2	0	8
9	30	21	3	2	7
10	30	29	0	1	8
průměr	39,2	29,2			8
součet			13	14	

Tab. 2.

<i>C. submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, náhodný odběr					
					7.8.2008
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet semen	počet vrcholů
1	35	16	0	0	6
2	36	16	0	0	5
3	32	17	0	0	11
4	25	13	0	0	5
5	22	11	0	0	7
6	28,5	14	0	0	6
7	29	15	0	0	6
8	18,5	9	0	0	6
9	29	12	0	0	5
10	27	13	0	0	6
průměr	28,2	13,6			6,3
součet			0	0	

Tab. 3.

<i>C. submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, náhodný odběr					
					2.10.2008
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet semen	počet vrcholů
1	29	21	0	0	4
2	23	24	0	0	10
3	22	22	0	0	7
4	30	32	0	0	7
5	28	19	0	0	5
6	41	36	0	0	9
7	34	21	0	0	7
8	18,5	18	0	0	5
9	33	25	0	0	5
10	32,5	27	0	0	10
průměr	29,1	24,5			6,9
součet			0	0	

Tab. 4.

<i>C. submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, náhodný odběr					
					21.8.2008
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet semen	počet vrcholů
1	25	17	0	0	5
2	31	21	0	0	5
3	52	31	8	0	10
4	28	14	1	0	7
5	25	18	6	0	6
6	18	16	0	2	1
7	21	12	0	0	3
8	19	18	0	0	5
9	31	18	0	0	3
10	38	24	0	1	4
průměr	28,8	18,9			4,9
součet			15	3	

Příloha 2: Růstový pokus.

Populace *C. submersum* – rostliny z BÚ

Tab. 1:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z bú označení červenou nití; 30.7.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	4,1	6	0	1
2	4,5	6	0	1
3	4,4	6	0	1
4	5	6	0	1
5	4,6	6	0	1
6	5,3	6	0	1
7	4,4	6	0	1
8	4,6	6	0	1
9	4,3	6	0	1
10	5,5	6	0	1
průměr	4,67	6	0	1
Smodch.	0,42906876			

Tab. 2:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z bú označení červenou nití; 6.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	10,5	10	0	5
2	10	10	0	3
3	12	10	0	3
4	10	9	0	4
5	10,5	10	0	3
6	5	5	0	1
7	5	6	0	1
8	9	8	0	3
9	7	8	0	2
10	7	8	0	3
průměr	8,6	8,4	0	2,8
Smodch.	2,321637			

Tab. 3:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z BÚ, označení červenou nití; 13.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	16	17	0	5
2	14,5	17	0	4
3	16	16	0	5
4	13,5	16	0	3
5	10	15	0	4
6	5	6	0	1
7	4	6	0	1
8	13,5	15	0	3
9	10	14	0	3
10	10	15	0	3
průměr	11,25	13,7	0	3,2
Smodch.	4,02647489			

Tab. 4:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z BÚ, označení červenou nití; 25.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	21	23	0	5
2	20	25	0	6
3	20	19	0	6
4	18,5	23	0	6
5	25,5	24	0	6
6	6	8	0	9
7	5	6	0	1
8	18,5	24	0	5
9	15,5	22	0	4
10	12,5	22	0	4
průměr	16,25	19,6	0	5,2
Smodch.	6,26598			

Tab. 5:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z BÚ, označení červenou nití; 8.9.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	24	30	0	4
2	23,5	30	0	5
3	31	24	0	6
4	20,5	31	0	7
5	27,5	24	0	6
6	8,5	13	0	1
7	4	6	0	2
8	20	23	0	5
9	15,5	23	0	3
10	13,5	21	0	1
průměr	18,8	22,5	0	4
Smodch.	8,01311425			

Tab. 6:

<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z BÚ, označení modrou nití; 30.7.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	2,5	6	0	1
2	1,9	6	0	1
3	2,8	6	0	1
4	2,6	6	0	1
5	2,6	6	0	1
6	2,7	6	0	1
7	2,3	6	0	1
8	2,9	6	0	1
9	2,6	6	1?	1
10	2,9	6	0	1
průměr	2,58	6	0	1
Smodch.	0,285657137			

Tab. 7:

<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z BÚ, označení modrou nití; 6.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	3,5	7	0	3
2	3	6	0	1
3	3,5	7	1	1
4	3	7	1	1
5	4	8	0	2
6	3	6	0	1
7	3,5	7	1	1
8	3,5	7	2	1
9	3,5	7	0	4
10	4,5	8	0	1
průměr	3,5	7	0,5	1,6
Smodch.	0,447214			

Tab. 8:

<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z bú označení modrou nití; 13.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	5	11	0	3
2	3,5	8	1	1
3	3,5	8	1	1
4	3	8	1	1
5	5	12	0	1
6	3	8	1	2
7	5	11	1	2
8	4,5	12	2	1
9	3,5	8	0	2
10	5	12	1	1
průměr	4,1	9,8	0,8	1,5
Smodch.	0,830662386			

Tab. 9:

<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z BÚ, označení modrou nití; 25.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	6	14	0	1
2	5	13	0	1
3	3,5	10	4?	1
4	3	7	0	1
5	6,5	16	0	1
6	3	10	0	1
7	5,5	15	0	2
8	5	14	0	1
9	5,5	13	0	2
10	6,5	16	0	1
průměr	4,95	12,8	0	1,2
Smodch.	1,273774			

Tab. 10:

<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z BÚ, označení modrou nití; 8.9.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	5	13	0	1
2	4	12	0	1
3	3,5	10	0	1
4	3	10	0	1
5	9,5	17	0	1
6	3	8	0	1
7	6	16	0	1
8	4	10	0	1
9	5	13	0	2
10	6	17	0	1
průměr	4,9	12,6	0	1,1
Smodch.	1,854723699			

Tab. 11:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, označení bílou nití. Založení pokusu; 6.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	13	6	0	1
2	9,5	6	0	1
3	8	6	0	1
4	8	6	1	1
5	7	6	0	1
6	7,5	6	0	1
7	5,5	6	2	1
8	6	6	0	1
9	6	6	4	1
10	5	6	0	1
prum	7,55	6	0,7	1
smodch	2,229910312			

Tab. 12:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, označení bílou nití. 13.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	21,5	15	0	5
2	16	13	0	2
3	16,5	14	0	5
4	17	14	4	5
5	14	13	0	6
6	16	14	0	4
7	16	13	3	3
8	14	13	0	4
9*	9,5	8	2	2
10	12	12	0	3
prum	15,25	12,9	0,9	3,9
smodch	3,03521			

* útržek rostliny - 3 přesleny, 1 květ a 1boční vrchol

Tab. 13:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, označení bílou nití. 25.8.08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	20	21	0	6
2	21,5	22	0	4
3	20	19	0	5
4	25	21	4	7
5	13,5	17	0	4
6	20,5	20	0	5
7	21,5	19	2	7
8	23	23	0	5
9	13,5	14	0	4
10	17	18	0	6
prum	19,55	19,4	0,6	5,3
smodch	3,608670115			

Tab. 14:

<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z Krvavého rybníka, označení bílou nití. 8.9. 08				
rostlina	celková délka	počet přeslenů	počet květů	počet vrcholů
1	22,5	20	0	6
2	23,5	24	0	2
3	25	26	0	5
4	30	29	0	10
5	18	19	0	2
6	22	24	0	5
7	24,5	22	0	6
8	31	30	0	4
9	15,5	18	0	3
10	18	23	0	5
prum	23	23,5	0	4,8
smodch	4,7644517			

Příloha 3

Tab. 1: Sušina biomasy rostlin z náhodných odběrů

Den odběru	7.8.2008	21.8.2008
rostlina	biomasa v g	biomasa v g
1	0,08853	0,14541
2	0,10004	0,58906
3	0,06993	0,17743
4	0,06877	0,26146
5	0,05363	0,20592
6	0,10027	0,51452
7	0,04121	0,29827
8	0,07484	0,08866
9	0,08457	0,08531
10	0,07901	0,27819
průměr	0,07608	0,264423

Tab. 2: Konečná sušina biomasy rostlin z růstového pokusu.

	<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z BÚ, označení červenou nití; 8.9.08	<i>Ceratophyllum demersum</i> - rostliny z BÚ, označení modrou nití; 8.9.08	<i>Ceratophyllum submersum</i> - rostliny z krvavého rybníka, označení bílou nití. 8.9. 08
rostlina	sušina v g	sušina v g	sušina v g
1	0,05253	0,01867	0,07884
2	0,04903	0,04134	0,04657
3	0,10453	0,02841	0,06588
4	0,06677	0,02215	0,21100
5	0,06762	0,04084	0,03171
6	0,02394	0,01658	0,07907
7	0,01456	0,01975	0,08561
8	0,04496	0,01796	0,12609
9	0,02179	0,05511	0,05247
10	0,01422	0,00902	0,05174
průměr	0,04600	0,026983	0,08290

Tab. 3: Hmotnost sušiny dvaceti rostlin o délce šest přeslenů, začátek pokusu. Původ rostlin – Krvavý rybník.

rostlina	počet květů	hmotnost sušiny (g)
1	0	0.0186
2	0	0.0121
3	0	0.0129
4	0	0.0106
5	0	0.0175
6	0	0.0096
7	0	0.0064
8	1	0.0077
9	0	0.0205
10	1	0.0159
11	0	0.0111
12	0	0.0188
13	1	0.0065
14	0	0.0059
15	2	0.0074
16	0	0.0069
17	1	0.0059
18	1	0.0086
19	0	0.0072
20	1	0.0024
průměr		0.0106