Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra biologie

Vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) šumavských jezer

Diplomová práce

Eva Texlová

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

České Budějovice
2010

Anotace

TEXLOVÁ E., 2010: Vodní ploštice (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) šumavských jezer. Magisterská diplomová práce, Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity, České Budějovice. 93s.

Tato diplomová práce je zaměřená na poznání entomofauny a taxocenóz vodních ploštic v šumavských ledovcových jezerech zotavujících se z acidifikace. Zkoumáno bylo osm jezer (Černé, Čertovo, Plešné, Prášilské, Laka, Rachelsee, Großer Arbersee a Kleiner Arbersee) na české i bavorské straně šumavského masivu v sezónách 2007 a 2008.

Byl zjištěn výskyt sedmi druhů infrařádu Gerromorpha (6 z čeledi Gerridae a 1 z čeledi Veliidae) a sedmnácti druhů z infrařádu Nepomorpha (13 z čeledi Corixidae a 4 z čeledi Notonectidae).

Nejhojnějším druhem všech jezer je typicky „pionýrský" druh vodních ploštic klešťanka *Sigara nigrolineata*, hojně se zde vyskytuje i *Sigara fossarum*. Ve všech jezerech byl zjištěn výskyt biogeograficky významného ohroženého druhu charakteru glaciálního reliktu z čeledi Corixidae (*Glaenocorisa propinqua*). Z dalších druhů uvedených v červeném seznamu ČR byly zjištěny znakoplavky *Notonecta lutea* (VU) a *Notonecta reuteri* (EN).

Ze sledovaných environmentálních faktorů a jejich vlivu na výskyt druhů vodních ploštic byl za statisticky významný prokázán vliv koncentrace reaktivního hliníku ve vodě ($p = 0{,}052$; $_{pseudo}F = 10{,}95$). Vliv dalších proměnných prostředí na přítomnost druhů ve sledovaných lokalitách prokázán nebyl.

Klíčová slova: vodní ploštice, Gerromorpha, Nepomorpha, šumavská ledovcová jezera, výskyt druhů, taxocenózy, zranitelné a ohrožené druhy, environmentální faktory, acidifikace.

Vedoucí diplomové práce: prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

Tato práce byla řešena v rámci projektu GA ČR 206/07/1200 s názvem Limitující faktory a omezení biologického zotavování z acidifikace: Jaká je budoucnost horských ekosystémů Šumavy?

Annotation

TEXLOVÁ E., 2010: Water bugs (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) of the Bohemian Forest lakes. MSc. Thesis. University of South Bohemia, Faculty of Education, České Budějovice. 93pp.

This thesis is focused on the knowledge of entomofauna and taxocenoses of water bugs on the glacial lakes of the Bohemian Forest (= Šumava Mountains), which are in period of biological recovery. The research was effected on eight lakes (Černé, Čertovo, Plešné, Prášilské, Laka, Rachelsee, Großer Arbersee and Kleiner Arbersee) on the Bohemian and also on the Bavarian side of the mountain massive, in years 2007 and 2008.

Seven species of the infraorder Gerromorpha (6 species of the family Gerridae and one from the family Veliidae) and seventeen species, which belong to the infraorder Nepomorfa (13 species of the Corixidae and 4 species of the Notonectidae) were found in these lakes.

Most abundant species are water boatmen *Sigara nigrolineata*, inhabiting also oligotrophic newly emerged waters, and *Sigara fossarum*. Biographically important faunistic element of the character glacial relict as well as endangered species – *Glaenocorisa propinqua* (Corixidae) – is distributed in all the investigated lakes. Furter red-list species were found too: backswimmers *Notonecta lutea* (VU) and *Notonecta reuteri* (EN) (Notonectidae).

Analysis of relationships among environmental factors and the occurrence and distribution of water bugs shows that only the concentration of total reactive aluminium in the water statistically significantly ($p = 0,052$; $_{pseudo}F = 10,95$) influences occurrence of some species. No other variables of the environment seemed to have any influence on the occurrence and distribution of water bugs in the investigated area.

Keywords: water bugs, Gerromorpha, Nepomorpha, Bohemian Forest lakes, occurrence; taxocenoses, vulnerable and endangered species, environmental factors, acidification.

Supervisor: Prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc.

This thesis is a part of the project No 206/07/1200, named “Constrains and limits of biological recovery from acid stress: What is the future of headwater ecosystems in the Bohemian Forest?” supported by the Grant Agency of the Czech Republic

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce prof. RNDr. Miroslava Papáčka, CSc. a s využitím materiálů uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, Pedagogickou fakultou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Eva Texlová

V Českých Budějovicích dne ……. Podpis…….

Poděkování:

Děkuji především svému školiteli, **prof. RNDr. Miroslavu Papáčkovi, CSc.**, za podnět k této práci, za laskavost a trpělivost, s nimiž se ujal jejího vedení, za materiály a rady, jež vedly k dokončení této práce.

Dále děkuji **RNDr. Tomáši Ditrichovi** za cenné rady a pomoc při statistickém vyhodnocení dat a asistenci při odchytech. Děkuji také pracovníkům Biologického centra Hydrobiologického ústavu AV ČR za technickou podporu, zvláště pak **doc. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc.** za poskytnutí dosud nepublikovaných údajů a charakteristik jednotlivých jezer.

Za pomoc a asistenci při tisku práce děkuji **MUDr. Františku Texlovi**, jeho ženě **Mgr. Tereze Texlové** a panu **Kvidovi Pevnému**. Poděkování na tomto místě patří celému mému blízkému okolí za motivaci, podporu a trpělivost během mého studia, jehož je tato práce nedílnou součástí.

Obsah

1. ÚVOD ..... - 8 -

TEORETICKÝ ÚVOD ..... - 9 -

1.1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALIT ..... - 9 -
1.2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY JEDNOTLIVÝCH JEZER ..... - 11 -
1.2.1. Černé jezero ..... - 11 -
1.2.2. Jezero Laka ..... - 12 -
1.2.3. Čertovo jezero ..... - 12 -
1.2.4. Prášilské jezero ..... - 13 -
1.2.5. Plešné jezero ..... - 13 -
1.2.6. Rachelsee (Roklanské jezero) ..... - 14 -
1.2.7. Kleiner Arbersee (Malé Javorské jezero) ..... - 15 -
1.2.8. Großer Arbersee (Velké Javorské jezero) ..... - 15 -
1.3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ CHEMIZMUS VOD ŠUMAVSKÝCH LEDOVCOVÝCH JEZER ..... - 16 -
1.4. CHEMICKÉ SLOŽENÍ VOD V ŠUMAVSKÝCH LEDOVCOVÝCH JEZERECH ..... - 21 -
1.4.1. K otázce pH, stupně acidifikace a doprovodných jevů ..... - 21 -
1.4.2. Otázka koncentrace rozpuštěného fosforu, dalších živin a stupně trofizmu ..... - 23 -
1.4.2.1. Koncentrace rozpuštěného fosforu ..... - 23 -
1.4.2.2. Koncentrace rozpuštěných dusičnanů, síranů a volných částic hliníku ..... - 23 -

2. ORGANIZMY ŠUMAVSKÝCH JEZER ..... - 28 -

2.1. DRUHOVÉ ZASTOUPENÍ JEZERNÍ FLORY ..... - 28 -
2.1.1. Fytoplankton ..... - 28 -
2.1.2. Biogeograficky významné druhy vyšších rostlin ..... - 29 -
2.2. DRUHOVÉ ZASTOUPENÍ FAUNY ..... - 32 -
2.2.1. Zooplankton ..... - 32 -
2.2.2. Hmyz ..... - 36 -
2.2.3. Biogeograficky významné druhy vodního hmyzu ..... - 37 -

3. METODIKA ..... - 42 -

3.1. SLEDOVANÉ LOKALITY ..... - 42 -
3.2. ODCHYT MATERIÁLU ..... - 42 -
3.3. ROZBOR A URČOVÁNÍ MATERIÁLU ..... - 44 -
3.4. ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZA DAT ..... - 44 -
3.4.1. Absolutní a relativní početnost ..... - 45 -
3.4.2. Index druhové pestrosti ..... - 45 -
3.4.3. Index dominance ..... - 45 -
3.4.4. Index konstance ..... - 46 -
3.4.5. Index druhové diverzity ..... - 46 -
3.4.6. Index vyrovnanosti (ekvitability) ..... - 46 -
3.4.7. Index podobnosti společenstev ..... - 47 -
3.4.8. Statistické vyhodnocení závislosti výskytu jednotlivých druhů ploštic na environmentálních faktorech lokalit ..... - 47 -

4. VÝSLEDKY ..... - 49 -

4.1. TAXOCENÓZY VODNÍCH PLOŠTIC ČERNÉHO, ČERTOVA, PLEŠNÉHO A PRÁŠILSKÉHO JEZERA ..... - 58 -
4.1.1. Černé jezero ..... - *58* -
4.1.2. Čertovo jezero ..... - *60* -
4.1.3. Plešné jezero ..... - *61* -
4.1.4. Prášilské jezero ..... - *63* -
4.2. ZASTOUPENÍ VODNÍCH PLOŠTIC VE VZORCÍCH CHYTANÝCH V LÉTECH 2007 A 2008 V JEZERECH LAKA, RACHELSEE, GROßER ARBERSEE A KLEINER ARBERSEE ..... - 68 -
4.2.1. Jezero Laka ..... - *68* -
4.2.2. Rachelsee ..... - *68* -
4.2.3. Großer Arbersee a Kleiner Arbersee ..... - *69* -
4.3. MEZISEZÓNNÍ SROVNÁNÍ ODCHYTŮ PROVEDENÝCH CEDNÍKEM ..... - 71 -
4.3.1. Rachelsee 2007 – 2008 ..... - *71* -
4.3.2. Plešné jezero 2007 – 2008 ..... - *72* -
4.4. ZÁVISLOST VÝSKYTU DRUHŮ VODNÍCH PLOŠTIC (HEMIPTERA: HETEROPTERA: NEPOMORPHA) NA ENVIRONMENTÁLNÍCH FAKTORECH PROSTŘEDÍ NA LOKALITÁCH CN, CT, PL, PR ..... - 73 -
5. DISKUSE A ZÁVĚRY ..... - 74 -
5.1. ENTOMOFAUNA VODNÍCH PLOŠTIC JEDNOTLIVÝCH ŠUMAVSKÝCH JEZER VE SROVNÁNÍ S ENTOMOFAUNOU VODNÍCH PLOŠTIC V CHKO ŠUMAVA A V ČR ..... - 74 -
5.2. DOMINANTNÍ POČETNĚ ZASTOUPENÉ DRUHY A VZÁCNÉ DRUHY VODNÍCH PLOŠTIC ..... - 77 -
5.3. ORIENTAČNÍ SROVNÁNÍ TAXOCENÓZ VODNÍCH PLOŠTIC ŠUMAVSKÝCH JEZER S TAXOCENÓZOU OLIGOTROFNÍCH VOD VYBRANÉ KLAUZURY V NOVOHRADSKÝCH HORÁCH ..... - 78 -
5.4. VÝSKYT PLOŠTIC V ŠUMAVSKÝCH JEZERECH VE VZTAHU K JEJICH ENVIRONMENTÁLNÍM FAKTORŮM ... - 79 -
5.5. ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY ..... - 79 -
6. SEZNAM LITERATURY ..... - 81 -
7. SEZNAM ZKRATEK ..... - 84 -
8. PŘÍLOHA ..... - 85 -

1. Úvod

Na území CHKO a NP Šumava a NP Bayerischer Wald se nachází osm ledovcových jezer, jež se stala předmětem výzkumu už v osmdesátých letech devatenáctého století. Na české straně jsou to Černé jezero, Čertovo jezero, Plešné jezero, Prášilské jezero a jezero Laka, na bavorské straně jsou to Rachelsee (Roklanské jezero), Großer Arbersee (Velké Javorské jezero) a Kleiner Arbersee (Malé Javorské jezero).

Během desítek let, kdy probíhal již výzkum zaměřený na jednotlivé skupiny bioty a abiotických faktorů jednotlivých jezer, vznikl soubor dat, jež zachycuje proměny prostředí na těchto lokalitách. Předmět zájmu odborníků, zabývajících se danou problematikou, představovaly v minulosti z vodního hmyzu hlavně řády Ephemeroptera, Plecoptera či Odonata. Zkoumány byly jak taxocenózy jednotlivých jezer, tak dynamika jednotlivých druhů vodního hmyzu. V případě dalších akvatických a semiakvatických druhů hmyzu nebyly provedeny žádné ucelenější studie, popřípadě ještě nebyly uceleněji publikovány. Oblast Šumavy a konkrétně ledovcová jezera na tomto území přitom představují významné refugium zástupců fauny montánního, boreoalpinního, ale také alpínského a hercynského původu, zaznamenány zde byly dokonce i čistě mediterránní elementy (PAPÁČEK, SOLDÁN, 1995).

Šumavská ledovcová jezera prodělala v průběhu minulého století řadu změn v chemizmu, jež měl nutně zásadní vliv na život v nich. Silná acidifikace jezer, která vrcholila osmdesátých letech dvacátého století, měla na svědomí úplné vymizení ichtyofauny a značnou redukci druhů fytoplanktonu, zooplanktonu a s nimi i druhů, jež na nich mají založenou svou potravní strategii. Další podobný osud potkal jezera z přímého zásahu člověka, konkrétně ve využití jezer při těžbě šumavského dřeva a jeho splavování do údolí. Tyto události mohly mít na jezera nejrůznější vliv (HRUŠKA ET KOPÁČEK, 2009).

Předložená práce předkládá výsledek částečně semikvantitativního výzkumu entomofauny akvatických a semiakvatických druhů ploštic (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha) a struktury jejich taxocenóz v jednotlivých jezerech. Práce se rovněž zabývá vlivem biotických a abiotických faktorů prostředí na výskyt zjištěných druhů těchto ploštic v jednotlivých jezerech. Výskyt druhů vodních ploštic zjištěných v oligotrofních šumavských jezerech je orientačně srovnáván se situací známou v oligotrofních vodách klauzur Novohradských hor. Druhová rozmanitost entomofauny vodních ploštic šumavských jezer je kvalitativně i kvantitativně srovnávána s entomofaunou této skupiny známou z CHKO Šumava a ČR.

Teoretický úvod

1.1. Obecná charakteristika lokalit

Výzkumu Šumavských jezer se v minulém století, převážně pak v jeho druhé polovině, věnovala spousta odborníků nejen z České republiky, ale kvůli lokalizaci tohoto biotopu se jezera na česko-německém pomezí dostala do centra zájmu i zahraničních odborníků v oblasti hydrobiologie. Za přispění všech těchto výzkumných skupin dnes můžeme danou lokalitu nejen dokonale popsat, ale díky dlouhodobým výzkumům a projektům i odhadnout vývoj obnovy silně acidifikovaných jezer, jejichž smutný osud je znám i české laické veřejnosti.

Tab.č.1: Vybrané charakteristiky sledovaných jezer
(převzato a zpracováno z NEDBALOVÁ ET AL, 2006, Tab. č.1, S. 454; STUCHLÍK ET AL., 2008, Tab. č. 2, S. 4; VRBA, KOPÁČEK ET FOTT, 2000, Tab. č. 1, S. 8, JANSKÝ ET AL., 2005, Obr. 1-5, S. 182-183)

JEZERO / CHARAKT.		Černé jezero (CN)	Čertovo jezero (CT)	Jezero Laka (LA)	Plešné jezero (PL)	Prášilské jezero (PR)	Rachelsee (RA)	Kleiner Arbersee (KA)	Großer Arbersee (GA)
Zeměpisná šířka (s.š.)		49°11´	49°10´	49°07´	48°47´	49°05´	48°58´	49°08´	49°06´
Zeměpisná délka (v.d.)		13°11´	13°12´	13°20´	13°52´	13°24´	13°24´	13°09´	13°07´
Nadmořská výška (m.n.m.)		1008	1030	1096	1090	1080	1071	918	934
Plocha (ha)		18,4	10,3	2,8	7,5	4,2	5,7	9,4	7,7
Objem vody (10^6 m^3)		2,88	1,85	0,04	0,62	0,27	0,18	0,25	0,45
Max. hloubka (m)		40	36	3 (6)	18,3	15	13	9	15 (pův. 2,9)
Expozice		SV	SV	SV	SV	V	JV	S	V
Otevřenost do krajiny		Z	Z	Z	O	O	Z	Z	Z
Zastoupení mělčiny do 2m hloubky		9,4%	9,3%	60%	23,3%	16%	N	N	N
Přítoky	**Povrchové**	8(9)	7	3	2	7	7	5	7
	Podpovrchové	0	0	0	2	0	0	0	0
Odtoky		Černý potok (Úhlava)	Jezerní potok (Řezná)	Jezerní potok (Křemelná)	Jezerní potok (Vltava)	Jezerní potok (Křemelná)	Seebach (Große Ohe)	Seebach (Weiße Regen)	Arberseebach (Große Regen]
Plocha povodí (km^2)		1,24	0,89	1,02	0,67	0,65	0,57	2,79	2,58

Legenda: ad „Odtoky:“ U každého jezera je uveden vždy název odtoku a pod ním v závorce název toku, do kterého ústí přímý odtok z jezera. **ad „Otevřenost do krajiny:“** Z…jezero je uzavřeno okolními terénními nerovnostmi; O… jezero je z části otevřeno, tj., že terén má směrem od břehu klesavou tendenci a neuzavírá tak jezero ze všech stran. **Ad „Zastoupení mělčiny:“** N…u jezer na německé straně nebyl profil dna zjištěn.

Ze všech osmi jezer leží jezero Laka nejvýše, je zároveň nejmenší a zajímavostí jsou rovněž plovoucí rašelinové ostrůvky v jinak mělkém jezeře. Celkově největší, co do plochy i do objemu zadržené vody, je Černé jezero, které je zároveň také nejhlubší. Díky své hloubce a zrcadlícím se okolním lesům ve vodní hladině, získalo jezero temnou barvu, ze které je nejspíše odvozen i jeho název.

Další charakteristikou, která může mít vliv na druhovou skladbu fauny jezer, je i jejich expozice. Jde o polohu jezera vůči okolním karovým svahům, které jej buďto obklopují podél celého jeho obvodu, anebo je jezero jakoby zčásti „otevřeno“ určitým směrem vůči povětrnostním vlivům. Význam této anemo-orografické vlastnosti jezer ještě nebyl blíže zkoumán.

Většina jezer (CN, CT, LA, PL) je situována severovýchodním směrem, tzn. že jejich karová stěna obklopuje jezero po JZ části břehu, odkud se zvedá příkře (PL) anebo pod mírnějším úhlem (CN, CT).

PR a GA se otevírají východním směrem, KA směrem severním a RA je jako jediné situováno na JV a podél jeho SZ okraji se tyčí příkrá karová stěna až k vrcholu hory Rachel (Roklan).

Vliv expozice jezer může svým způsobem dokreslovat i okolní vegetace. V Tab. 1 je sledována souvislost porostu obklopujícího jezero. Lesní porost jej může zcela obklopovat a odstiňovat tak od okolní krajiny, jako je tomu v případě CN, CT, anebo může pokrývat pouze břeh jezera ze strany karové stěny, čímž je jezero zčásti otevřené do okolní krajiny (do údolí či obecně nižších poloh).

Šumavská ledovcová jezera jsou zásobena několika přítoky, ať už povrchovými či podpovrchovými. Podpovrchové přítoky byly blíže zmapovány jen u Plešného jezera, jeden z nich je dokonce přístupný z malé jeskyně. Ostatní přítoky Plešného jezera jsou již povrchové, některé se navzájem i stékají (KOPÁČEK ET AL., 2001).

U zbývajících jezer nebyly dosud zaznamenány žádné podpovrchové přítoky. Nejvíce povrchových přítoků má CN (8).

Voda z jezer odtéká dále jezerními potoky a vlévá se do řek pramenících v NP Šumava (viz Tabulka č.1). Povaha okolního terénu jezer se podepisuje i na rozloze jednotlivých jezerních povodí. Nejrozsáhlejší je povodí KA (2, 79 km^2). Do RA je sbírána dvěma stékajícími se přítoky voda z nejmenší plochy ve srovnání se všemi ostatními jezery Šumavy.

Vysoké kary Černého a Čertova jezera, které společně tvoří mezi oběma jezery masiv Jezerní hory (1343 m n. m.), představují zároveň i linii rozvodí. To znamená, že voda z

Černého jezera odtéká Černým potokem do Úhlavy a dále do Severního moře, kdežto Jezerní potok z Čertova jezera odtéká přes povodí Dunaje do Černého moře.

1.2. Základní charakteristiky jednotlivých jezer

1.2.1. Černé jezero

Se svými 18,4 ha a 40 m je rozlohou největší a nejhlubší ze všech dochovaných jezer, typické vysokou průhledností vody - až 16 m (HRUŠKA ET AL., 2009).

Půdorysem připomíná jezero trojúhelník, jehož jedna strana tvoří západní břeh, nad kterým pozvolna stoupá karová stěna tvořící severovýchodní svah. Další strana trojúhelníku, ještě zčásti obklopena klesajícím karem, utváří jihovýchodní, již exponovanější břeh a třetí strana trojúhelníkového půdorysu uzavírá jezero jako SSZ břeh. Na základě výše popsané expozice lze předpokládat, že největší působení na zdejší lokalitu budou mít povětrnostní vlivy pocházející ze severu a z východu, menší roli pak budou hrát proudy západní a jižní.

V okolním porostu převažuje smrk (na březích hojně i buk), jež roste na svorovém podloží celého povodí, zaujímajícího 129 ha s maximální nadmořskou výškou 1343 m n. m. (STUCHLÍK ET AL., 2008).

Černé jezero je napájeno vodou z osmi až devíti různých přítoků, většina z nich ústí do jezera na západním břehu, odtok jezera – Černý potok vyúsťuje z jezera v jeho SV cípu.

Dno jezera se postupně svažuje od JV a S břehu směrem k SV cípu, od západního břehu klesá prudce, právě v těchto místech (SV cíp) se totiž nachází nejhlubší bod jezera, nad nímž je téměř 40 m vodního sloupce. Původní hloubka jezera je však odhadována až na 55 m, na dně se totiž vyskytuje značný (místy až 15 m mocný) nános sedimentu.

Substrát litorálního pásma se skládá převážně z kamenů, štěrku a hrubého detritu, dno je kamenité až písčité a pokryté organickým odpadem, při březích se občas na mělkých „plážích“ vyskytují větší balvany. Makrovegetace nebyla registrována.

Jezero bylo už od 18. stol. poznamenáváno činností člověka. Zatímco v dřívějších dobách se jednalo hlavně o dobývání železné rudy, jež ovlivnilo primárně hlavně skladbu okolní flory, v letech 1930 – 1975 se jednalo hlavně o umělé zvýšení jezerní hráze a výstavbu elektrárny, jež přečerpávala méně kyselou vodu z Úhlavy zpět do jezera za účelem lepších podmínek pro ryby uměle chované v Černém jezeře až do poloviny sedmdesátých let (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.2. Jezero Laka

Laka, zvané též Mlaka nebo Pleso je s nadmořskou výškou 1096 m n. m. nejvýše položené a se svými necelými 4 m také nejmělčí ze všech osmi sledovaných stojatých vod Šumavy. Charakterizují je i plovoucí rašelinové ostrůvky, jež značí i jeho sklon k dalšímu zazemňování.

Půdorys jezera připomíná podlouhlý obdélník táhnoucí se od JJZ na SSV. Právě SSV břeh je povětrnostně nejexponovanější, je tedy místem, kde je Laka nejvíce otevřena do krajiny, zbývající tři břehy jsou zanořeny do mírně ubíhajících karových svahů, které je kryjí.

Všechny tři doposud známé jezerní přítoky vtékají do jezera na jeho JJZ břehu. Z jezera odtéká jeden vodní kanál a Jezerní potok. Dno jezera je kamenité, při březích na některých místech s většími balvany a vesměs pokryté vrstvou detritu. Kolem břehů se vyskytuje bohatá emergentní vegetace, jezero obklopuje monokulturní smrk na svorovém podloží (STUCHLÍK ET AL., 2008).

Bohatá je i vegetace jednotlivých ostrůvků, jež se volně vznáší na hladině. Jejich počet nelze přesněji určit, největší z nich se však nachází v jižní části jezera při východním břehu.

I u tohoto jezera byla v minulosti (v 30. letech 19. stol.) dvakrát zvyšována hráz, díky níž jezero sloužilo jako nádrž (klausura) pro plavení dříví, a navíc se zde člověk podepsal i opakovaným odstraňováním sedimentů (např. v roce 1906) za účelem chovu ryb (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.3. Čertovo jezero

Jediné z českých jezer, které se nachází na území povodí Dunaje, jelikož je od nedaleko ležícího Čertova jezera odděleno Špičským sedlem a karovou stěnou Jezerní hory (1343 m n. m.) Právě její ledovec dal v minulosti vzniknout Čertovu jezeru.

Expozice jezera je prakticky shodná se sousedním Černým. Půdorys jezera připomíná tvarem nejblíže snad lichoběžník, který se rozevírá právě SV směrem. Dno jezera klesá takřka pravidelně ode všech břehů směrem ke středu a to až do hloubky 36 m. Prudší sráz je možno sledovat pouze při JV břehu, kde není terén dna tak členitý jako při protilehlém břehu.

Dno je písčité, štěrkovité až kamenité tvořící „pláže“, ale již pár metrů od břehu převládá organický substrát, odpad a padlé kmeny. Ze břehů vychází do jezera (převážně na SZ břehu) kamenné výběžky.

Jezerní přítoky (doposud 7 zmapovaných) jsou paprsčitě uspořádány od jihu, přes západ až na SV. Voda z Čertova jezera odtéká Jezerním potokem přímo na východ. Také toto jezero je obklopeno převážně smrkovým lesem, v geologickém podloží povodí o ploše 86 ha převládá svor a křemen (STUCHLÍK ET AL., 2008).

Podobně jako Laka bylo toto druhé největší šumavské jezero v minulosti poznamenáno těžební činností (intenzívní těžba rud zde probíhala hlavně v 18. stol) a také zde byla uměle navýšena jezerní hráz jako zdroj vody pro plavení dřeva. Na druhé straně nutno dodat, že jak Čertovo, tak Černé jezero bylo již od r. 1911 pro své přírodní bohatství chráněno a od r. 1933 jsou obě jezera součástí Národní přírodní rezervace o rozloze 175 ha (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.4. Prášilské jezero

Po Lace druhé nejmenší šumavské ledovcové jezero téměř pravidelného oválného tvaru. Expozice otevírá jezero východním směrem. Východní svah vznikl z ledovcového karu a padá prudce k západnímu břehu jezera.

Do Prášilského jezera přitéká voda celkem z pěti různých zdrojů, které jsou rozptýleny na západní a jižní straně jezera. Odtok zajišťuje Jezerní potok opouštějící jezero na východní straně.

Dno se pozvolna svažuje k přibližnému středu jezera k nejvyšší hloubce pohybující se na 14 m. Substrát je složen z kamenů o různé velikosti a organického odpadu (časté padlé stromy u břehu). Litorál je hojně porostlý mechem, okolí jezera tvoří obnovovaný prořídlý smrkový porost, původní les byl v minulosti jednak těžen a dále také podlehl vichřici (r. 1868). Celé povodí s nejvyšším bodem 1314 m n. m. se rozkládá na 65 ha a jeho podloží je částečně svorové, a dále i žulové povahy (STUCHLÍK ET AL., 2008). Žulový masiv tvoří karovou stěnu a díky řidší okolní vegetaci jde dobře vidět z morénové hráze jezera.

V minulosti bylo jezero užíváno jako nádrž se zdrojem vody k plavení dřeva. Dokladem je kamenná hráz s dobře patrnou výpustí. Hráz byla obnovena v roce 1883, kdy byla hladina o 2 – 3 m níže než dnes (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.5. Plešné jezero

Nejvýchodněji položené jezero je situováno pod nejvyšším vrcholem Šumavy na české straně pohoří Plechým (1378 m n. m.). SV úbočí hory se svažuje k břehům jezera jako karová stěna z částečně zarostlých kamenných moří.

Jezero je oválné protáhlé, jeho podélná osa směřuje od JZ na SZ, kam je orientována také jeho expozice. Zmapovány byly dva povrchové a dva podpovrchové přítoky, všechny přitékají do jezera z karové stěny na západním cípu jezera. Odtokem opouští voda jezero na jeho nejvýchodnějším cípu.

Nejhlubší místo pohybující se okolo 17 m se nachází ve východní části jezera, odkud dno stoupá příkřeji právě k odtoku. Substrát dna litorálu tvoří hlavně jemný detrit, ale i štěrk, časté jsou i větší balvany, rozkládající se dřevo a emergenční vegetace (STUCHLÍK ET AL., 2008).

Plešné jezero se nachází na granitovém podloží a jeho povodí zaujímá plochu 67 ha a je pokryto převážně smrkovým porostem (STUCHLÍK ET AL., 2008).

Povodí tohoto jezera je asi nejméně ovlivněné činností člověka, rovněž okolní lesy mají doposud přirozenou druhovou skladbu. Přesto už od konce 18. stol. začaly být jeho vody intenzivně využívány k plavení dříví. Za tímto účelem byla i u tohoto jezera původní čelní moréna zvýšena umělou hrází o cca 2,5 m a vybudován celý systém pro plavení dříví, tzv. Schwarzenberský kanál. Plešné jezero sloužilo jako hlavní zásobárna vody více než 150 let existence funkčního plavebního systému (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.6. Rachelsee (Roklanské jezero)

Jde o jedno ze tří ledovcových jezer pohoří Bayerischer Wald (Bavorský les) a stejnojmenného NP na německé straně.

Půdorys jezera je nepravidelný, připomínající lichoběžník, svým severním cípem se jezero noří do přilehlé karové stěny, která jej obklopuje ze západní a částečně i z východní strany. Expozice Roklanského jezera je téměř přímo jižním směrem, účinné však mohou být různé povětrnostní vlivy z JV.

Jezero napájí sice dva různé zdroje, ale těsně před hranicí jezera, na jeho SZ cípu, se stékají v jeden přítok. Vodu z jezera odvádí opět Jezerní potok (Seebach) v jeho JV cípu.

Podloží tohoto 58 ha zaujímajícího povodí tvoří převážně svor a porost smrk, značně napadený kůrovcem (NEDBALOVÁ ET AL., 2006)

V roce 1835 byla přirozená hráz jezera zvýšena o cca 1 m v souvislosti s plavbou dřeva, kdy byl rovněž vybudován plavební kanál mezi Starým a Roklanským jezerem. Hráz však byla v roce 1961 opět snížena (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.7. Kleiner Arbersee (Malé Javorské jezero)

Poměrně mělké jezero se třemi velkými plovoucími ostrovy, podobné české Lace. Půdorysem téměř obdélníkové jezero je situováno od jihu na sever, zasazeno mezi prudce klesající karovou stěnu na JZ a poněkud mírnější svah sbíhající k břehům jezera na SV. Tzv. „otevřenost“ jezera povětrnostním vlivům je hlavně severním směrem.

Dva povrchové přítoky napájí jezero od karové stěny, tedy z jihu, na protější, severní straně odtéká z jezera Jezerní potok.

Okolní porost má bohatě vyvinuté mechové patro, lesy jsou opět zastoupeny hlavně smrkem, jehož zakrslé formy lze ojediněle najít i na plovoucích ostrovech. Geologické podloží tohoto 279 ha rozsáhlého povodí tvoří převážně svor a částečně i granit.

Dno je pokryto několikametrovou vrstvou sedimentů, původně však kamenité, s bohatým zastoupením emergentní vegetace. Hráz jezera byla rovněž uměle navýšena (r. 1885) za účelem využití vody k plavení dřeva. Z tohoto důvodu je současná velikost jezera zhruba dvojnásobně větší než původně. Po zvýšení hráze došlo k rozpuštění podkladu rašeliniště pod jezerní stěnou a vytvořily se plovoucí ostrovy (ZELENKOVÁ, 2002).

1.2.8. Großer Arbersee (Velké Javorské jezero)

Pod hladinou tohoto jezera se nachází v podstatě dvě neúplně oddělené vodní nádrže. Západní o maximální hloubce 9 m a východní s maximální hloubkou 15 m.

Tvar jezera je nepravidelně protáhlý od západu na východ, od západního břehu se vzhůru tyčí karová stěna, která tvoří úpatí hory Großer Arber (Velký Javor – 1456 m n. m.), jež se nachází SZ směrem od jezera a představuje nejvyšší vrchol šumavského pohoří.

Jezero je díky karové stěně na západu a okolním svahům při jižním i severním břehu situováno na východ. Všechny tři povrchové přítoky vtékají do jezera na západním břehu a odtok ve formě Jezerního potoka opouští jezero na východní straně.

Dno i břehy jezera mají podobnou skladbu jako u předchozího Malého Javorského jezera, plocha povodí zaujímá 258 ha, což je největší plocha ze všech jezer. Podloží povodí tohoto jezera obsahuje svor a v menším množství i granit. Na západním konci jezera vznikl navýšením hráze z důvodu plavby dřeva 1 ha velký plovoucí poloostrov z rašeliniště, které se vyvíjelo pod jezerní stěnou. Nad hladinu vyčnívá jinak 1,5 až 3 m mocný poloostrov pouhými 20 – 30 cm. Je porostlý typickou rašeliništní vegetací (ZELENKOVÁ, 2002).

1.3. Faktory ovlivňující chemizmus vod šumavských ledovcových jezer

Chemizmus vody v jezerech na Šumavě je předmětem zájmu odborníků už více jak sto let. Za průkopníky v této oblasti můžeme považovat pány Friče a Vávru, kteří se výzkumem jezer zabývali už v devadesátých letech 19. století. Ve stejnou dobu věnoval pozornost chemickému složení ledovcových jezer na Šumavě i prof. Wagner.

V prvním desetiletí minulého století můžeme zaznamenat náznak systematičtějšího monitoringu chemizmu jezer pod taktovkou prof. Švambery. První věrohodný výzkum chemizmu Černého jezera, Čertova jezera a jezera Laka, je shrnut ve výsledcích studie O. Jírovce a M. Jírovcové z roku 1937. Tyto hodnoty jsou cenné pro srovnání s daty získávanými dnes, a to z důvodu dramatických změn, jež proběhly v důsledku atmosférických změn v průběhu celého minulého století, zvláště pak v jeho sedmdesátých a osmdesátých letech.

Opakované a systematické sledování probíhá kontinuálně od osmdesátých let minulého století až do dnešní doby. Nejpodstatnější zjištění přinesly studie kolektivů Dr. Fotta, prof. Kopáčka, prof. Blažky, Ing. Hejzlara Csc., doc. Vrby v poslední dekádě minulého a první dekádě tohoto století, z nichž některé stále probíhají (PAPÁČEK, PERS. COMM.).

Významnou roli ve veskrze negativních změnách chemických poměrů jezer, jež jsou limitujícím faktorem pro veškerou biomasu v nich, sehrál v minulém století svou činností člověk.

Faktorů, jež přímo ovlivňují složení vod na Šumavě, je mnoho. Antropogenní vliv je tedy nepřímý a působí primárně na jednotlivé složky biosféry. Souhrn všech nešetrných zásahů se zrcadlí nejen na vodní hladině, ale proniká do nitra jezer, ukládá se takřka nevratně do všech jeho složek a vrstev. Už při prvním pohledu na jakékoliv ledovcové jezero na Šumavě není zřejmá nějaká známka života, přitom tomu není zase až tak dávno, kdy ve většině z nich úspěšně přežívali pstruzi potoční (*Salmo trutta morpha fario; L., 1758*) a siveni američtí (*Salvelinus fontinalis*) (WINKLER 1981 IN ARZET ET AL., 1986). Co konkrétně mohlo vést k současnému stavu, popřípadě ke stavu z osmdesátých let minulého století?

Hlavní příčinou změn podmínek v jezerech je postupné okyselování jejich vod. Jde o složitý proces, jehož se účastní všechny abiotické složky ekosystému, a který může mít příčinu buďto přirozenou, anebo, a to v daleko vyšší míře, umělou, způsobenou nadměrnými emisemi síry a sloučenin dusíku z průmyslových zón. Emise oxidu siřičitého

a oxidů dusíku po vystoupání ze zemského povrchu do atmosféry prochází chemickými a fotochemickými reakcemi, jejichž produkty jsou kyselina sírová (H_2SO_4) a kyselina dusičná (H_2NO_3). Z atmosféry jsou tyto kyselé látky deponovány zpět na zemský povrch v podobě kyselých dešťů, které mají v prvé řadě negativní vliv na vegetaci, následně pak na pedosféru a hydrosféru a život v ní.

Nadměrné množství emisí S a N v atmosféře je spojené s rozvojem průmyslu v počátcích minulého století, kdy můžeme sledovat první nárůst hodnot síry a dusíku ve vzduchu. Z druhé poloviny 40. let 20. stol. jsou známy už i první zprávy o účincích emisí oxidu siřičitého. Tehdy byly popisovány za možnou příčinu poškození lesa v Krušných horách. V celosvětovém měřítku vrcholila antropogenní emise síry v 80. letech 20. stol, když dosáhla 80 mil. tun za rok, a to na pouhých 5 % zemského povrchu. V bývalém Československu se jednalo o 1,5 mil tun síry ročně (HRUŠKA, KOPÁČEK, 2009).

Emise NO_x se do ovzduší dostávají přirozenou cestou jako produkt mikrobiálních pochodů v půdách, výjimečně pak i při lesních požárech a dále též při elektrických výbojích. V našich zeměpisných šířkách však tento přirozený zdroj zahrnuje pouze 3 % emisí antropogenních vznikajících hlavně spalováním uhlí v tepelných elektrárnách.

Množství depozice sloučenin síry a dusíku stoupá s množstvím srážkových úhrnů, které jsou vyšší především v horských oblastech. Kyseliny se však na zemský povrch dostávají dvěma mechanizmy. Prvním je již zmiňovaný kyselý déšť neboli tzv. mokrá depozice, druhým je tzv. suchá depozice, jež se uplatňuje v oblastech s průměrnou roční koncentrací SO_2 a NO_x ve vzduchu vyšší než 3 – 5 $\mu g/m^3$. Nejefektivnějšími sběrači suché depozice jsou díky většímu specifickému povrchu právě porosty jehličnanů, jež tvoří hlavní lesní porost v okolí všech ledovcových jezer Šumavy. Jak ale může docházet k tak vysoké depozici i v oblastech, v jejichž blízkosti se žádný zásadní antropogenní zdroj emisí nevyskytuje?

V roce 1967 publikoval švédský vědec Savante Odén ve stockholmském deníku Dagens Nyheter své závěry o vymizení ryb z mnoha švédských jezer, způsobené jejich okyselením, byť místní emise nebyly vysoké. Zmiňované okyselení jezer v celé jižní Skandinávii způsobily kyselé deště, které se do těchto míst dostaly v důsledku proudění vzduchu, jež přinesl zplodiny z průmyslových zón ve Velké Británii, Polsku a Německu (KOPÁČEK ET AL., 2009).

Obdobným způsobem jsou v České republice Orlické hory štítem stojícím v cestě západnímu proudění nesoucímu do vrcholových partií kyselinu sírovou, dusičnou a jejich

amonné soli, které vznikly postupně nad českými průmyslovými a sídelními aglomeracemi obklopenými intenzívní zemědělskou výrobou. (HRUŠKA, KOPÁČEK, 2009)

Na vegetaci působí emise přímo, jejím prostřednictvím a prostřednictvím kyselých dešťů na půdu dochází však k degradaci dalších složek ekosystému. Horské lesy poznamenává také okyselení půd. Kyseliny, které se do půdy dostávají deštěm, z ní vyplavují prvky, jež jsou důležité pro udržení vyvážené hodnoty půdní kyselosti a současně jsou nezbytnými živinami pro vegetaci. Jedná se především o vápník (Ca) a hořčík (Mg), méně pak i draslík (K), které mají do určité míry schopnost neutralizovat nadměrný přísun kyselin z atmosféry. Důležitým mechanizmem poškození vegetace v důsledku okyselování půd je otrava hliníkem (Al). Jedná se o nejběžnější prvek zastoupený ve většině hornin ve formě nerozpustných sloučenin bez známek toxicity, protože v takovém stavu nemůže být přijímán organizmy. Následkem okyselení půdního prostředí se hliník rozpouští a v tomto stavu působí jako buněčný jed. Rozpuštěný hliník může vytlačet výše jmenované ionty v buněčných membránách kořenů stromů. Iontová disbalance pak vede až k odumírání postižených částí rostlin a posléze i celých jedinců a jejich společenstev (HRUŠKA ET AL. 2009)

Horské půdy patří svými přirozenými vlastnostmi k méně odolným, zejména vyskytující se na kyselých horninách jako jsou žuly a křemence, obsahující málo bazických kationtů, podléhající pomalému zvětrávání, které brzdí uvolňování potřebných iontů do vznikající půdy. Zásoby těchto iontů v půdě, jež se tvořily v našich horských oblastech 10 000 let, byly vyčerpány v průběhu posledního století. Velkou roli zde sehrály i zásahy do druhové skladby lesního porostu v horských oblastech.

Podobně jako u půd došlo účinkem kyselého deště i k okyselení povrchových vod. Ona pověstná křišťálová průzračnost šumavských potoků a jezer není dána čistotou vody, ale její kyselostí, která zabraňuje životu organizmů, které by svou přítomností její průhlednost snižovaly. Již zmiňované zásoby bazických kationtů v půdách byly schopny v půdním iontově výměnném komplexu zabránit okyselování podzemních a povrchových vod. Na rozdíl od málo mocných skandinávských půd jsou ty zdejší mocnější a ve větším počtu, což umožňuje zpětnou neutralizaci vod v těchto půdních horizontech. Výjimku však tvoří kary šumavských jezer.

Jejich podloží je často tvořeno horninami s nízkým obsahem bazických kationtů (rula, granit), malou zvětrávací rychlostí (granit) a velkým obsahem vázaného hliníku (břidlice). Břidlice, které převládají v podloží CN, CT a PR jezera jsou výrazně bohatší na hořčík (Mg) a železo (Fe) a chudší na vápník (Ca) a fosfor (P) než žuly v povodí PL. Rulové podloží

způsobuje u jezer zase vyšší koncentraci Mg a nižší molární poměr Ca : Mg (CN, CT, PR), zatímco PL jezero má díky žulovému podloží vyšší koncentrace Ca a trojnásobný poměr Ca : Mg. Z hlediska chemizmu a oživení jezer je nejvýraznější rozdíl mezi rulami a žulami vyšší obsah a v kyselém prostředí i výrazně vyšší rychlost vyluhování fosforu (P) ze žul.

Koncentrace rozpuštěného reaktivního P se v přítocích PL pohybuje mezi 4 – 30 $\mu g.l^{-1}$, zatímco v přítocích ostatních jezer většinou pod mezí detekce (<1 $\mu g.l^{-1}$). Protože primární produkce šumavských jezer je limitována P, je PL výrazně produktivnější a související biochemické procesy výrazněji ovlivňují chemické složení jeho vod v porovnání s ostatními jezery (KOPÁČEK, HEJZLAR ET AL., 2001).

Obecně však lze říci, že i přes značné rozdíly v podloží se složení vod v jezerech podstatně neliší.

Dalšími faktory, jež mají vliv na charakteristiku a složení vody v ledovcových jezerech, jsou klimatické jevy oblasti a okolní vegetace. Okolní porost vodních ploch se podílí hlavně na odčerpání dusičnanů z prostředí. Z důvodu plošnějších odlesnění a několika lokálních polomů v minulosti, ale hlavně v důsledku kůrovcové kalamity v povodí PR a RA, byla u těchto dvou jezer zaznamenána zvýšená koncentrace dusičnanů, a to i přes jejich nižší hodnoty v přítocích obou jezer (KOPÁČEK, HEJZLAR ET AL., 2001).

Na odnos dusičnanů může mít vliv také zvyšování průměrných ročních teplot, jež vede k vyšší mineralizaci a nitrifikaci množství N v půdě, jež může být zdrojem dalšího okyselování půd a díky transportu dusičnanů i k okyselování jezer.

Voda, která přitéká do ledovcových jezer Šumavy, prochází v nádržích řadou chemických a fyzikálních procesů. Prvními z nich jsou asimilační a disimilační pochody, jež vedou ke snížení koncentrace dusičnanů a síranů na jedné straně a na druhé straně kyselinovou neutralizační kapacitu vody. Tyto procesy se díky vyčerpanému uhličitanovému pufračnímu systému projevují zvýšeným pH. Tento stav je příčinou hydrolýzy sloučenin hliníku a následného vzniku koloidních hydroxidů hliníku (Al_{part}). Uvolněný hliník koaguluje organické látky a do takto vznikajících komplexů se souběžně adsorbují a společné sráží fosforečnany.

Vázané fosforečnany se stávají v přirozeném koloběhu látek nedostupnými a nemohou se tak účastnit důležitých disimilačních pochodů sestonu a sedimentovaného bentosu. Po sedimentaci mění Al_{part} sorpční vlastnosti sedimentů, a brání uvolňování P ze sedimentů zpět do vodního sloupce v období anoxie. Ze sedimentujícího sestonu se disimilací uvolňuje i NH_4-N. Hodnoty pH, pohybující se kromě GA pod 5 v jezerech potlačují nitrifikaci a jezera tak slouží jako zdroj NH_4-N. Intenzita asimilačních a disimilačních procesů v jezerech

je přímo úměrná jejich trofii, proto se výše jmenované procesy projevují nejvíce v PL a nejméně pak v CN (KOPÁČEK, HEJZLAR ET AL., 2001).

Díky složení bentosu i vody v jezerech je výměna bazických kationtů mezi vodou a sedimentem relativně malá. U všech jezer se významnějším způsobem uvolňuje pouze K, Ga ještě také Ca. Sedimenty mají významnější vliv na zvyšování koncentrace Fe, převážně pak v období anoxie (KOPÁČEK, HEJZLAR ET AL., 2001). Při zvýšené koncentraci iontových Fe a Al, způsobené fotodestrukcí půdních organických látek, dochází i k tvorbě nízkomolekulárních organických kyselin, které mohou posléze sloužit jako snadný substrát pro heterotrofní produkci.

Destruktivní účinky v těchto vodách jinak alochtonních organických kyselin tak významně přispívá ke zvyšování kyselinové neutralizační kapacity vody v jezerech oproti nižším hodnotám jezerních přítoků (KOPÁČEK, HEJZLAR ET AL., 2001).

V rozmezí let 1984 – 2004 lze však sledovat prokazatelné snížení depozice síry pouze ve vrcholových partiích, tedy v oblasti jezer a to právě díky častějším srážkám. U níže položených povrchových vod na Šumavě se koncentrace síry v uplynulých letech nezměnila. Koncentrace dusičnanů a chloridů v důsledku reorganizace průmyslu a poklesu počtu dobytka v zemědělství poklesly (MAJER, VESELÝ, 2005).

1.4. Chemické složení vod v šumavských ledovcových jezerech

Text této kapitoly je sestaven na základě kombinace údajů z prací následujících autorů: VRBA, KOPÁČEK ET FOTT, 2000, NEDBALOVÁ ET AL., 2006 a STUCHLÍK ET AL., 2008.
Tyto práce zároveň obsahují i detailní údaje o historii a výsledcích studia chemizmu jezer.

Chemické složky, jejichž obsah ve vodách jezer byl předmětem většiny výzkumů jejich chemizmu, jsou následující:
přítomnost a koncentrace bazických kationtů, koncentrace sloučenin dusíku a síry, reaktivní křemík, celkový obsah fosforu, rozpustný reaktivní fosfor, celkový obsah organického uhlíku, celkový obsah rozpuštěného organického uhlíku, celkový obsah reaktivního hliníku, hliník vázaný v iontech, hliníkové částice, koncentrace reaktivního křemíku, přítomnost těžkých kovů (VRBA, KOPÁČEK, FOTT, 2000; KOPÁČEK ET AL., 2001)
Z obecných chemických vlastností vody je sledována její pH, průhlednost, alkalita, specifická vodivost, průhlednost, neutralizační kapacita kyselin, přítomnost chlorofylu (VRBA, KOPÁČEK, FOTT, 2000).

1.4.1. K otázce pH, stupně acidifikace a doprovodných jevů

Nejsledovanější charakteristikou v popisu chemizmu vod je určitě ve všech prováděných studiích zabývajících se složením povrchových vod jejich pH. Stejně tak je tomu i na Šumavě. Z hlediska acidobazické reakce (pH+---) můžeme výsledky shrnout do následujícího vztahu.
U hodnot přítoku: CT < CN = PL < RA < KA < PR < GA < LA
Zde se hodnoty pH naměřené v roce 1999 pohybovaly od **4,34** do **5,65**.
Hodnoty z roku 2003 by mohly být srovnány podobně od **4,36** do **5,75**:

RA < CN < PL < CT < KA < PR < GA < LA

U hodnot při hladině: CT < CN < RA < PR < PL < KA < LA < GA
Zde se hodnoty pH naměřené v roce 1999 pohybovaly od **4,50** do **5,91**.
Hodnoty z roku 2003 se pohybovaly od **4,68** do **6,22** v následujícím poměru

CT < CN < RA < PL < PR < KA < GA < LA

V porovnání s posledními daty z roku 2007 získanými z pěti českých jezer pracovníky Hydrobiologického ústavu AV ČR v Českých Budějovicích rámci ICP Waters a ICP IM, kde byly naměřeny hodnoty pH v rozmezí **4,7** až **5,6** v následujícím rozložení:

CT < PL < CN = PR < LA lze konstatovat, že pH většiny sledovaných jezer má jen nepatrnou klesající tendenci.

Prokazatelně nejnižší pH vykazují jezera CN, CT a RA. Tato tři oligotrofní jezera byla společně s mezotrofním PL označena jako chronicky acidofilní a šance na jejich zpětné oživení v plném rozsahu je kvůli kriticky nízkým hodnotám pH poměrně mizivá. KA, PR, LA a GA nebyla v minulosti tak silně acidifikována jako předchozí skupina a i z dat posledních let je zřejmé, že zde dochází k pomalé, ale signifikantní regeneraci.

Čertovo jezero obsahuje díky nejnižšímu pH (4,7) a nejnižší hodnotě alkality (-23,1 μeql^{-1}) nejkyselejší vodu ze všech jezer. Nejvýrazněji zde mohou působit i sírany s koncentrací o 3,31 mg l^{-1}). U Plešného jezera byla zjištěna nejvyšší koncentrace hliníku (587 $\mu g\ l^{-1}$). U obou těchto jezer byly zároveň zjištěny i nejnižší hodnoty koncentrací bazických kationtů.

PR a LA jsou také souhrnně označovány jako středně acidifikovaná jezera s pH vyšším než 4,8 a alkalitou převyšující -15 $\mu eq\ l^{-1}$. Jejich společným znakem je i nižší hladina celkové koncentrace hliníku s převahou hliníku vázaného v organických sloučeninách.

GA a LA patří do skupiny jezer s lehce acidifikovanou vodou (pH > 5.5, alkalita > 0 $\mu eq\ l^{-1}$, Al_T = 100 $\mu g\ l^{-1}$). V GA je navíc nejspíše v důsledku vápnění v minulosti vyšší koncentrace vápenatých iontů, a lze tak předpokládat i celkově odlišný chemizmus od zbývajících jezer (VRBA, KOPÁČEK ET FOTT, 2000).

U RA byly v roce 1998 naměřeny až trojnásobně vyšší hodnoty dusičnanů než v ostatních jezerech, což mohlo reflektovat sníženou biologickou spotřebu v povodí jezera způsobenou odumíráním smrkových porostů napadených kůrovcem.

1.4.2. Otázka koncentrace rozpuštěného fosforu, dalších živin a stupně trofizmu

1.4.2.1. Koncentrace rozpuštěného fosforu

Šumavská jezera se liší i v koloběhu fosforu. Zatímco většina z jezer přijímají jen malé množství rozpuštěného fosforu v poměru k jeho celkové koncentraci, u Plešného jezera tvoří podíl aktivního fosforu většinu jeho celkové koncentrace ve vodě. Porovnání hodnot rozpuštěného aktivního fosforu (DRP) s ostatními jezery popisuje následující vztah:

(**<1 µg l^{-1}**) CN = CT <RA < LA < PR = KA < GA << PL (**16,1 µg l^{-1}**)

Zvýšená zátěž vody rozpuštěným aktivním fosforem podpořila nárůst fytoplanktonu v Plešném jezeře.

1.4.2.2. Koncentrace rozpuštěných dusičnanů, síranů a volných částic hliníku

Nejvyšší koncentrace rozpuštěných dusíkatých sloučenin byla zjištěna u Rachelsee, kde dosáhla koncentrace rozpuštěných dusičnanů až trojnásobku hodnot získaných z ostatních jezer, což možná souvisí se sníženou biologickou spotřebou dusíkatých látek. Za normálních podmínek by byly dusičnany vyvázány okolním smrkovým porostem. Ten je však v současné době silně napaden kůrovcem a odumírá, takže ani nemůže čerpat živiny z okolí.

Biochemická přeměna dusičnanů, ale i síranů, je zdrojem zvýšené alkalinity a nárůstu pH nade dnem.

U Plešného jezera je značný rozdíl mezi hodnotami koncentrace dusičnanů na přítoku (876 µg l^{-1}) a odtoku (53 µg l^{-1}). Takový rozdíl lze vysvětlit vyšší spotřebou dusíku planktonní biomasou, což dokazují vysoké hodnoty obsahu chlorofylu-*a* (34,7 µgl^{-1}) a heterotrofní mikrobiální biomasy (318 µg C l^{-1}). Vysoký stupeň alkalinity, který tímto vzniká na přítoku vede ke vzniku různých forem rozpuštěného hliníku (Al) a volných hliníkatých částic (Al_{part}). V důsledku toho byla naměřená nejvyšší koncentrace Al_{part} právě u Plešného jezera a u Rachelsee (VRBA, KOPÁČEK, FOTT, 2000).

Tab. č. 2: Srovnání chemických vlastností jednotlivých jezer – 1. část srovnání stupně acidifikace, 2. část – srovnání trofizmu (srovnání hodnot z konce léta 1999)
(převzato z VRBA, KOPÁČEK, FOTT, 2009 Tab. 4, S. 16)

Parametr		Jednotka	silná	← Stupeň acidifikace →	redukovaná
pH	in.		(4.34)	CT < CN = PL < RA < KA < PR < GA < LA	(5.65)
	sur.		(4.50)	CT<CN <RA<PR<PL<KA<LA< GA	(5.91)
ANC	in.	(µmol l^{-1})	(-57)	CT< RA < CN <PL<PR < KA <GA<LA	(16)
	sur.	(µmol l^{-1})	(-49)	CT<CN < RA <PR<PL< KA < GA <LA	(16)
Al_T	in.	(µg l^{-1})	(669)	PL> RA >CN>CT> KA >PR> GA>LA	(68)
	sur.	(µg l^{-1})	(420)	CT> CN > PL > RA > PR > KA > GA > LA	(109)
Al_i	in.	(µg l^{-1})	(535)	PL>RA >CN> CT> KA> PR> GA >LA	(12)
	sur.	(µg l^{-1})	(390)	CT>CN> RA> PL>PR> KA > GA >LA	(6)
Al_{part}	sur.	(µg l^{-1})	(12)	CT< CN < KA<LA< GA <PR< RA <PL	(212)
SO_4^{2-}	in.	(mg l^{-1})	(5.59)	PL> CN > CT > RA > KA > GA > PR > LA	(1.55)
	sur.	(mg l^{-1})	(4.67)	CT> PL> CN > GA > KA > RA > PR > LA	(1.56)
NO_3-N	in.	(mg l^{-1})	(1.51)	RA> PL>CN>LA> PR> GA>CT> KA	(0.37)
	sur.	(mg l^{-1})	(0.80)	CN>RA>CT>LA> GA >PR> KA > PL	(0.05)
Parametr			**oligo-**	**status trofizmu**	**mezo-**
DOC	in.	(mg l^{-1})	(2.45)	LA<GA< KA <CN <RA <PR<CT< PL	(5.62)
	sur.	(mg l^{-1})	(0.91)	RA < CN < GA < PL < CT < KA < LA < PR	(4.27)
HMB	sur.	(µg l^{-1})	(62)	KA <PR<GA<LA <RA<CT<CN <PL	(318)
Chl*a*	sur.	(µg l^{-1})	(1.68)	RA < KA<CN < GA<CT<LA< PR « PL	(34.7)
TP	in.	(µg l^{-1})	(2.1)	RA < LA < CN < GA < CT < PR < KA« PL	(18.7)
	sur.	(µg l^{-1})	(2.7)	RA < CN < CT < PR < GA < LA < KA < PL	(8.9)
DOP	in.	(µg l^{-1})	(2.2)	CT=PR = KA>CN> LA>PL> GA> RA	(<0.5)
	sur.	(µg l^{-1})	(4.4)	GA > KA > CT > PR = LA > CN > PL = RA	(<0.5)
DRP	in.	(µg l^{-1})	(<l)	CN = CT < RA < LA < PR = KA < GA « PL	(16.1)

Legenda: in. – hodnoty naměřené na přítoku sur. – hladinové vzorky; ANC – neutralizační kapacita kyselin (alkalita); Al_T – celkový obsah reaktivního hliníku; Al_i – hliník vázaný v iontech; Al_{part} – hliníkové částice; DOC – celkový obsah rozpuštěného organického uhlíku; HMB – heterotrofní mikrobiální biomasa; Chl-*a* – chlorofyl-*a*; TP – celkový obsah fosforu [1]) DOP - rozpuštěný organický fosfor, DRP – rozpuštěný aktivní fosfor .

Tab. č. 3: Vybrané charakteristiky vody v šumavských jezerech v srpnu 2003
(převzato z NEDBALOVÁ ET AL., 2006: Tab. č. 2, S.456)

		CN		CT		RA		PL		KA		PR		GA		LA	
		In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.	In.	Sur.
Z_S	m	ND	9.8	ND	5.3	ND	8.5	ND.	1.0	ND	1.7	ND	4.5	ND	4.0	ND	2.5
pH		4.47	5.01	4.56	4.68	4.36	5.14	4.54	5.26	5.12	5.81	5.16	5.37	5.61	6.11	5.75	6.22
ANC	mmol L^{-1}	−37	−7	−30	−17	−52	−6	−29	0	0	23	−1	5	14	34	26	58
Si	mg L^{-1}	2.7	1.8	3.0	1.5	2.8	2.0	5.2	2.9	2.8	1.1	2.7	1.4	3.3	1.9	3.3	1.9
TP	μg L^{-1}	2.3	1.6	3.6	3.1	3.1	3.1	12.3	8.5	3.3	10.7	7.7	7.0	2.5	5.6	7.0	5.8
SRP	μg L^{-1}	<1	<1	<1	<1	2.4	<1	9.6	<1	<1	<1	2.0	1.6	<1	<1	<1	1.9
NH_4-N	μg L^{-1}	<5	31	6	35	9	171	6	8	<5	17	5	10	<5	12	<5	27
NO_3-N	μg L^{-1}	800	686	462	434	1850	1200	937	47	366	53	447	153	458	141	785	261
TON	μg L^{-1}	99.5	125	81.5	215	237	49	135	438	152	332	191	192	143	174	101	219
TOC	mg L^{-1}	ND	1.69	ND	2.55	ND	1.48	ND	6.3	ND	5.46	ND	4.09	ND.	3.16	ND	4.28
DOC	mg L^{-1}	2.1	1.3	3.0	1.7	3.7	0.9	4.1	2.4	2.5	3.5	3.3	3.7	2.2	2.6	2.3	3.2
SO_4^{2-}	mg L^{-1}	4.57	3.19	3.85	3.67	3.77	2.48	4.34	3.37	3.15	2.44	1.83	1.69	2.65	2.33	1.42	1.28
Na^+	mg L^{-1}	0.99	0.71	1.17	0.59	0.70	0.55	1.25	0.83	1.00	0.78	0.94	0.64	1.05	0.78	1.24	1.20
K^+	mg L^{-1}	0.28	0.44	0.23	0.31	0.37	0.70	0.38	0.31	0.19	0.22	0.22	0.29	0.23	0.22	0.36	0.40
Ca^{2+}	mg L^{-1}	0.55	0.70	0.36	0.51	0.94	0.88	0.96	0.68	0.79	0.79	0.45	0.45	0.92	0.90	0.83	0.70
Mg^{2+}	mg L^{-1}	0.43	0.39	0.33	0.29	0.52	0.47	0.21	0.15	0.35	0.31	0.32	0.26	0.37	0.32	0.41	0.38
Al_T	μg L^{-1}	417	217	267	322	754	164	613	361	173	169	131	167	125	102	94	103
Al_i	μg L^{-1}	297	149	144	181	564	90	419	24	35	2	12	24	15	8	13	4
Al_{part}	μg L^{-1}	14	57	14	126	27	64	26	305	12	68	6	37	4	34	<1	35
Chl-*a*	μg L^{-1}	ND	0.8	ND	2.8	ND	0.6	ND	14.3	ND	17.9	ND	4.2	ND	5.2	ND	6.3
Seston C : P	mol mol^{-1}	ND	904	ND	878	ND	830	ND	1392	ND	904	ND	205	ND	517	ND	1160
Seston N : P	mol mol^{-1}	ND	101	ND	88	ND	43	ND	111	ND	60	ND	33	ND	33	ND	66

Legenda: In – hodnoty naměřené na odtoku, vyvážené hlavními přítoky (n = 2-3 na každém jezeře); Sur. – hladinové vzorky (n = 1), Z_S – průhlednost; ANC – neutralizační kapacita kyselin; Si – reaktivní křemík; TP – celkový obsah fosforu; SRP – rozpustný reaktivní fosfor; TON – celkový obsah organického dusíku; TOC – celkový obsah organického uhlíku; DOC – celkový obsah rozpuštěného organického uhlíku; Al_T – celkový obsah reaktivního hliníku; Al_i – hliník vázaný v iontech; Al_{part} – hliníkové částice; Chl-*a* – chlorofyl-*a*; ND – nedeterminovatelné látky

Tab. č.4: Přehled chemizmu vody jezer na Šumavě v květnu 2007
(převzato z STUCHLÍK ET AL., 2008; Tab. 3, S. 18)

Název jezera	značka	Datum	pH	NH_4 µgN/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Alk µeq /l	SO_4 mg/l	NO_3 µgN/l	Cl mg/l	F µg/l	DOC mg C/l	RAL µg/l	LAL µg/l
Černé jezero	CN	15.5.07	4.9	103	0.47	0.36	0.68	0.45	-11.2	3.16	754	0.52	51	0.91	279	21
Černé jezero 2	CN-II	15.5.07	4.1	0	0.20	0.30	1.84	0.43	-63.9	3.45	171	0.53	33	5.68	428	219
Černé jezero 3	CN-III	15.5.07	4.4	0	0.27	0.27	0.95	0.26	-46.1	4.62	919	0.39	48	1.60	472	81
Černé jezero 4	CN-IV	15.5.07	4.1	0	0.09	0.21	0.87	0.14	-62.9	3.96	765	0.49	38	2.73	393	130
Černé jezero 5	CN-V	15.5.07	4.2	0	0.29	0.32	0.89	0.26	-62.7	4.36	1190	0.52	48	1.92	510	115
Černé jezero 6	CN-VI	15.5.07	4.3	0	0.29	0.29	0.83	0.36	-55.8	3.70	1140	0.50	39	1.56	536	86
Černé jezero 7	CN-VII	15.5.07	4.4	67	0.35	0.39	0.64	0.43	-51.8	3.72	1335	0.52	47	1.27	577	111
Černé jezero 8	CN-VIII	15.5.07	4.7	146	0.46	0.37	0.90	0.51	-23.5	3.27	1408	0.62	61	0.52	423	60
Čertovo jezero	CT	16.5.07	4.7	142	0.17	0.22	0.50	0.28	-23.1	3.31	489	0.49	39	1.26	340	31
Čertovo jezero 1	CT-I	16.5.07	4.3	0	0.05	0.15	0.78	0.11	-58.5	3.51	33	0.40	41	3.44	221	125
Čertovo jezero 2	CT-II	16.5.07	4.4	89	0.54	0.23	0.64	0.19	-42.7	3.73	688	0.40	71	2.51	384	111
Čertovo jezero 3	CT-III	16.5.07	4.1	9	0.01	0.28	0.61	0.16	-61.5	4.96	778	0.48	45	2.57	500	127
Čertovo jezero 4	CT-IV	16.5.07	4.1	0	0.13	0.17	0.80	0.19	-61.1	4.69	802	0.49	42	2.83	489	140
Čertovo jezero 5	CT-V	16.5.07	4.1	0	0.08	0.19	0.73	0.14	-59.3	5.06	396	0.46	41	3.07	458	159
Čertovo jezero 6	CT-VI	16.5.07	4.5	85	0.29	0.44	1.01	0.25	-32.4	4.10	751	0.58	41	1.30	316	58
Čertovo jezero 7	CT-VII	16.5.07	4.5	0	0.39	0.34	1.72	0.32	-32.2	3.31	528	0.52	34	1.56	207	73
Laka	LA	15.5.07	5.6	24	0.63	0.54	0.80	0.33	7.1	1.66	635	0.50	27	2.00	122	110
Laka 1	LA-I	15.5.07	4.9	0	0.80	0.38	0.95	0.39	-14.7	1.65	874	0.48	32	1.68	123	95
Laka 2	LA-II	15.5.07	5.1	0	0.38	0.30	0.91	0.32	-3.6	2.44	273	0.40	26	1.84	116	34
Laka 3	LA-III	15.5.07	6.2	0	0.65	0.39	1.24	0.35	28.7	1.42	820	0.52	23	0.78	39	37
Plešné jezero	PL	17.5.07	4.8	171	0.69	0.20	0.69	0.57	-12.3	2.77	931	0.51	112	2.28	587	140
Plešné jezero 1	PL-I	17.5.07	4.1	0	0.50	0.12	0.85	1.16	-69.9	2.57	1863	0.49	77	6.76	862	284
Plešné jezero 2a	PL-IIa	17.5.07	4.2	0	0.47	0.10	0.86	0.75	-65.8	2.62	1587	0.49	71	5.28	752	237
Plešné jezero 2b	PL-IIb	17.5.07	4.2	0	0.45	0.10	0.84	0.82	-65.7	2.62	1709	0.52	75	5.42	760	246
Plešné jezero 3c	PL-III	17.5.07	4.4	69	0.51	0.12	0.80	0.47	-46.7	2.75	1125	0.39	88	3.65	662	181
Prášilské jezero	PR	16.5.07	4.9	29	0.29	0.49	0.57	0.30	-14.7	1.91	347	0.45	28	2.25	162	71
Prášilské jezero 1	PR-I	16.5.07	5.3	0	0.55	0.24	0.91	0.31	-3.3	1.85	741	0.42	22	1.04	106	53
Prášilské jezero 3	PR-III	16.5.07	4.6	15	0.43	0.36	0.53	0.21	-29.4	2.20	344	0.33	21	3.25	213	134
Prášilské jezero 5	PR-V	16.5.07	4.7	50	0.32	0.32	0.68	0.20	-22.7	2.02	443	0.46	29	2.16	137	80

Legenda: ALK – neutralizační kapacita kyselin (alkalita); DOC – celkový obsah rozpuštěného organického uhlíku; RAL – celkový obsah reaktivního hliníku; LAL – hliník vázaný v iontech

Tab. č. 5: Vybrané chemické faktory všech osmi sledovaných lokalit v sezóně 2008 (HBÚ AV ČR v Českých Budějovicích – nepubl.)

	CN	CT	PL	PR	LA	RA	GA	KA
Teplota (℃)	7,6	10,5	10,1	10,7	8,6	7,7	8,7	11,5
pH	4,87	4,74	5,02	5,09	5,17	4,8	5,66	5,43
Alkalita (µmol/l)	-12	-18	-1	3	0	45	19	17
Vodivost (µS/cm)	22,6	22,0	22,5	15,7	18,3	20,2	16,6	15,9
Rozp. O_2 (mg/l)	9,2	7,8	8,6	5,5	9,8	4,8	6,7	4,5
TP (µg/l)	2,9	4,7	15,5	7,7	6,6	7,0	4,6	7,2
NH_4 (µg/l)	66	108	143	113	29	264	63	143
NO_3 (mg/l)	0,79	0,46	0,82	0,30	0,68	0,47	0,37	0,16
TON (µg/l)	186	250	670	353	358	355	320	282
Cl^- (mg/l)	0,63	0,53	0,58	0,56	0,70	0,51	0,55	0,55
SO_4^- (mg/l)	3,15	3,28	2,93	2,06	1,70	2,32	2,55	2,76
F^- (mg/l)	0,05	0,04	0,09	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
Na^+ (mg/l)	0,78	0,62	0,93	0,68	0,89	0,71	0,79	0,73
K^+ (mg/l)	0,47	0,27	0,63	0,31	0,51	0,63	0,25	0,21
Ca^{2+} (mg/l)	0,76	0,34	0,90	0,54	0,83	0,98	0,97	0,80
Mg^{2+} (mg/l)	0,39	0,30	0,24	0,31	0,43	0,52	0,36	0,33
TFe (µg/l)	89	420	136	313	173	387	119	508
TR-Al (µg/l)	219	355	536	201	199	279	149	205
L-Al (µg/l)	135	241	220	56	54	59	23	19
P-Al (µg/l)	65	47	197	46	15	130	41	89
Chl *a*	**2,57**	**3,47**	**23,48**	**3,68**	**2,64**	**7,59**	**2,21**	**6,48**

Legenda: TP – celkový obsah fosforu; TON – celkový obsah organického dusíku; TR-Al – celkový obsah reaktivního hliníku; L-Al – hliník vázaný v iontech; P-Al – zastoupení hliníkových částic; Chl *a* – obsah chlorofylu *a*

2. Organizmy šumavských jezer

Z hlediska biogeografie je Šumava velmi cennou oblastí, jejíž flora i fauna zahrnuje druhy boreoalpinní a montánní, avšak výjimkou zde nejsou ani alpské či hercynské taxony, rovněž druhy mediterránního původu tu mají své zastoupení. Šumava i díky historickým událostem v tomto státě dodnes představuje jedno z významných refugií pro ohrožené a vymírající druhy (RŮŽIČKOVÁ, 1998).

Vzhledem k environmentálním podmínkám dané lokality nelze v šumavských silně acidifikovaných jezerech očekávat větší zastoupení fyto- i zooplanktonu. U větších organizmů se pak jedná spíše o výjimky. V historii všech provedených výzkumů lze však zaznamenat i takové ojedinělé případy.

2.1. Druhové zastoupení jezerní flory

2.1.1. Fytoplankton

Fytoplankton, představující hlavní podíl vodní biomasy, byl v jednotlivých jezerech dle zjištění z let 1997 (NEDBALOVÁ, VRTIŠKA, 2000) a 2003 (NEDBALOVÁ ET AL., 2006) zastoupen v různém spektru i poměru. Podrobněji viz Tab.6 a Tab.7 uvedené níže.

CN, CT a RA vykazovaly v roce 2003 velmi nízký obsah biomasy (~ 100 μg C l^{-1}). Z celkového množství biomasy v těchto třech jezerech zaujímal fytoplankton méně jak 50 %. Vyšší hodnoty biomasy byly naměřeny u KA, PR, GA, LA, kde podíl fyto- a zooplanktonu zahrnoval 70% z celkové biomasy (~ 200 - 400 μg C l^{-1}). PL charakterizovalo nejvyšší zastoupení biomasy (~ 600 μg C l^{-1}) se sedmdesátiprocentním zastoupením fytoplanktonu (NEDBALOVÁ ET AL., 2006).

V sezóně 2003 se jezera v druhovém zastoupení fytoplanktonu signifikantně nelišila hlavně z toho důvodu, že spektrum taxocenózy fytoplanktonu je obecně v této lokalitě stále ještě díky nepříznivým chemickým vlastním vody velmi úzké. Přesto bylo dílčí zastoupení jednotlivých druhů poměrně rozdílné. Ve všech jezerech kromě PL vystupovaly jako dominantní skupiny třída *Dinophyceae* (hlavně *Peridinium umbonatum* a/nebo *Gymnodinium uberrium*) a třída *Chrysophyceae* (především koloniální mixotrofní zástupci rodu *Dinobryon*). U PL zastínily svou hojnou přítomností obě výše jmenované třídy třída *Chlorophyta*, zastoupena převážně zelenou kokální řasou *Monoraphidium dybowskii*. V roce 1997 (v květnu) tvořila fytoplankton PL z podstatné části také skupina *Cyanobakterií* (*Pseudoanabena, Limnitrix*) (NEDBALOVÁ , VRTIŠKA, 2000).

Nejbohatší biodiverzita z hlediska fytoplanktonu se v průběhu hydrobiologické sezóny 2003 vyskytovala u GA (27 druhů), kde se mimo výše jmenované druhy v hojné míře vyskytoval i druh sinice *Synechococcus nidulans* a skrytěnka *Cryptomonas refiexa.* Nejnižší biodiverzita v tomto ohledu logicky charakterizuje obě objemově nejmenší jezera KA (15 druhů) s převahou tříd *Dinophyceae, Cryptophyceae* a *Clorophyceae* (*Cosmarium*) a LA (16 druhů) s hlavním zastoupením ze třídy *Crysophyceae* (rod *Dinobryon*). U PR, kde bylo lokalizováno 17 druhů fytoplanktonu, hrálo hlavní roli zastoupení druhu *Gymnodinium uberrium* ze třídy *Dinophyceae* (NEDBALOVÁ , VRTIŠKA, 2000).

Oproti hodnotám z roku 1997 jsou počty druhů u čtyřech v tomto roce sledovaných jezer oproti hodnotám z roku 2003 nepatrně nižší, což lze možná vysvětlit rozdílným obdobím odchytu či odlišnou metodikou. Poměry celkových počtů druhů mezi jezery jsou však v obou letech obdobné (NEDBALOVÁ ,VRTIŠKA, 2000); (NEDBALOVÁ ET AL., 2006).

Z hlediska vertikální distribuce biomasy byla u všech jezer kromě RA v sezoně 2003 sledovaná maximální koncentrace fytoplanktonu v epilimnionu, u RA se největší hustota fytoplanktonu pohybovala ve vrstvě hypolimnionu, v hloubce 11m (NEDBALOVÁ ET AL., 2006).

Nejvyšší zastoupení fytoplanktonní biomasy bylo prokázáno u PL (419 μg C l^{-1}), zhruba poloviční hodnoty byly zachyceny u PR (238 μg C l^{-1}) a následují KA (154 μg C l^{-1}), GA (109 μg C l^{-1}) a LA (73 μg C l^{-1}), extrémně nízký obsah fytoplanktonu vykazovala jezera RA, CN a CT, kde se její celkové množství pohybovalo mezi hodnotami 23 – 39 μg C l^{-1} (NEDBALOVÁ ET AL. , 2006).

2.1.2. Biogeograficky významné druhy vyšších rostlin

V okolí šumavských jezer bychom našli kromě horských lesních společenstev také četná nelesní stanoviště, především pak na ledovcových karech, nelesní vegetaci karu Černého a Čertova jezera charakterizují např. reliktní druhy subalpínských trávníků (sítina trojklanná - *Juncus trifidus,* psineček skalní - *Agrostis rupestris* a jinořadec kadeřavý - *Cryptogramma crispa).* Nad Černým a Plešným jezerem lze nalézt stanoviště alpinní prvky typu borovice kleč (*Pinus mungo*) či vrba velkolistá (*Salix appendiculata*) (ROLEČEK MUNI, 2009).

Z jezerní flory jsou však asi nejpodstatnější jediné dvě lokality šídlatek v ČR. Na dně Černého jezera bychom totiž kromě urny s popelem průkopníka plzeňského lyžování ing. Julia Poláka mohli v hloubkách 2 – 5 m nalézt také vzácnou šídlatku jezerní (*Isoëtes lacustris*). Studie z roku 1996 přináší doklad o výskytu zhruba 2 – 3 tisíce jedinců tohoto

druhu ve 23 koloniích (GUTZEROVÁ, 1996; WERNER ET AL., 1996; LUKAVSKÝ ET AL., 1997 IN HUSÁK ET AL., 2000).

V Plešném jezeře se v hloubkách 0,5 – 2 m vyskytuje zhruba 1 – 2 tisíce jedinců šídlatky ostrovýtrusné (*Isoëtes echinospora*) (PROCHÁZKA, 2000 IN HUSÁK Š. ET AL., 2000).

První zmínky o výskytu šídlatky jezerní pochází již z 19. stol. od I. F. Tausche (1819), její četné kolonie zaznamenal i Čelakovský (1885) a Frič s Vávrou (1898). Šídlatka ostnovýtrusná byla poprvé zachycena na Plešném jezeře Hirschem r. 1959, od té doby byly zveřejňovány zmínky o více či méně početném výskytu téměř každé desetiletí až do dnešní doby (HUSÁK Š. ET AL., 2000).

Tuto významnou skutečnost může trochu kazit téměř úplná absence juvenilních stádií šídlatek v jezerech. Lze předpokládat, že v daných podmínkách se populace této významné submerzní acidotolerantní plavuně nemohou rozmnožovat. V umělých podmínkách (Botanický ústav v Třeboni) však byla schopnost reprodukce šumavských šídlatek prokázána, avšak až po pětileté aklimatizaci (ČTVRTLÍKOVÁ, 2004).

Tab. č. 6: Seznam druhů fytoplanktonu Černého (CN) Čertova (CT), Plešného (PL) a Prášilského (PR) jezera z roku 1997

x – přítomný druh, **xx** – druh představující důležitou součást celkové biomasy, - - nepřítomný/ nezachycený druh
(Převzato z: NEDBALOVÁ L. ET VRTIŠKA O., 2000, TABLE 1.)

Třída	Druh	CN	CT	PL	PR
Cyanobacteria	***Pseudanabaena*** sp.	x	x	xx	x
	Limnothrix sp.	x	x	xx	x
Dinophyceae	***Peridinium umbonatum*** STEIN	xx	xx	xx	xx
	Gymnodinium uberrimum (ALLMAN) KOFOID ET SWEEZY	xx	xx	x	xx
	Katodinium bohemicum (FOTT) LITVINENKO	x	x	x	x
	Katodinium planum (FOTT) LOEBLICH III	x	-	x	-
	Gymnodinium sp.	x	x	x	x
Cryptophyceae	***Cryptomonas erosa*** EHRENBERG	x	x	x	xx
	Cryptomonas marssonii SKUJA	-	x	x	x
	Cryptomonas gracilis SKUJA	-	x	x	x
Chrysophyceae	***Dinobryon pediforme*** (LEMMERMANN) STEINECKE ***Dinobryon*** sp.	xx	xx	x	xx
	Bitrichia ollula (FOTT) BOURELLY	x	x	x	x
	Chromulina sp.	x	x	x	x
	Ochromonas sp. (large)	x	x	x	x
	Ochromonas sp. (small)	-	x	x	x
	Synura echinulata KORSCHIKOV	x	x	x	x
	Mallomonas sp.	x	x	x	x
Xanthophyceae	***Isthmochloron trispinatum*** (W. ET G. S. WEST) SKUJA	x	x	x	x
Chlorophyta	***Chlamydomonas*** sp.	x	x	x	x
	Chlorogonium fusiforme MATWIENKO	x	x	x	x
	Chloromonas angustissima (ETTL) GERL. ET ETTL	x	x	x	x
	Carteria multijilis (FRES.) DILL. ***Carteria radiosa*** KORSCHIKOV	x	x	x	x
	Monoraphidium* cf. *dybowskii (WOLOSZ.) HIND. ET KOM.-LEGN.	x	x	xx	x
	Koliella corcontica HIND.	x	x	x	x
	Tetraedron minimum (A. BR.) HANSG.	x	x	x	x
Celkový počet vyskytujících se druhů		22	24	25	24

Tab. č. 7: Zastoupení druhů fytoplanktonu na šumavských ledovcových jezerech v srpnu 2003

x – přítomný druh, **xx** – druh představující důležitou součást celkové biomasy, **- -** nepřítomný/ nezachycený druh (Převzato a upraveno z NEDBALOVÁ L. ET AL., 2006: TABLE 3.)

Třída	Druh	CN	CT	RA	PL	KA	PR	GA	LA
Cyanobacteria	***Limnothrix*** sp.	x	x	x	xx	x	-	x	x
	Pseudanabaena sp.	x	x	x	xx	x	-	x	x
	Synechococcus nidulans NÄGELI	-	-	-	-	-	-	xx	-
Dinophyceae	***Gymnodinium uberrimum*** (ALLMAN) KOFOID ET SWEEZY	xx	x	xx	-	xx	xx	xx	-
	Gymnodinium sp.	x	x	x	x	-	x	x	x
	Katodinium bohemicum (FOTT) LITVINENKO	x	x	x	x	-	x	x	x
	Katodinium planum (FOTT) LOEBLICH III	x	-	x	xx	-	-	-	-
	Peridinium urnbonatum STEIN (syn.: ***P. inconspicuum*** LEMRNERMANN)	xx	xx	xx	x	xx	x	xx	xx
Cryptophyceae	***Cryptornonas erosa*** EHRENBERG	x	xx	xx	x	xx	x	x	xx
	Cryptomonas gracilis SKUJA	-	-	-	x	x	x	x	-
	Cryptomonas marssonii SKUJA	x	-	x	x	x	x	x	x
	Cryptomonas refiexa SKUJA	-	-	-	-	xx	-	xx	xx
Chrysophyceae	***Bitrichia ollula*** (FOTT) BOURRELLY	x	-	x	x	x	x	x	x
	Dinobryon spp.	x	xx	x	x	x	x	x	xx
	Mallomonas sp.	x	-	x	-	-	-	x	x
	Ochromonas sp. (large)	x	xx	x	x	x	x	xx	xx
	Ochromonas sp. (small)	-	x	-	x	-	x	x	-
	Spiniferomonas sp.	x	x	x	x	x	x	x	x
	Synura echinulata KORSCHIKOV	x	x	x	-	x	x	x	xx
Xanthophyceae	***Isthmochloron trispinatum*** (W. ET G. S. WEST) SKUJA	-	x	-	-	-	-	x	-
Chlorophyta	***Arthrodesmus incus*** (BRÉBISSON) HASSALL	-	-	-	x	x	-	x	-
	Carteria multijilis (FRESENIUS) DILL + ***C. radiosa*** KORSCHIKOV	x	xx	xx	x	-	x	x	x
	Chlamydomonas sp.	x	x	x	x	-	x	x	x
	Chlorogonium fusiforme MATWIENKO	x	-	x	x	-	-	x	-
	Chloromonas angustissima (ETTL) GERLOFF ET ETTL	x	x	x	x	-	x	x	-
	Koliella cf. ***corcontica*** HINDÁK	xx	x	x	x	-	x	-	-
	Monoraphidium dybowskii (WOLOSZYNSKA) HINDÁK ET KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ	-	x	x	xx	-	-	x	-
	Tetraedron minimum (A. BRAUN) HANSGIRG	-	x	x	-	-	-	x	-
	Cosmarium sp.	-	-	-	-	xx	-	x	-
Celkový počet vyskytujících se druhů		20	19	22	21	15	17	27	16

2.2. Druhové zastoupení fauny

2.2.1. Zooplankton

První zmínky o zastoupení zooplanktonu přinesl již výše zmiňovaný výzkum prof. Friče před zhruba 130 lety. Na konci devatenáctého století byla z hlediska zooplanktonu

oproti dnešnímu stavu biodiverzity nejzajímavější jezera Černé, Čertovo a Velké Javorské. Poměrně vysoké zastoupení především planktonních korýšů vedlo vodohospodáře zpočátku na bavorské straně Šumavy a později i na českých jezerech k chovu lososovitých ryb. (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003). Za jediný opravdu doložený původní druh ryb vyskytující se ve vodách šumavských ledovcových jezer lze považovat pstruha potočního (*Salmo trutta*). Tento druh však nebyl zastoupen ve všech jezerech, a pokud již byla jeho přítomnost v jezeře zjištěna, nebyla zvlášť hojná.

V Plešném, Prášilské a Roklanském jezeře bylo přirozené zarybnění znemožněno buďto špatnou dostupností ryb přítokem, anebo již tehdy vysoce kyselou vodou v jezeře. O osazování pstruhem v Malém a Velkém Javorském jezeře tedy víme, na české straně však kromě informací o chovu pstruha potočního v klauzuře Laka existuje jen malé množství důvěryhodných zdrojů, jež by vysazování např. sivena amerického (*Salvelina fontinalis*) mohly vždy doložit (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Z hlediska planktonu lze u všech jezer sledovat rovněž zajímavý vývoj dokonce již při výzkumu prof. Friče. Společně se svým asistentem Vávrou shromáždil Frič údaje hlavně o Černém jezeře a jeho okolí, jež dokládají právě vliv rybí predace na složení zooplanktonu (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

V jejich prvním odchytu planktonu v roce 1871 byl na Černém jezeře zaznamenán výskyt tří druhů perlooček (*Daphnia longispina, Holopedium gibberum, Bosmina longispina*) a dva druhy klanonožců (*Acanthodiaptomus dentricornis, Cyclops abyssorum*). O takto relativně bohatém druhovém zastoupení zooplanktonu nelze v jejich sběru na stejném jezeře o dvacet let později vůbec mluvit. Zřejmě z důvodu vysazení zmiňovaného sivena amerického (*Salvelina fontinalis*) v Černém jezeře zde Frič s Vávrou již vůbec nezaznamenali výskyt vznášivky horské (*Acanthodiaptomus dentricornis*), zajímavý byl i poznatek o úbytku dříve běžně se vyskytující hrbatky jezerní (*Holopedium gibberum*). Zatímco vzorky odebrané přímo z jezera obsahovaly pouze několik jedinců tohoto drobného korýše, v žaludku 32 cm dlouhého sivena uloveného v Černém jezeře tentýž den, bylo nalezeno několik tisíc jedinců. Vysazený siven se v jezeře velmi dobře aklimatizoval a úspěšně přežíval v Černém jezeře ještě ve třicátých letech minulého století, kdy bylo pH v jezeře poměrně vysoké a chemizmus povrchových vod v této oblasti byl vyvážený. Siveni nejspíše díky lepší přizpůsobivosti a pevnějšímu postavení v potravním řetězci téměř úplně potlačili autochtonní populaci pstruha potočního (*Salmo trutta*). Poslední zmínka o výskytu původní ichtyofauny Černého jezera pochází od V. Dyka z roku 1962. (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Tato změna v druhovém zastoupení jediných velkých predátorů a v nárůstu predace v jezeře vedla pravděpodobně i k postupnému vymizení či k redukci určitých druhů zooplanktonu. Za vyhynulé byly považovány v padesátých letech minulého století již čtyři druhy: *Acanthodiaptomus denticornis, Bosmina longispina, Daphnia longispina* a *Holopedium gibberum* (R. ŠRÁMEK – HUŠEK IN VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Během šedesátých let minulého století, kdy již probíhal systematický limnologický výzkum všech šumavských jezer (vedený J. Hrbáčkem z HBÚ ČSAV), který odhalil počínající proces acidifikace, pokračoval úhyn a mizení zbývajících zástupců perlooček a klanonožců. Z posledních dvou vyskytujících se druhů (*Cyclops abyssorum* a *Ceriodaphnia quadrangula*) byl na konci šedesátých let doložen už pouze jeden (*Ceriodaphnia quadrangula*) (OŠMERA 1969 IN VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003). S vymizením tohoto důležitého článku potravního řetězce jezer došlo přirozeně i k redukci a následně i k úplnému vymizení ichtyofauny v Černém jezeře.

V sedmdesátých a hlavně v průběhu osmdesátých let díky prudkému okyselení (pH pokleslo až o dvě jednotky) a současně vysoké koncentraci hliníku (téměř 1 mg/l) život v Černém jezeře prakticky vymizel. V planktonních síťkách hydrobiologů se v těchto dvou dekádách minulého století objevovaly v Černém jezeře pouze dva druhy acidotolerantních vířníků (*Microcodon clavus* a *Polyarthra remata*). Výjimečně se objevila již zmiňovaná břichatka (*Ceriodaphnia quadrangula*) avšak pouze v litorálu jezera, kde se jí podařilo přežít toto nepříznivé období nejsilnější acidifikace. Ve volné vodě je znovu zaznamenána až v roce 1997, kdy jezero prošlo už několika lety trvajícím postupným oživováním, způsobeným pozitivním obratem v chemizmu na počátku devadesátých let.

Podobný průběh lze sledovat i u litorálního společenstva bentosu. Výskyt druhů jepic a pošvatek v roce 1990 byl pouze třetinový oproti počtu druhů chycených v roce 1956. V roce 1995 byl v Černém jezeře potvrzen výskyt jenom čtyř druhů acidotolerantních pošvatek a pak velmi odolná larva jepice *Leptophlebia vespertina* (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Oproti Černému jezeru, na kterém lze díky poměrně obsáhlému zdroji dat dobře sledovat vliv a stupeň acidifikace, jsou informace o zbývajících šumavských jezerech insuficientní. Důvodem není nezájem odborníků, ten naopak po hodnotách známých z Černého jezera stále více rostl, ale překážka ve výzkumu byla díky příhraniční poloze jezer spíše politického charakteru.

Nicméně i přes takové riziko máme z osmdesátých let dvacátého století zajímavé informace o výskytu zooplanktonu, které na Prášilském jezeře potvrdila skupina kolem J.

Fotta v roce 1994. Silné okyselení vody zde přežily buchanka hlubinná (*Cyclops abyssorum*) i hrotnatka jezerní (*Daphnia cucullata*).

U ostatních jezer dnes vycházíme převážně z dat získávaných během posledních dvaceti let pracovníky BÚ ČAV. Z planktonních korýšů všechny původní druhy vyhynuly, pouze v Plešném jezeře přežila silnou acidifikaci a další chemické i fyzikální změny prostředí zde původní skákavka rybniční (*Heterocope saliens*). V Černém se držela původně hojně zastoupená perloočka *Cerioaphnia quadangula*, která je dnes běžně nalézána v jezeře Laka, a kromě Roklanského i v obou Javorských jezerech. Z původních osmi druhů korýšů, které se vyskytovaly v různém zastoupení na všech jezerech a v jejich nejbližším okolí, během minulého století zcela vymizely dva druhy a dva druhy jsou přítomné pouze na jediné jezerní lokalitě (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003)

Sledujeme-li ostatní druhy bezobratlých, dojdeme k podobným zjištěním jako u předchozích taxonů. Za doby prof. Friče byly vody ve Velkém Javorském a Plešné jezeře hojně osídleny koloniemi vířníka rodu *Conochilus*, na Plešném jezeře zaznamenal Černý ve 20. letech minulého stol. rovněž druhy *Keratella quadrata, K. testudo, Lecane luna* a *Monostyla cornuta*, které bychom zde dnes již marně hledali (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

V posledních deseti až dvaceti letech lze v daných lokalitách sledovat nejen chemické, ale postupně i náznaky biologického zotavování, které je na předchozích pozitivních změnách v chemizmu přímo závislé.

A tak díky pozitivním změnám v chemickém složení vody, nesoucím s sebou i návrat a opětovný rozvoj fytoplanktonu, lze znovu v hojnější míře nalézat také v pelagiálu Černého jezera perloočku *Ceriodaphnia quadrangula* a ve všech jezerech opět narůstá zastoupení jepic, převážně výše zmiňované *L. vespertina*. U tohoto druhu se populace na některých jezerech oproti období před třiceti lety zdvojnásobila, na Lace dokonce zdesetinásobila (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

I přes tento veskrze pozitivní vývoj v biodiverzitě ledovcových jezer nelze v následujících desetiletích počítat s úplným obnovením fauny v jezerech do stavu před dramatickými změnami v minulém století. I když se některá jezera po chemické stránce zotavují poměrně rychle, nedosahují hodnoty abiotických faktorů takové úrovně, aby se původní druhy, pokud se jim už podaří překonat všechny geografické bariéry, mohly v jezerech zároveň s úspěchem reprodukovat (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Zooplankton v silně acidifikovaných vodách jezer je zde charakterizován nízkým počtem vyskytujících se druhů, přičemž nejkyselejší z jezer (CN, CT, RA a PL) vykazují zastoupení zooplanktonní biomasy nižší než 2 %. Vyšší stupeň oživení lze vidět u zbývající skupiny jezer, nejvyšší zastoupení zooplanktonu je u PR s dominujícími zástupci třídy Crustacea.

Zástupci výše jmenované třídy zcela chybí u CT a RA, kde je zooplanktonní biomasa tvořena pouze zástupci Rotifera (*Polyartha remata, Microcodon clavus, Keraella serrulata*) a tychoplanktonním korýšem *Anathocyclops vernalis*. Jiný zástupce této třídy *Brahionus urceolaris*, obzvláště pak jeho morfa „*sericus*," typická pro vysoce kyselé lokality, charakterizuje jezera CN a PL (NEDBALOVÁ ET AL., 2006). Výskyt dalších druhů zooplanktonu byl již blíže popsán v úvodní části této kapitoly.

2.2.2. Hmyz

Úbytek o více než 50 % druhů nastal také u bentických larev jepic a pošvatek. Asi nejpodstatnější úbytek lze vypozorovat u zastoupení larev v Prášilském jezeře, kde z původních 14 druhů z 50. let do dnešní doby přežily pouze dva acidotolerantní druhy. Jediným zástupcem jepic, vyskytujícím se prokazatelně na všech pěti českých jezerech, je druh *Leptophlebia vespertina*, který přebýval v šumavských stojatých vodách také v době největší acidifikace v osmdesátých letech. Samice, jež byly loveny v letech 1975 a 1982, však poznamenal tento stresující chemický faktor natolik, že znatelně omezil jejich plodnost (VRBA, FOTT, KOPÁČEK ET AL., 2003).

Celkově na území Šumavy bylo zaznamenáno dokonce 61 zástupců řádu Ephemeroptera (v ČR celkem 91 druhů), 62 zástupců Plecoptera (v ČR 108), 156 z 220 v ČR se vyskytujících Trichoptera a 32 ze 64 v ČR zaznamenaných Odonata. Ze všech druhů žijících na území České republiky můžeme na Šumavě tedy najít 50 až 79 %, ale jedná se o rozmanité a rozlehlé území s různými typy podmínek, které takovouto poměrně vysokou biodiverzitu umožňuje (SOLDÁN ET AL., 1996). Výše jmenované druhy pak nalézáme spíše v tekoucích vodách, kde byl zachycen výskyt až 42 taxonů (převážně rodů) vodního hmyzu (RŮŽIČKOVÁ, 1998).

Níže uvedené Tab. 8 a 9 shrnují stav zooplanktonu a makrozoobentosu jezer ze srpna 2003, Tab. 9 zachycuje rovněž i druhy makrozoobentosu, které byly ve vybraných lokalitách zachyceny již dříve, ale jejichž výskyt nebyl tímto odchytem potvrzen. Zároveň zachycuje tato tabulka i druhy poprvé zaznamenané.

Tab. 9 popisuje zastoupení litorálního makrozoobentosu, jež je zastoupen celkem 10 – 12 druhy u RA,GA a KA až 32 druhy v mělčinách LA.

V taxocenóze 32 druhů jsou zahrnty 4 druhy Ephemeroptera, 8 druhů Odonata, 11 druhů Plecoptera, 2 druhy Megaloptera, 1 druh Neuroptera a 16 druhů Trichoptera (NEDBALOVÁ ET AL., 2006).

O návratu acidotolerantní jepice *Leptophlebia vespertina* do většiny jezer po roce 1990 již rovněž padla zmínka, pozoruhodný je však i návrat dvou dalších druhů jepic *Ameletus inopinatus* a *Siphlonurus lacustris* (nejdříve pozorována v CT) do většiny jezer a druhu *S. alternatus* do jezera Laka. Tato studie potvrdila také návrat čtyř druhů pošvatek považovaných v této lokalitě za vyhynulé (*Leuctra fusca*, *L. handlirschi*, *L. nigra* a *N. cinerea*). Tyto čtyři druhy byly zachyceny ve všech jezerech, ostatní zaznamenané druhy obývají pouze některá jezera.

Na druhé straně bylo u jezer zaznamenáno bohužel poměrně nízké zastoupení některých druhů Odonata (*Stomatochlora metallica* v CN a *Cordulia aenea* v KA), Megaloptera (*Sialis fuliginosa* v LA, Neuroptera (*Sisyra fuscata* v LA) a Trichoptera (*Halesus* sp. a *Phryganea striata*) (NEDBALOVÁ ET AL., 2006).

2.2.3. Biogeograficky významné druhy vodního hmyzu

Na celém území Šumavy můžeme najít z biogeografického hlediska velmi vzácné druhy všech živočichů, a vodní hmyz je nedílnou součástí tohoto cenného souboru fauny. Najdeme zde boreoalpinní a montánní zástupce, stejně jako alpínské a hercynské, výjimečně i čistě mediteránní druhy. Celkem se na Šumavě vyskytují čtyři druhy biogeograficky významných druhů jepic (*Baetis digitatus, Arthroplea congener, Ecydonurus* cf. *austriacus* a *Rhithrogena hercinia*). V zájmové lokalitě byl do současné doby potvrzen výskyt pouze jednoho z nich:

Arthroplea congener, druh s těžištěm výskytu v boreoalpinní oblasti. Výskyt na Kleiner Arbersee (1993), celkem pak na 15 lokalitách ve všech povodích Šumavy. Tento druh je v seznamu ohrožených živočichů Červené knihy (PAPÁČEK ET SOLDÁN, 1995).

Z dalších taxonů patří k těm biogeograficky cenným *Cordulegaster boltoni* z čeledi páskovcovitých, na jezerech zachycen nebyl. Dále dva druhy z řádu Plecoptera: *Isoperla hertzi* (převážně vyšší polohy Šumavy – nad 800 m n. m., avšak na jezerech nezachycen) a *Leuctra alpina*. Tento druh sice nebyl sledován přímo u jezerní plochy, ale byl nalezen na Prášilském potoce a Jezerním potoce, tedy na tocích, které komunikují s Prášilským jezerem. Oblast Šumavy tvoří u tohoto druhu severní okraj areálu výskytu, jde o druh alpinní,

jehož výskyt je na Šumavě znám už z padesátých let minulého století (PAPÁČEK ET SOLDÁN, 1995).

Ze sledovaných Heteropter lze k biogeograficky významným druhům zařadit dva z čeledi Corixidae: *Cymatia bonsdorffii* a *Glaenocorisa propinqua*. První jmenovaná se na našem území vyskytuje velmi vzácně (v Čechách pouze 6 lokalit), Šumava je považována za jižní hranici areálu výskytu tohoto eurosibiřského elementu. *Glaenocorisa propinqua* byla sledována na Čertově jezeře už ke konci předminulého století (Duda – 1884; Frič a Vávra – 1898). Tento v ČR kriticky ohrožený boreoalpinní druh (E), byl potvrzen v devadesátých letech minulého století pouze v Plešném jezeře, ne však již v hejnech, jak tomu bylo v minulosti, ale spíše ojediněle.

Ze všech šesti druhů znakoplavek vyskytujících se v ČR, a zároveň také na Šumavě, můžeme k významným druhům řadit zástupce *Notonecta lutea* a *Notonecta maculata*, již v zájmové lokalitě doposud opakovaně nalezeni nebyli.

Tab. č. 8: Seznam druhů pelagického zooplanktonu plochy v období září 2003

(Převzato a upraveno z NEDBALOVÁ L. ET AL., 2006: TABLE 5.)

x – přítomný druh, **xx** – druh představující důležitou součást celkové biomasy, **- -** nepřítomný/ nezachycený druh

Třída	Druh	CN	CT	RA	PL	KA	PR	GA	LA
Rotatoria	***Brachionus urceolaris*** (O.F. Müller, 1773) var. "***sericus***"	x	-	-	x	-	-	-	-
	Collotheca pelagica (Rousselet, 1893)	-	-	-	x	-	-	-	-
	Keratella serrulata (Ehrenberg, 1838)	-	x	x	x	-	x	x	-
	Keratella hiemalis (Carlin, 1943)	-	-	-	-	-	-	x	x
	Keratella ticinensis (Callerio, 1920)	-	-	-	-	-	-	-	x
	Keratella valga (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	x	-	-	-
	Lecane stichaea (Harring, 1913)	-	-	-	-	-	-	-	x
	Microcodon clavus (Ehrenberg, 1830)	x	-	x	x	-	-	x	-
	Polyarthra major (Burckhardt, 1900)	-	-	-	-	xx	-	x	x
	Polyarthra remata (Skorikov, 1896)	x	x	-	-	xx	x	x	xx
	Synchaeta tremula (O.F. Müller, 1786)	-	-	-	x	-	-	-	-
	Synchaeta pectinata (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	-	-	-	x
Cladocera	***Ceriodaphnia quadrangula*** (O.F. Müller, 1785)	xx	-	-	-	xx	-	x	-
	Chydorus sphaericus (O.F. Müller, 1776)	-	-	-	-	x	-	-	-
	Daphnia longispina (O.F. Müller, 1776)	-	-	-	-	-	xx	-	-
Copepoda	***Acanthocyclops vernalis*** (Fischer, 1853)	-	xx	-	x	-	-	-	xx
	Cyclops abyssorum **(**Sars, 1863)	-	-	-	-	-	xx	xx	-
	Heterocope saliens (Lilljeborg, 1863)	-	-	-	xx	-	-	-	-
Celkový počet vyskytujících se druhů		4	3	2	7	5	4	7	7

Tab. č. 9: Recentní druhy litorálního makrozoobentosu šumavských ledovcových jezer

x – přítomný druh, **n** – nový druh, který v dané lokalitě doposud nebyl zaznamenám, **m** – dříve zaznamenaný, avšak v tomto sběru nezachycený druh

(Převzato a upraveno z NEDBALOVÁ L. ET AL., 2006, Tab. 6)

Třída	Druh	CN	CT	RA	PL	KA	PR	GA	LA
Ephemeroptera	***Ameletus inopinatus*** (Eaton, 1887)	n	n		n		n		n
	Leptophlebia vespertina (L., 1758)	x	x	n	x	n	x	n	x
	Siphlonurus alternatus (Say, 1824)								x
	Siphlonurus lacustris (Eaton, 1870)	n	n		n	n	n		n
Odonata	***Aeschna cyanea*** (Müller, 1764)	n	x	n	n	n	x	n	x
	Aeschna juncea (L., 1758)		n	n			m	n	x
	Cordulia aenea (L., 1758)					n			
	Enallagma cyathigerum (Charpentier, 1840)						m		x
	Lestes sponsa (Hansemann, 1823)						x		x
	Leucorrhinia dubia (Van der Linden, 1824)								n
	Pyrrhosoma nymphula (Sulzer, 1776)	x			n	n	x	n	x
	Somatochlora metallica (Van der Linden, 1825)	n					m		m
Plecoptera	***Amphinemura triangularis*** (Ris, 1902)	x	x		x				x
	Leuctra aurita (Navás, 1919)	x	n		x		n		x
	Leuctra braueri (Kempny, 1898)		n						
	Leuctra digitata (Kempny, 1899)	x	x		x		x		x
	Leuctra fusca (L., 1758)	n	n		n		n		
	Leuctra handlirschi (Kempny, 1898)				n				n
	Leuctra nigra (Olivier, 1811)		n		n				n
	Nemoura cinerea (Retzius, 1783)	n	n	n	n		n		n
	Nemurella pictetii (Klapálek, 1900)	n	n	x	n	n	n	n	n
	Protonemura auberti (Illies, 1954)				n	x	n		n
	Protonemura hrabei (Raušer, 1956)	x	x		x		n		x
Megaloptera	***Sialis fuliginosa*** (Pictet, 1836)								n
	Sialis lutaria (L., 1758)	x	n	n	x			x	
Neuroptera	***Sisyra fuscata*** (F., 1793)								n
Trichoptera	***Agripnia varia*** (F., 1793)	x							
	Apatania fimbriata (Pictet, 1834)								x
	Halesus sp.	n							n
	Limnephilus griseus (L., 1758)		x	n					
	Limnephilus rhombicus (L., 1758)	x	x		x	x			x
	Limnephilus stigma (Curtis, 1834)			n	x	x	x	x	x
	Molanna nigra (Zetterstedt, 1840)						x		
	Molannodes tinctus (Zetterstedt, 1840)				x				
	Mystacides azurea (L., 1761)	x	x						
	Odontocerum albicorne (Scopoli, 1763)		x						x
	Oligotricha striata (L., 1758)			n	x	x	x	x	x
	Phryganea bipunctata (Retzius, 1783)	x	x		x		x		x
	Phryganea striata (Curtis, 1834)					n		n	
	Plectrocnemia conspersa (Curtis, 1834)	m	x		x		x		x
	Polycentropus flavomaculatus (Pictet, 1834)	m	x	n	x	n	x	n	x
	Psilopteryx psorosa (Kolenati, 1860)						x		
Celkový počet přítomných druhů (x + n)		19	22	10	23	12	20	10	30
Celkový počet recentních druhů (x + n + m)		21	22	10	23	12	23	10	31

Ze závěrečné zprávy Oživení vod sledovaných v rámci projektu ICP na území ČR z roku 2008 (STUCHLÍK ET AL, 2008) lze vyvodit pozitivní důsledky postupného zotavování jezer na jejich zpětné oživení. Zpráva přináší informace o složení taxocenóz hlavních přítoků pocházejících ze sběru v květnu 2007 a říjnu 2007 .

Nejvyšší zastoupení taxonů makrozoobentosu ze všech pěti jezer bylo popsáno u Prášilského jezera s 30 taxony a dohromady s 1392 jedinci. Za zmínku stojí přítomnost druhů *Brachyptera seticornis*, *Diura bicaudata*, *Dursus discolor* a *Dursus annulatus*.

Podobné druhové zastoupení lze najít u Černého a Čertova jezera, u obou bylo zjištěno celkem 25 druhů, u Čertova jezera činil celkový součet 954 a u Černého 1273 jedinců, významný je opětovný hojnější výskyt jepice *Leptophlebia vespertina*.

U jezera Laka se zastoupením 23 taxonů a s 854 odchycenými jedinci lze sledovat výrazně menší početnost pošvatek než u ostatních jezer a zároveň velkou abundanci pakomárů, zajímavé taxony: *Rhyacophila* sp. a *Chaetopteryx villosa*.

Nejkyselejší Plešné jezero (pH 4,2) je sice chudší na taxony (18), vykazuje však vyšší zastoupení jedinců jednotlivých druhů. Celkem zde bylo ve výše popsaném období chyceno 2733 jedinců jepic. Toto jezero je bohaté na pošvatky a vyskytují se zde rovněž následující zajímavé taxony: *Pseudopsilopterix zimmeri* (řád *Plecoptera*), *Micropterna nycterobia* a *Annitella obcsurata* (řád *Trichoptera*) a *Hydroporus* sp. (řád *Coleoptera*) (STUCHLÍK ET AL., 2008).

3. Metodika

3.1. Sledované lokality

Diplomová práce se stala součástí projektu, který sleduje zotavování šumavských jezer. Zájmovými lokalitami pro výzkum struktury taxocenóz vodních ploštic proto bylo osm šumavských jezer, převážně ledovcového původu. Černé jezero, Čertovo jezero, Plešné jezero, Prášilské jezero a jezero Laka tvoří skupinu jezer na české straně Šumavy. Trojice jezer Rachelsee, Großer Arbersee a Kleiner Arbersee leží na německé straně v lokalitě Bayerischer Wald.

Všechna jezera leží přibližně ve stejné nadmořské výšce (918 – 1096 m n. m.), v horské oblasti s čistým ovzduším, které však bylo v minulosti zasaženo silnou depozicí oxidů síry a dusíku.

3.2. Odchyt materiálu

Při jednotlivých odchytech bylo využito klasické semikvantitativní metody srovnatelného úsilí - odchytů cedníkem o průměru 30 cm. Smyky cedníkem byly prováděny ode dna k hladině v celém vodním sloupci vždy po 30 minut. I přes rozdíly v environmentálních podmínkách byly získány ze všech lokalit srovnatelné vzorky materiálu chytané téměř ve všech případech jedinou osobou (vedoucím diplomové práce). Jeden podzimní termín odchytů byl zajištěn autorkou této diplomové práce, jeden termín T. Ditrichem, vždy přesně podle pokynů vedoucího DP.

Sledovanou oblastí jednotlivých jezer byla litorální zóna s hloubkou maximálně do 1,54 – 2 m s přibližně stejnou vzdáleností od břehu (2 – 4 m). Počet míst odchytu byl na různých lokalitách závislý na celkové charakteristice lokality, především na litorálu a zastoupení mělčiny z celkové plochy dna. Několik vzorků bylo pro srovnání chytáno světelnou diodovou pastí, jež byla kladena vždy přes noc na Černém jezeře (27. až 28. 8. 2007), Plešném jezeře (29. až 30. 7. 2008), Prášilském jezeře (8. až 9. 8. 2007) a jezeře Laka (7. až 8. 8. 2007). Data vycházející ze sběrů světelnou pastí slouží v této práci spíše k empirickému porovnání společenstev i z větších hloubek jezer.

Odchyty proběhly v sezónách 2007 a 2008. Z roku 2007 je k dispozici vždy alespoň jeden odchyt u všech jezer kromě Černého. Odchyty na německé straně byly provedeny pouze ceníkem, stejně tak i odchyty z jezera Plešného ve stejnou sezónu. Na zbývající třech českých jezerech byla v uvedeném roce kladena světelná past (Černé, Prášilské, Laka). Na jezeře Laka proběhl navíc i odchyt cedníkem.

Sezóna 2008 je už na odchyty bohatší. Všechny, až na jeden doplňující odchyt světelnou pastí u Plešného jezera, byly zhotoveny metodou cedníku.

Z technických důvodů (povolení bavorské strany) nebyly již v této sezóně zhotoveny žádné vzorky z jezer Kleiner a Großer Arbersee.

Chycení jedinci byli ihned po odchytech fixováni v epruvetách se 70 % ethanolem či Bouinovou fixáží pro další zpracování.

Tab. č. 10: Seznam odchytů provedených na jednotlivých lokalitách

Celkový počet odchytů	Lokalita	Datum	Metoda
6	**Černé jezero**	27. – 28. 8. 2007	Svět. Past
		5. 5. 2008	Cedník
		29. 7. 2008	
		9. 9. 2008	
		30. 9. 2008	
		22. 10. 2008	
5	**Čertovo jezero**	5. 5. 2008	Cedník
		28. 7. 2008	
		8. 9. 2008	
		29. 9. 2008	
		22. 10. 2008	
9	**Plešné jezero**	7. 9. 2007	Cedník
		7. 9. 2007	
		7. 9. 2007	Síť
		6. 5. 2008	Cedník
		6. 5. 2008	
		30. 7. 2008	
		29. - 30. 7. 2008	Svět. Past
		10. 9. 2008	Cedník
		1. 10. 2008	
7	**Prášilské jezero**	8. – 9. 8. 2007	Svět. Past
		5. 5. 2008	Cedník
		29. 7. 2008	
		9. 9. 2008	
		30. 9. 2008	
		22. 10. 2008	
		22. 10. 2008	
3	**Jezero Laka**	8. 8. 2007	Cedník
		27. – 28. 8. 2007	Svět. Past
		22. 10. 2008	Cedník
4	**Rachelsee**	5. 9. 2007	Cedník
		5. 9. 2007	
		3. 9. 2008	
		3. 9. 2008	
1	**Großer Arbersee**	3. 9. 2008	Cedník
1	**Kleiner Arbersee**	3. 9. 2008	Cedník

Pozn.: Všechny odchyty byly vázány na povolení Správy CHKO Šumava vystavené na vedoucího diplomové práce či pracovníky HBÚ BC AV ČR, se kterými bylo v řadě případů terénní sledování bioty a biotických faktorů prováděno společně ve stejných datech.

3.3. Rozbor a určování materiálu

Epruvety se vzorky z jednotlivých odchytů byly na lokalitách opatřeny údaji o lokalitě, datu a metodě odchytu. V laboratoři byly všechny vzorky nejprve kvalitativně roztříděny na ploštice a jiný hmyz.

V případě „jiného hmyzu“ bylo další kvalitativní hodnocení spíše obecné, jednalo se v převážné míře spíše o larvy, které byly určeny do řádů, popř. i do rodů podle Birmangova klíče (BIRMANG ET AL., 2005). Tento hmyz byl postoupen specialistům na dané skupiny. Struktura vzorků ploštic byla hodnocena kvalitativně i kvantitativně pod mikroskopem a stereomikroskopem při běžných dostupných zvětšeních. Ploštice byly určovány podle RABITSCHova (2005) klíče akvatických a semiakvatických ploštic, dospělci čeledi Corixidae byli určováni dále i podle SAVAGEova (1989) klíče, pro přesnější zařazení larválních stádií byl užit JANSSONův (1986) klíč. K dispozici při určování byly i srovnávací sbírky vedoucího diplomové práce na Katedře biologie PF JU, a sice sbírky ploštic v etanolu, jedinců v suchém stavu a jejich terminalií na mikropreparátech. Správnost určení do druhů ve sporných případech byla ověřována vedoucím diplomové práce.

Kvantitativní zastoupení jedinců jednotlivých druhů bylo hodnoceno co do stadií a pohlaví dospělců. Všechny takto získané údaje byly zaneseny do tabulek, jež jsou uvedeny v kapitole „výsledky“.

3.4. Zpracování a analýza dat

Kromě kvalitativních údajů, pro všechny dále uvedené výpočty a charakteristiky, byly brány v úvahu pouze počty dospělých jedinců, tedy samců a samic daných druhů. Protože pro všechny lokality a obě sezóny byla k dispozici různá data, musela být rozdělena do souborů, které jsou srovnatelné.

Soubor srovnatelných vzorků tvoří odchyty z jezer Černého, Čertova, Plešného a Prášilského z roku 2008. Jedná se vždy o pět odchytů, provedených cedníkem zhruba v měsíčním odstupu. U tohoto souboru dat byly provedeny následující analýzy a uvedeny následující údaje.

3.4.1. Absolutní a relativní početnost

Absolutní početnost udává prostý součet dospělých jedinců přítomných ve vzorku z dané lokality, popřípadě počet druhů v tomto výběru (HANEL, 2000).

Relativní početnost popisuje hojnost druhu (podle počtu jedinců) ve srovnání s ostatními druhy ve vzorku. Pro relativní početnost uváděnou u druhů, popisovaných v diplomové práci, platí následující stupně četnosti:

Druh je: přítomen (nalezeni 1 – 2 jedinci)
řídký (nalezeno 3 – 10 jedinců)
běžný (nalezeno 11 – 50 jedinců)
hojný (nalezeno 51 – 100 jedinců)
velmi hojný (nalezeno více jak 100 jedinců)

3.4.2. Index druhové pestrosti

Druhová pestrost, nebo také diverzita, je strukturně kvantitativní vlastnost každého společenstva a znamená poměr počtu druhů k celkovému počtu jedinců (HANEL, 2000).

Pro analýzu dat byl vypočítán Menhinickův index druhové pestrosti, který je založen na poměru celkového počtu druhů ku druhé odmocnině celkového počtu jedinců:

$$\mathbf{D = S/ \sqrt{N}}$$

D… index druhové pestrosti

S… počet druhů

N… celkový počet jedinců

3.4.3. Index dominance

Procentuální složení společenstva vyjadřuje index dominance, který lze vypočítat následovně (HANEL, 2000): $\mathbf{D = n \times 100/S}$

D… index dominance

n… počet jedinců určitého druhu

S… celkový počet jedinců všech druhů

Podle indexu dominance můžeme druhy rozdělit do následujících kategorií:

eudominantní	– tvoří více než 10 % ve vzorku
dominantní	– tvoří 5 – 10 % ve vzorku
subdominantní	– tvoří 2 – 5 % ve vzorku
recedentní	– tvoří 1 – 2 % ve vzorku
subrecedentní	– tvoří méně než 1 % ve vzorku

3.4.4. Index konstance

Konstance vyjadřuje stálost výskytu jednotlivých druhů během více provedených kontrol na téže lokalitě (HANEL, 2000). Výpočet indexu konstance lze vypočítat podle vzorce:

$$\mathbf{K = n_i \times 100 / s}$$

K… index konstance

n_i… počet vzorků, v nichž se vyskytuje druh „i“

s… celkový počet sledovaných vzorků

Podle indexu konstance dělíme druhy na:

vzácné	- výskyt potvrzen v 0 – 20 % z celkového počtu návštěv
řídce se vyskytující	- výskyt potvrzen ve 20 – 40 % z celkového počtu návštěv
často se vyskytující	- výskyt potvrzen ve 40 – 60 % z celkového počtu návštěv
převážně se vyskytující	- výskyt potvrzen ve 60 – 80 % z celkového počtu návštěv
(téměř) vždy přítomné	- výskyt potvrzen v 80 – 100 % z celkového počtu návštěv

3.4.5. Index druhové diverzity

Pro určení druhové diverzity bylo užito Shannon – Wienerova indexu. Při jeho výpočtu se užívá přirozených logaritmů (HANEL, 2000).

$$\mathbf{D = -\Sigma\, p_i \times \ln p_i}$$

D… Shannon-Wienerův index

p_i… relativní početnost i-tého druhu ve vzorku

Tento index udává rozmanitost druhů ve společenstvu. Čím vyšší je diverzita v ekosystému, tím je tento ekosystém stabilnější.

3.4.6. Index vyrovnanosti (ekvitability)

Tato hodnota udává vyrovnanost, tedy poměr rozdělení jedinců ve společenstvu k počtu druhů (HANEL, 2000). Ekvitabilitu můžeme vypočítat podle následujícího vzorce:

$$\mathbf{e = D / \ln S}$$

e… index ekvitability

D… Shannon-Wienerův index

S… počet druhů na dané lokalitě

Čím pravidelněji jsou jedinci rozloženi do jednotlivých druhů, tím je index ekvitability vyšší.

3.4.7. Index podobnosti společenstev

Pro zhodnocení podobnosti dvou společenstev z různých lokalit nebo z různého data byl vypočítán Sörensenův index podobnosti: **C = [2w/ (A+B)] x 100**

C… Sörensenův index podobnosti

w… počet druhů, vyskytujících se v obou srovnávaných vzorcích

A… celkový počet druhů v lokalitě A

B… celkový počet druhů v lokalitě B

Hodnota indexu vyjde v procentech – 0 % znamená úplnou nepodobnost (žádný z druhů se nevyskytuje na obou lokalitách); 100 % značí úplnou podobnost (HANEL, 2000).

3.4.8. Statistické vyhodnocení závislosti výskytu jednotlivých druhů ploštic na environmentálních faktorech lokalit

Do mnohorozměrné analýzy byla z důvodů porovnatelnosti zahrnuta pouze data z odchytů na jezerech Černém, Čertově, Plešném a Prášilském v sezóně 2008.

Další selekce musela proběhnout na úrovni infrařádů vodních ploštic, kdy byl do analýzy zahrnut pouze infrařád Nepomorpha, neboť výsledky již dříve provedených analýz u těchto taxonů jinými autory ukázaly možná metodická zkreslení díky různým nárokům skutečně vodních a semiakvatických ploštic na prostředí (PAPÁČEK, DITRICH, 2009). Ze všech čtyř do analýzy zahrnutých jezer navíc Gerromorpha byla hojněji chytána v roce 2008 pouze na jednom z nich. Tato skutečnost by mohla nežádoucím způsobem ovlivnit výsledek analýzy.

Závislost výskytu druhů vodních ploštic na abiotických vlivech prostředí byla hodnocena pomocí programu Canoco for Windows metodou mnohorozměrné RDA analýzy (LEPŠ, ŠMILAUER, 2003). Do výpočtu byly zahrnuty hodnoty vybraných abiotických faktorů lokalit naměřené a zjištěné v sezóně 2008 pracovníky HBÚ AV v Českých Budějovicích (se svolením poskytovatele doc. J. Vrby). Pro výběr environmentálních faktorů do analýzy bylo využito Monte-Carlo permutačního testu. Hodnoty jednotlivých proměnných byly upraveny odmocninovou transformací. Do užšího výběru byly zařazeny následující charakteristiky lokalit, jež statisticky významně ovlivňují vysvětlované proměnné (výskyt jednotlivých druhů ploštic):

Nadmořská výška, velikost vodní plochy, objem vody, otevřenost vůči okolnímu prostředí, zastoupení mělčiny v celkové ploše dna jednotlivých jezer, teplota a pH vody, obsah fytoplanktonu, zooplanktonu a chlorofylu *a*, obsah celkového množství reaktivního hliníku (TR-Al), množství hliníku vázaného v iontech (L-Al) a volné hliníkové částice (P-Al),

dále zastoupení síranů, dusičnanů a amonných kationtů. Všechny hodnoty těchto proměnných jsou uvedeny v Tab. 11.

Pro proměnnou „otevřenost“ bylo použito tzv. „fuzzy variables“ kódování (kategorie „otevřenost ano“ a „otevřenost ne“; každá veličina zvlášť ještě binárně kódovaná). Na základě výsledků mnohorozměrné analýzy byly v programu CanoDraw vytvořeny dva grafy, jež znázorňují významnost jediné environmentální proměnné s průkazným vlivem na výskyt jednotlivých druhů a dále také výskyt druhů na všech čtyřech testovaných lokalitách.

Tab. č. 11: Hodnoty environmentálních proměnných pro mnohorozměrnou analýzu programem Canoco for Windows

Proměnná/ Lokalita	CN	CT	PL	PR
Nadmořská výška (m n. m.)	1008	1030	1090	1080
Plocha (ha)	18,4	10,3	7,5	4,2
Objem vody (10^6 m^3)	2,88	1,85	0,62	0,27
Otevřenost – ano	0	0	1	1
Otevřenost – ne	1	1	0	0
Zastoupení mělčiny (%)	9,4	9,3	23,3	16
Teplota vody (℃)	7,6	10,5	10,1	10,7
pH	4,87	4,74	5,02	5,09
Zastoupení fytoplanktonu (µg C/l)	39	23	419	283
Zastoupení zooplanktonu (µg C/l)	0,1	0,1	10,2	129
Obsah chlorofylu (µg/l)	2,57	3,47	23,48	3,68
TR – Al (µg/l)	219	355	536	201
L – Al (µg/l)	135	241	220	56
P – Al (µg/l)	65	47	197	46
SO_4^{2-} (mg/l)	3,15	3,28	2,93	2,06
NH_4 (µg/l)	66	108	143	113
NO_3 (mg/l)	0,79	0,46	0,82	0,3

Legenda: TR-Al – celkový reaktivní hliník; L-Al – hliník vázaný v iontech; P-Al – volné částice hliníku

4. Výsledky

Vzhledem ke srovnatelnosti vzorků nelze statisticky zcela průkazně vyhodnotit a porovnat sběry z obou sledovaných let, tedy ze sezóny 2007 a sezóny 2008. Pro podrobnější popisnou statistiku byly vybrány pouze sběry z roku 2008 provedené klasickou metodou (cedníkem), a to z jezer Černého, Čertova, Prášilského a Plešného. Je hodnocen pouze výskyt daných druhů, ne jejich dynamika, proto jsou do výpočtů zahrnuty pouze souhrnné počty dospělých jedinců.

Data z ostatních jezer, popř. ze sezóny 2007, byla však zpracována v maximálním možném rozsahu tak, aby mohla nést potřebnou vypovídající hodnotu. V následujících přehledových tabulkách Tab. 12 až 19 jsou v abecedním pořadí uvedeny zjištěné druhy vodních ploštic a okrajově i taxony jiného hmyzu chytaného v daných lokalitách v sezónách 2007 a 2008, včetně larválních stádií.

Ve všech odchytech na osmi ledovcových jezerech Šumavy bylo zaznamenáno celkem sedm druhů infrařádu Gerromorpha, z nichž šest druhů náleží do čeledi Gerridae (*Aquarius najas, Gerris lateralis, Gerris lacustris, Gerris odontogaster, Gerris thoracicus* a *Limnoporus rufoscutelatus*). Poslední druh z tohoto infrařádu patří do čeledi Veliidae, jedná se o *Velia caprai*.

Daleko početnější bylo zastoupení infrařádu Nepomorpha, u něhož byl v zájmové lokalitě zjištěn výskyt třinácti druhů z čeledi Corixidae (*Callicorixa praeusta, Corixa punctata, Glaenocorisa propinqua, Hesperocorixa sahlbergi, Micronecta sp., Paracorixa concinna, Sigara distincta, Sigara falleni, Sigara fossarum, Sigara lateralis, Sigara nigrolineata, Sigara semistriata* a *Sigara striata*).

Z čeledi Notonectidae se v jezerech vyskytují čtyři druhy (*Notonecta glauca, Notonecta lutea, Notonecta reuteri* a *Notonecta viridis*).

Celkový počet vyskytujících se akvatických a semiakvatických ploštic v areálu šumavských ledovcových jezer v sezóně 2007 – 2008 je 24 druhů.

Tab. č. 12: Černé jezero

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Černé jezero	***27.-28. 8.2007***	***Sv. past***	*Glaenocorisa propinqua*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	**hloubka cca 20 cm**
			S. nigrolineata	*2*	0	2	0	0	0	0	0	

2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Černé jezero	***5.5.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*6*	2	4	0	0	0	0	0	*Cyclops sp.* - 25ks
		9.30-10.30	*S. distincta*	*6*	2	4	0	0	0	0	0	Ephemeroptera (larv.stádia) - 12ks
			S. fossarum	*47*	27	20	0	0	0	0	0	Plecoptera (larv.stádia) - 4ks
			S. nigrolineata	*34*	16	18	0	0	0	0	0	
Černé jezero	***29.7.2008***	***Cedník***	*Micronecta Sp.*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	
		10.45 - 11.45	*S. distincta*	*1*	0	1	0	0	15	24	48	
			S. nigrolineata	*3*	1	2	0	0	38	26	10	
Černé jezero	***9.9.2008***	***Cedník***	*Callicorixa praeusta*	*1*	1	0	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.*(larv.stádia) - 2ks
		9.20-10.20	*Glaenocorisa propinqua*	*3*	2	1	0	0	8	9	5	Odonata (larv.stádia) - 3ks
			Notonecta glauca	0	0	0	0	0	0	1	0	
			Paracorixa concinna	*3*	1	2	0	0	0	0	0	
			S. distincta	*1*	1	0	0	0	0	0	2	
			S. fossarum	*81*	39	42	0	0	0	0	15	
			S. nigrolineata	*96*	45	51	0	0	0	1	12	
Černé jezero	***30.9.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*8*	4	4	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.*(larv.stádia) - 2ks
		9.00-10.00	*S. fossarum*	*16*	12	4	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*5*	4	1	0	0	0	0	0	
Černé jezero	***22.10.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*12*	7	5	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.*(larv.stádia) - 2ks
		30 min.	*Notonecta reuteri*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	Trichoptera (larv.stádia) - 1ks
			Notonecta viridis	*1*	0	1	0	0	0	0	0	
			S. fossarum	*8*	3	5	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*13*	4	9	0	0	0	0	0	
CN - celkem - 5 odchytů	**2008**	**Cedník**	***Callicorixa praeusta***	**1**								
(Σ♀♀♂♂)			***Glaenocorisa propinqua***	**29**								
			Micronecta Sp.	**1**								
			Notonecta reuteri	**1**								
			Notonecta viridis	**1**								
			Paracorixa concinna	**3**								
			S. distincta	**8**								
			S. fossarum	**152**								
			S. nigrolineata	**151**								

Tab. č. 13: Čertovo jezero

2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Čertovo jezero	***5.5.2008***	***Cedník***	*S. distincta*	*8*	2	6	0	0	0	0	0	**hodně vody, pod mrakem**
		11.15-12.00	*S. fossarum*	*10*	2	8	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*25*	5	20	0	0	0	0	0	
Čertovo jezero	***28.7.2008***	***Cedník***	*S. falleni*	*4*	1	3	0	0	63	81	36	Odonata (larv.stádia) -1ks
		9.00-10.00	*S. nigrolineata*	*42*	20	22	0	5	69	145	62	
Čertovo jezero	***8.9.2008***	***Cedník***	*S. distincta*	*105*	34	71	0	0	0	0	19	Diptera (larv.stádia) - 2ks
		10.10-11.10	*S. fossarum*	*77*	36	41	0	0	0	0	4	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 5ks
			S. nigrolineata	*206*	69	137	0	0	2	4	18	
Čertovo jezero	***29.9.2008***	***Cedník***	*S. distincta*	*7*	3	4	0	0	1	4	1	Diptera (larv.stádia) - 2ks
		10.45-12.00	*S. fossarum*	*8*	3	5	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 5ks
			S. nigrolineata	*28*	11	17	0	0	0	0	0	
Čertovo jezero	***22.10.2008***	***Cedník***	*Glaenosorisa propinqua*	*11*	9	2	0	0	0	0	3	*Dytiscus sp.* - 2ks
		30 min.	*S. distincta*	*20*	6	14	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
			S. fossarum	*9*	1	8	0	0	0	0	0	Trichoptera (larv.stádia) - 1ks
			S. nigrolineata	*45*	27	18	0	0	0	0	0	
CT - celkem - 5 odchytů (Σ♀♀♂♂)	**2008**	**Cedník**	***Glaenosorisa propinqua***	**11**								
			S. distincta	**140**								
			S. falleni	**4**								
			S. fossarum	**104**								
			S. nigrolineata	**346**								

Tab. č. 14: Jezero Laka 2007-2008

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Laka	***8.8.2007***	***Cedník***	*Gerris thoracicus - makropt.*	*2*	2	0	0	1	0	2	0	
			Notonecta glauca	*13*	11	2	0	1	4	5	33	
			S. nigrolineata	*2*	0	2	0	0	0	0	0	
Laka	***27.-28. 8.2007***	***Sv. past***	*Notonecta glauca*	*3*	0	3	0	0	3	7	29	

2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Laka	***22.10.2008***	***Cedník***	*Gerris lacustris, makropt.*	*0*	0	0	0	0	0	0	1	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
		30 min.	*Notonecta lutea*	*11*	6	5	0	0	0	1	0	
			S. distincta	*1*	1	0	0	0	0	0	1	
			S. falleni	*2*	2	0	0	0	0	0	0	
			Velia caprai	*3*	3	0	0	0	0	0	0	

Tab. č. 15a: Plešné jezero 2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Plešné jezero	***7.9.2007***	***Cedník***	*Aquarius najas*	*1*	0	1	0	1	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
			Glaenocorisa propinqua	*1*	1	0	0	0	2	1	3	Odonata (larv.stádia) - 1ks
			Notonecta glauca	*0*	0	0	0	0	0	0	2	**v bouinu**
			S. distincta	*1*	0	1	0	0	0	1	0	
			S. falleni	*1*	1	0	0	0	0	0	0	
			S. lateralis	*0*	0	0	0	0	3	0	0	
			S. nigrolineata	*181*	110	71	0	0	1	10	81	
Plešné jezero	***7.9.2007***	***Cedník***	*S. distincta*	*1*	1	0	0	0	0	0	0	**v lihu**
			S. lateralis	*1*	1	0	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*387*	208	179	0	0	0	0	0	
Plešné jezero	***7.9.2007***	***Síť***	*Glaenocorisa propinqua*	*1*	1	0	0	0	0	0	0	**šikmý tah sítí, 12m hloubka**
PL - celkem (Σ♀♀♂♂)	**7.9.2007**	**Cedník**	***Aquarius najas***	**1**								
			Glaenocorisa propinqua	**1**								
			S. distincta	**2**								
			S. falleni	**1**								
			S. lateralis	**1**								
			S. nigrolineata	**568**								

Tab. č. 15b: Plešné jezero 2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Plešné jezero	***6.5.2008***	***Cedník***	*Gerris lateralis, makropt.*	*3*	0	3	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* - 1ks
	9.30-11:50		*Glaenocorisa propinqua*	*3*	0	3	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
			S. distincta	*1*	0	1	0	0	0	0	0	Ephemeroptera (larv.stádia) - 1ks
			S. falleni	*2*	2	0	0	0	0	0	0	Odonata (larv.stádia) - 4ks
			S. nigrolineata	*389*	196	193	0	0	0	0	0	Plecoptera (larv.stádia) - 10ks
Plešné jezero	***6.5.2008***	***Cedník***	*S. falleni*	*2*	1	1	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* - 1ks
	12.00-12.50		*S. nigrolineata*	*206*	85	121	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 3ks
												Odonata (larv.stádia) - 3ks
Plešné jezero	***30.7.2008***	***Svět. Past***	*Glaenocorisa propinqua*	*12*	3	9	0	0	0	4	80	
	0.00 - 8.00											
Plešné jezero	***30.7.2008***	***Cedník***	*Gerris lateralis, makropt.*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	
	8.35 - 9.35		*Gerris lacustris, makropt.*	*3*	3	0	0	0	0	1	6	
			Limnoporus rufoscutelatus	*1*	0	1	0	0	0	0	0	
			Notonecta glauca	*0*	0	0	0	0	2	1	1	
			S. distincta	*0*	0	0	0	0	7	10	2	
			S. nigrolineata	*148*	100	48	0	0	23	63	124	
Plešné jezero	***10.9.2008***	***Cedník***	*Gerris lacustris, makropt.*	*0*	0	0	0	1	0	0	1	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 2ks
	9.18-10.18		*Notonecta glauca*	*1*	0	1	0	0	0	0	1	Odonata (larv.stádia) - 2ks
			S. distincta	*8*	7	1	0	0	1	0	1	
			S. nigrolineata	*896*	346	550	0	0	0	1	10	
Plešné jezero	***1.10.2008***	***Cedník***	*S. distincta*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 4ks
	9.15 - 10.15		*S. nigrolineata*	*350*	145	205	0	0	0	0	0	
PL - celkem - 5 odchytů (Σ♀♀♂♂)	**2008**	**Cedník**	***Gerris lateralis, makropt.***	**4**								
			Gerris lacustris, makropt.	**3**								
			Glaenocorisa propinqua	**3**								
			Limnoporus rufoscutelatus	**1**								
			Notoneca glauca	**1**								
			S. distincta	**10**								
			S. falleni	**4**								
			S. nigrolineata	**1989**								

Tab. č. 16: Prášilské jezero 2007-2008

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Prášilské jezero	***8.-9.8. 2007***	***Sv. past***	*Corixa punctata*	*3*	1	2	0	0	0	0	0	**Past klad. u trávy**
			Glaenocorisa propinqua	*15*	5	10	0	0	0	0	0	**vpravo - za ter. st.**
			Notonecta glauca	*0*	0	0	0	0	0	0	1	**poblíž zadní stěny**
			S. falleni	*1*	1	0	0	0	0	0	0	

2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Prášilské jezero	***5.5.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*4*	2	2	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* - 1ks
		13.30-14.30	*Hesperocorixa sahlbergi*	*1*	1	0	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
			S. distincta	*7*	0	7	0	0	0	0	0	Odonata (larv.stádia) - 1ks
			S. falleni	*2*	2	0	0	0	0	0	0	**2x tahem sítě ode dna**
			S. fossarum	*9*	4	5	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*12*	9	3	0	0	0	0	0	
Prášilské jezero	***29.7.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*1*	0	1	0	0	0	0	0	*Ephemeroptera* (larv.stádia) - 2ks
		15.30-16.00	*Notonecta glauca*	*0*	0	0	0	0	0	1	0	Odonata (nymfy) - 9ks
			S. nigrolineata	*16*	9	7	0	0	2	59	9	*Triturus sp.* (larv. stádia) - 1ks
			S. striata	*1*	1	0	0	0	0	0	0	
Prášilské jezero	***9.9.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*0*	0	0	0	0	7	3	2	*Dytiscus sp.* - 45ks
		11.40-12.10	*S. distincta*	*4*	1	3	0	0	1	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 2ks
			S. fossarum	*13*	6	7	0	0	0	0	0	Odonata (larv.stádia) - 4ks
			S. nigrolineata	*10*	4	6	0	0	0	0	0	
Prášilské jezero	***30.9.2008***	***Cedník***	*Paracorixa concinna*	*2*	0	2	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* - 4ks
		11.10-12.00	*S. fossarum*	*5*	1	4	0	0	0	0	0	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 2ks
			S. nigrolineata	*2*	1	1	0	0	0	0	0	Odonata (larv.stádia) - 11ks
Prášilské jezero	***22.10.2008***	***Cedník***	*S. distincta*	*6*	2	4	0	0	0	0	1	**přítok - nezapočteno**
		5 min.	*S. falleni*	*9*	2	7	0	0	0	0	0	
			S. fossarum	*18*	18	0	0	0	0	0	1	
			S. nigrolineata	*4*	0	4	0	0	0	0	0	
Prášilské jezero	***22.10.2008***	***Cedník***	*Glaenocorisa propinqua*	*1*	1	0	0	0	0	1	0	
		30 min.	*Notonecta glauca*	*1*	1	0	0	0	0	0	0	
			S. falleni	*4*	2	2	0	0	0	0	0	
			S. fossarum	*3*	0	3	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*7*	2	5	0	0	0	0	0	
PR - celkem - 5 odchytů (Σ♀♀♂♂)	**2008**	**Cedník**	***Glaenocorisa propinqua***	**6**								
			Hesperocorixa sahlbergi	**1**								
			Notonecta glauca	**1**								
			S. distincta	**11**								
			S. falleni	**6**								
			S. fossarum	**30**								
			S. nigrolineata	**47**								
			S. striata	**1**								

Tab. č. 17: Rachelsee 2007-2008

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Rachelsee	***5.9.2007***	***Cedník***	*S. distincta*	*3*	3	0	0	0	4	9	8	
			S. fossarum	*17*	10	7	0	0	0	0	3	
			S. nigrolineata	*29*	14	15	0	0	0	0	6	
Rachelsee	***5.9.2007***	***Cedník***	*G. odontogaster, makropt.*	*0*	0	0	0	0	0	0	1	
			Glaenocorisa propinqua	*0*	0	0	0	0	0	1	0	
			S. distincta	*6*	5	1	0	0	0	0	23	
			S. fossarum	*77*	40	37	0	0	9	0	47	
			S. nigrolineata	*157*	102	57	0	0	0	0	26	
RA - celkem (Σ♀♀♂♂)	**2007**	**Cedník**	***S. distincta***	**9**								
			S. fossarum	**94**								
			S. nigrolineata	**186**								

2008

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Rachelsee	***3.9.2008***	***Cedník*** 30 min.	*Gerris lacustris, makropt.*	*8*	4	4	0	1	1	2	4	*Dytiscus sp.* (larv.stádia) - 1ks
			G. odontogaster, makropt.	*2*	2	0	0	0	0	1	1	
			S. distincta	*2*	1	1	0	0	0	0	0	
			S. fossarum	*9*	1	8	0	0	0	6	2	
			S. nigrolineata	*45*	26	19	0	0	2	4	18	
Rachelsee	***3.9.2008***	***Cedník*** 30 min.	*Gerris lacustris, makropt.*	*11*	5	6	1	1	0	1	4	
			S. distincta	*1*	0	1	0	0	2	3	3	
			S. fossarum	*6*	0	6	0	0	0	0	0	
			S. nigrolineata	*10*	2	8	0	0	0	0	0	
			Velia caprai	*2*	2	0	0	0	0	0	0	
RA - celkem (Σ♀♀♂♂)	**2008**	**Cedník**	***Gerris lacustris, makropt.***	**19**								
			G. odontogaster, makropt.	**2**								
			S. distincta	**3**								
			S. fossarum	**15**								
			S. nigrolineata	**55**								
			Velia caprai	**2**								

Tab. č. 18: Großer Arbersee

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Großer Arbersee	***3.9.2007***	***Cedník***	*S. fossarum*	*24*	13	11	0	0	0	6	9	**déšť**
			S. semistriata	*3*	2	1	0	0	0	0	0	
			Notonecta lutea	*2*	2	0	0	0	0	0	0	

Tab. č. 19: Kleiner Arbersee

2007

Lokalita	Datum	Metoda	Druh	Σ♀♀♂♂	♂♂	♀♀	I.instar	II.instar	III.instar	IV.instar	V.instar	poznámka
Kleiner Arbersee	***3.9.2007***	***Cedník***	*S. distincta*	*9*	6	3	0	0	1	0	8	
		30 min.	*S. nigrolineata*	*128*	58	70	0	0	2	4	5	
			Notonecta glauca	*8*	5	3	0	0	0	0	2	

4.1. Taxocenózy vodních ploštic Černého, Čertova, Plešného a Prášilského jezera

4.1.1. Černé jezero

Tab. č. 20: Relativní zastoupení druhů vodních ploštic lokality CN (2008)

Infrařád	Čeleď	Druh	(Σ♀♀♂♂)	Relativní početnost druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Callicorixa praeusta*	1	přítomen
		Glaenocorisa propinqua	29	běžný
		Micronecta sp.	1	přítomen
		Paracorixa concinna	3	řídký
		S. distincta	8	řídký
		S. fossarum	152	velmi hojný
		S. nigrolineata	151	velmi hojný
	Notonectidae	*Notonecta reuteri*	1	přítomen
		Notonecta viridis	1	přítomen

Tab. č. 21: Index dominance a index konstance druhů vodních ploštic lokalitě CN (2008)

Infrařád	Čeleď	Druh	Menhinickův index dominance (%)	Hodnocení druhu	Index konstance (%)	Charakteristika druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Callicorixa praeusta*	0,35	subrecedentní	20	vzácný
		Glaenocorisa propinqua	8,36	dominantní	80	téměř vždy přítomný
		Micronecta sp.	0,35	subrecedentní	20	vzácný
		Paracorixa concinna	0,86	subrecedentní	20	vzácný
		S. distincta	2,31	subdominantní	60	často se vyskytující
		S. fossarum	43,8	eudominantní	80	téměř vždy přítomný
		S. nigrolineata	43,52	eudominantní	100	vždy přítomný
	Notonectidae	*Notonecta reuteri*	0,35	subrecedentní	20	vzácný
		Notonecta viridis	0,35	subrecedentní	20	vzácný

Na lokalitě bylo použito v sezóně 2007 k odchytu vodních ploštic metody světelné pasti. Výsledky tohoto odchytu jsou zachyceny v Tab. 10 a jsou to zároveň jediná data z této sezóny. V hloubce 20 cm při břehu, kde byla světelná past umístěna přes noc z 27. na 28. 8. 2007, se podařilo chytit pouze jednoho dospělce *Glaenocorisa propinqua* a dva dospělce *Sigara nigrolineata*.

Následující sezónu již bylo k odchytu užito pouze cedníku, a to ve sběrech z 5.5., 29.7., 9.9., 30.9. a 22.10. 2008. V těchto pěti odchytech bylo zaznamenáno celkem 9 druhů, u nichž se podařilo chytit dospělé jedince. Právě z těchto pěti vzorků získaných v roce 2008 vychází i výpočty v Tab. 18 charakterizující sledovanou lokalitu.

Absolutní početnost v sezóně 2008 čítá celkem devět druhů. Z hlediska relativní početnosti charakterizuje Tab. 20.

Index druhové pestrosti: D = 0,48

Na sledované lokalitě bylo zjištěno 9 druhů vodních ploštic o celkovém počtu 347 dospělých exemplářů.

Z devíti druhů, které byly na lokalitě Černého jezera pozorovány, lze podle indexu dominance označit pět druhů za subrecedentní (zastoupení ve vzorku nepřesáhlo 1 %). Tyto druhy (*Callicorixa praeusta, Micronecta sp., Notonecta reuteri, Notonecta viridis* a *Paracorixa concinna*) byly chyceny pouze po 1 – 3 jedincích, a to vždy pouze v jednom z pěti vzorků.

Sigara distincta, jež se vyskytovala ve dvou vzorcích celkově v počtu osmi dospělých jedinců, je ve výběru subdominantním často se vyskytujícím druhem, neboť D = 2,31 % a K = 60 %.

Druhy *Glaenocorisa propinqua* a *Sigara fossarum* svým výskytem ve čtyřech z pěti vzorků náleží ke druhům téměř vždy přítomným (K = 80 %). Zatímco *Glaenocorisa* s D = 8,36 % náleží svým výskytem k dominantním druhům, *Sigara fossarum* s D = 43,8 % musí být řazena k druhům eudominantním.

Vždy přítomným taxonem lokality je *Sigara nigrolineata* (K = 100%) a s indexem dominance D = 43,52 % patří, vedle *S. fossarum*, rovněž k eudominantním druhům ve výběru. Souhrn indexů jednotlivých druhů je obsažen v Tab. 21.

Index druhové diverzity a index ekvitability

Druhová diverzita Černého jezera D_D = 1,126, index vyrovnanosti e = 0,663.

4.1.2. Čertovo jezero

Pro popis taxocenóz Čertova jezera je k dispozici pouze 5 odchytů cedníkem ze sezóny 2008. Nejhojněji byly zastoupeny klešťanky rodu *Sigara*, z něhož pak nejpočetnějším zástupcem je *S. nigrolineata*.

Tab. č. 22: Relativní zastoupení druhů vodních ploštic lokality CT (2008)

Infrařád	Čeleď	Druh	(Σ♀♀♂♂)	Relativní početnost druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Glaenocorisa propinqua*	11	řídký
		S. distincta	140	velmi hojný
		S. falleni	4	přítomen
		S. fossarum	104	velmi hojný
		S. nigrolineata	346	velmi hojný

Tab. č. 23: Index dominance a index konstance druhů v lokalitě CT

Infrařád	Čeleď	Druh	Menhinickův index dominance (%)	Hodnocení druhu	Index konstance (%)	Charakteristika druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Glaenocorisa propinqua*	1,82	recedentní	20	vzácný
		S. distincta	23,14	eudominantní	100	vždy přítomný
		S. falleni	0,66	subrecedentní	20	vzácný
		S. fossarum	17,19	eudominantní	80	téměř vždy přítomný
		S. nigrolineata	57,19	eudominantní	100	vždy přítomný

Absolutní početnost ze všech pěti odchytů zahrnuje pět druhů. Z hlediska relativní početnosti charakterizuje Tab. 22.

Index druhové pestrosti (CT): D = 0,2

Na lokalitě Černého jezera byla zaznamenána přítomnost pěti druhů o celkové početnosti 605 jedinců, podrobně je index popsán v Tab. 23.

V pěti odchytech provedených na Čertově jezeře v sezóně 2008 lze z celkových pěti zachycených druhů označit tři za eudominantní – *S. distincta*, (D = 23 %); *S. fossarum* (D = 80 %) a *S. nigrolineata* (D = 57 %). Všechny tyto tři druhy byly v odchytech téměř vždy (*S. fossarum*), anebo vždy přítomné (*S. distincta* a *S. nigrolineata*).

Zbývající dva přítomné druhy řadí hodnota indexu konstance (K) do skupiny druhů, jež najdeme ve sběrech spíše vzácně. Jde konkrétně o zde recedentní taxon *Glaenocorisa propinqua* (K = 20 %, D = 1,82 %) a subrecedentní *S. falleni* (K = 20 %, D = 0,66 %).

Index druhové diverzity a index ekvitability

Čertovo jezero není co do počtu druhů zrovna bohaté, avšak index druhové diverzity ze vzorků, jež byly k dispozici, dosáhl ve srovnání s ostatními jezery poměrně vysoké hodnoty D_D = 1,057.

Rozložení jedinců do jednotlivých druhů dosáhlo hodnoty e = 0,663.

4.1.3. Plešné jezero

I z této lokality byla pro ekologickou charakteristiku struktury taxocenózy vodních ploštic vybrána pouze data z pěti odchytů cedníkem v sezóně 2008, i když jsou k dispozici navíc 3 odchyty ze sezóny 2007.

Tab. č. 24: Relativní zastoupení druhů vodních ploštic lokality PL (2008)

Infrařád	Čeleď	Druh	(Σ♀♀♂♂)	Relativní početnost druhu
Gerromorpha	Gerridae	*Gerris lateralis, makropt.*	4	řídký
		Gerris lacustris	3	řídký
		Limnoporus rufoscutelatus	1	přítomen
Nepomorpha	Corixidae	*S. distincta*	10	řídký
		S. falleni	4	řídký
		S. nigrolineata	1989	velmi hojný
		Glaenocorisa propinqua	3	řídký
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	1	přítomen

Tab. č. 25: Index dominance a index konstance druhů v lokalitě PL

Infrařád	Čeleď	Druh	Menhinickův index dominance (%)	Hodnocení druhu	Index konstance (%)	Charakteristika druhu
Gerromorpha	Gerridae	*Gerris lateralis, makropt.*	0,2	subrecedentní	40	často se vyskytující
		Gerris lacustris, makropt.	0,15	subrecedentní	40	často se vyskytující
		Limnoporus rufoscutelatus	0,05	subrecedentní	20	vzácný
Nepomorpha	Corixidae	*Glaenocorisa propinqua*	0,15	subrecedentní	20	vzácný
		S. distincta	0,5	subrecedentní	80	téměř vždy přítomný
		S. falleni	0,2	subrecedentní	40	často se vyskytující
		S. nigrolineata	98,7	eudominantní	100	vždy přítomný
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	0,05	subrecedentní	20	vzácný

Odchyty ze sezóny 2007 proběhly všechny ve stejný den, dva z nich i stejnou metodou – cedníkem, třetí sběr vznikl šikmým tahem sítí (z plovoucího člunu, pracovníci HBÚ BC AV ČR) ode dna v hloubce cca 12 m a obsahoval pouze jednoho jedince druhu *Glaenocorisa propinqua*.

Pro obě sezóny je typická hojná přítomnost druhu *Sigara nigrolineata*, jež lze už na první pohled označit za eudominantní druh ve vzorcích z této lokality. Porovnáme-li srovnatelné sběry z obou sezón (tj. vzorky z 7.9.2007 a 10.9.2008, získané shodně odchyty cedníkem) obdobným způsobem i pro ostatní taxony, zjistíme, že sice vzácněji, ale v obou letech přítomné, jsou pouze druhy *S. distincta* a *Notonecta glauca*.

Absolutní početnost v pěti odchytech provedených cedníkem v sezóně 2008 je 8 druhů, což je patrné z Tab. 24.

Index druhové pestrosti

V popisované lokalitě byla v uvedených odchytech zachycena přítomnost osmi druhů o celkovém počtu 2015 jedinců, D = 0,18, podrobněji viz Tab. 25.

Eudominantním druhem je zde *Sigara nigrolineata*, jejíž index dominance ve vzorcích dosáhl hodnoty 98,7 %.

Zbylá necelá dvě procenta připadají na subrecedentní druhy. U třech z nich (*Glaenocorisa propinqua, Limnoporus rufoscutelatus* a *Notonecta glauca*) index konstance spadá vzhledem k ostatním přítomným druhům do kategorie vzácných druhů (K = 20 %),

tři (*Gerris lateralis, makropt.*, *Gerris lacustris, makropt.* a *S. falleni*) můžou být v součtu vzorků označeny za často se vyskytující (K = 40 %).

S. distincta ve výběru představuje druh téměř vždy přítomný, chyběla pouze v jednom vzorku, K = 80 %.

Index druhové diverzity a index ekvitability

Na základě výše uvedených dat a indexů můžeme předpokládat nízké hodnoty obou těchto indexů, popisujících pestrost a rovnoměrné rozložení jedinců do vzorků. Necháme-li mluvit čísla, shledáme, že tato domněnka nebyla daleko od pravdy:

$$D_D = 0{,}091;\ e = 0{,}044$$

4.1.4. Prášilské jezero

I když existují z Prášilského jezera data ze sezóny 2007, nemají pro srovnání s následující sezónou dostatečnou vypovídající hodnotu, neboť se jedná pouze o jeden odchyt, který byl navíc proveden metodou světelné pasti.

Tab. č. 26: Relativní zastoupení druhů vodních ploštic lokality PR (2008)

Infrařád	Čeleď	Druh	(Σ♀♀♂♂)	Relativní početnost druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Glaenocorisa propinqua*	6	řídký
		Hesperocorixa sahlbergi	1	přítomen
		S. distincta	11	běžný
		S. falleni	6	řídký
		S. fossarum	30	běžný
		S. nigrolineata	47	běžný
		S. striata	1	přítomen
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	1	přítomen

Tab. č. 27: Index dominance a index konstance druhů v lokalitě PR

Infrařád	Čeleď	Druh	Menhinickův index dominance (%)	Hodnocení druhu	Index konstance (%)	Charakteristika druhu
Nepomorpha	Corixidae	*Glaenocorisa propinqua*	5,83	dominantní	80	téměř vždy přítomný
		Hesperocorixa sahlbergi	0,97	subrecedentní	20	vzácný
		S. distincta	10,67	eudominantní	40	často se vyskytující
		S. falleni	5,83	dominantní	40	často se vyskytující
		S. fossarum	29,13	eudominantní	80	téměř vždy přítomný
		S. nigrolineata	45,63	eudominantní	100	vždy přítomný
		S. striata	0,97	subrecedentní	20	vzácný
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	0,97	subrecedentní	20	vzácný

Data z tohoto sběru jsou zajímavá z hlediska druhového zastoupení. V tomto „na světlo získaném“ vzorku, byli nalezeni jediní tři jedinci *Corixa punctata* ze všech šumavských sběrů v obou sledovaných sezónách. Poměrně hojně (15 dospělých jedinců) byla zastoupena i *Glaenocorisa propinqua*. V odchytech provedených cedníkem se počty tohoto druhu v lokalitě Prášilského jezera pohybovaly pouze v rozmezí 0 – 4 dospělých jedinců.

Za pozornost stojí i bohatší druhové zastoupení ostatních taxonů hmyzu v jednotlivých odchytech ve srovnání s ostatními lokalitami, konkrétně jde o potápníky čeledi Dytiscidae (Coleoptera) a dále o vážky (Odonata) a jepice (Ephemeroptera) (viz Tab. 16).

Do podrobnější popisné statistiky nebyl rovněž zahrnut druhý odchyt z 22.10.2008, protože pochází z transektu přítoku, kde je početnost druhů přirozeně vyšší (viz Tab. 16).

Absolutní početnost druhů: 103 dospělých jedinců chycených v lokalitě Prášilského jezera náleží osmi jednotlivým druhům.

Přehled relativní početnosti jednotlivých druhů obsahuje Tab. 26.

Index druhové pestrosti: D = 0,79

Vzhledem k větší vyrovnanosti mezi počty jedinců všech osmi přítomných druhů v Prášilsém jezeře nalezneme celkem tři eudominantní druhy (*S. distincta, S. fossarum* a *S. nigrolineata*), u nichž je index dominance D > 10 %, dva dominantní druhy (*Glaenocorisa propinqua* a *Sigara falleni*) a pouze tři druhy subrecedentní, tedy druhy s indexem dominance D < 1 %: *Hesperocorixa sahlbergi, Notonecta glauca* a *S. striata*.

Ve všech vzorcích přítomná je *Sigara nigrolineata*, ve čtyřech vzorcích z pěti se vyskytují druhy *S. fossarum* a *Glaenocorisa propinqua*, vždy ve dvou vzorcích z pěti

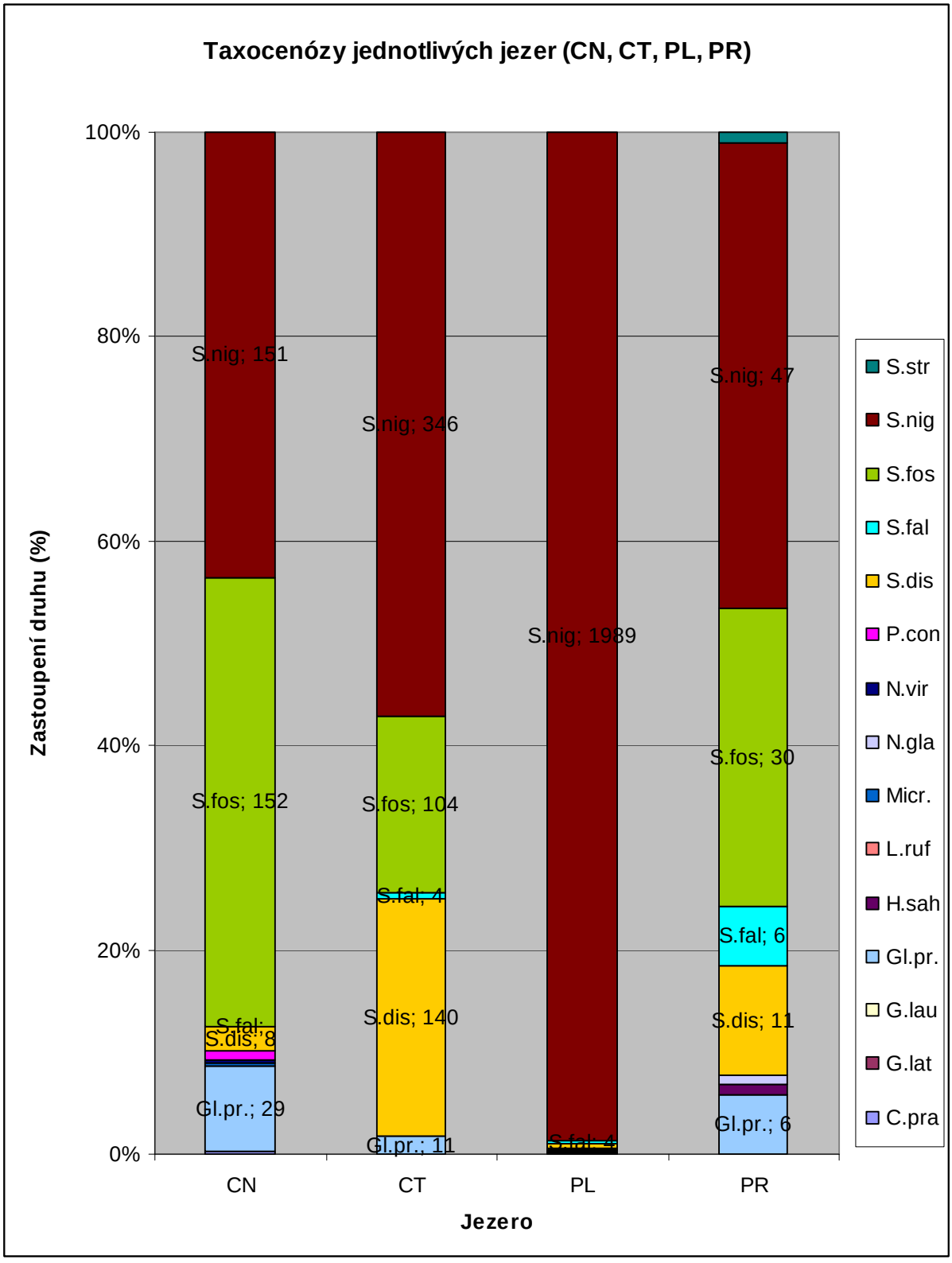
byl zachycen výskyt druhů *S. distincta* a *S. falleni* a vzácně, tedy jen v jednom vzorku z pěti, se vyskytovaly druhy *Hesperocorixa sahlbergi*, *Notonecta glauca* a *S. striata*. Souhrn a charakteristiky druhů jsou obsaženy v Tab. 27.

Index druhové diverzity a index ekvitability

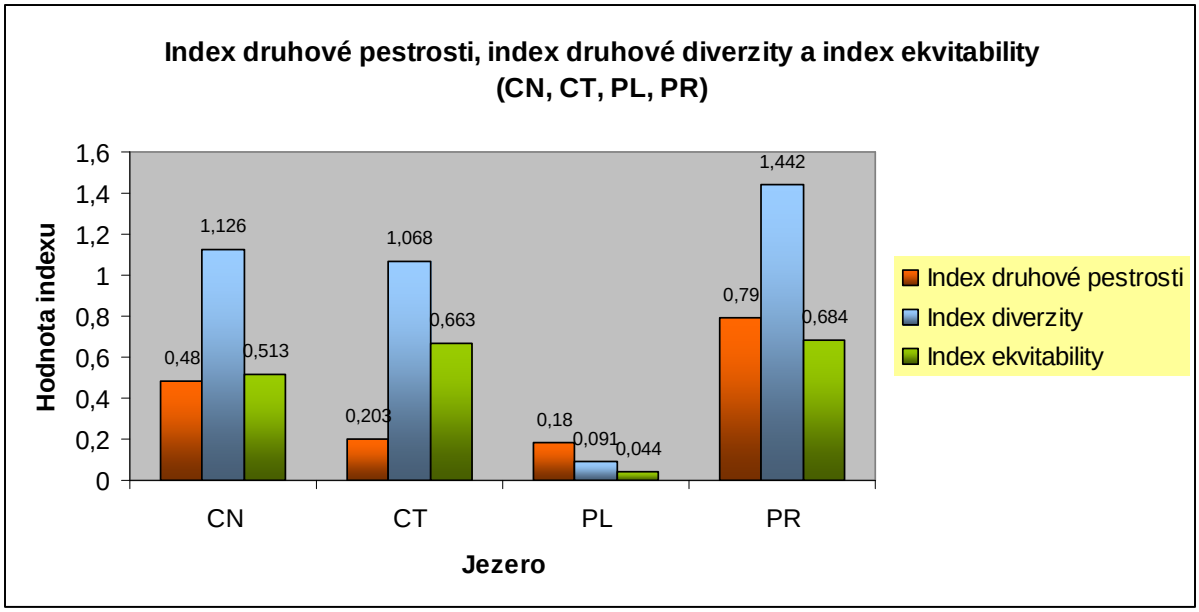
Z výše uváděných hodnot můžeme očekávat větší vyrovnanost celého souboru dat, přítomnost poměrně vysokého počtu druhů poukazuje i na relativně vysokou diverzitu společenstva.

D_D = 1,422; e = 0,684

Obr. č.1: Porovnání struktury taxocenóz vodních ploštic Černého, Čertova, Plešného a Prášilského jezera podle vzorků získaných odchyty cedníkem v sezóně 2008.
Index druhové pestrosti (D), index druhové diverzity (D_D), index ekvitability (e).



Obr. č. 2: Základní ekologické charakteristiky (indexy) taxocenóz vodních ploštic jednotlivých jezer (CN, CT, PL, PR) (2008)



Z obr. č. 2 je patrné, že nejvyšších hodnot u všech tří uvedených indexů dosahuje taxocenóza Prášilského jezera, naopak Plešné jezero, byť jeho vzorky obsahovaly celkový nejvyšší počet dospělých jedinců ploštic, díky silně eudominantnímu druhu *Sigara nigrolineata*, však již nepředstavuje společenstvo bohaté na zástupce z jiných taxonů, ty se zde totiž vyskytují v nepoměrně menších počtech, tedy spíše výjimečně.

Tab. č. 28: Sörensenův index podobnosti (CN, CT, PL, PR) (%)

	CN	CT	PL	PR
CN		**57**	**38**	**47**
CT	**57**		**62**	**77**
PL	**38**	**62**		**40**
PR	**47**	**77**	**40**	

Hodnotíme-li jezera z hlediska podobnosti taxocenóz reprezentovaných analyzovanými vzorky, dojdeme k následujícím výsledkům:

Nejvíce podobná jsou si společenstva v Prášilském a Čertově jezeře (C = 77 %). Na obou lokalitách se vyskytuje pět společných druhů z celkových devíti taxonů obou jezer. Poměrně vysoká je i podobnost přítomných taxonů Plešného a Čertova jezera (C = 62 %), která se shodovala ve 4 druzích, a také Čertova a Černého jezera (C = 57 %) rovněž

se čtyřmi stejnými druhy z celkových čtrnácti. Takto vysoký stupeň podobnosti je nejspíše umožněn nízkou druhovou pestrostí Čertova jezera (D = 0,203).

Nejmenší podobnost podle Sörensenova indexu vykazuje srovnání Prášilského s Plešným jezerem (C = 40 %) a Černého s Plešným jezerem (C = 38 %), v obou dvou případech pouze tři společné druhy.

4.2. Zastoupení vodních ploštic ve vzorcích chytaných v létech 2007 a 2008 v jezerech Laka, Rachelsee, Großer Arbersee a Kleiner Arbersee

4.2.1. Jezero Laka

Na lokalitě jezera Laka byly provedeny celkem tři odchyty, dva z nich v sezóně 2007 a poslední v sezóně následující.

Odchyt z roku 2007

V srpnu 2007 byla použita pro odchyt materiálu metoda cedníku, při druhém odchytu byla využita světelná past.

Ve sběru z 8.8.2007 byly cedníkem chyceny tři druhy ploštic: *Gerris thoracicus* – makropterní (2 dosp. jedinci); *Notonecta glauca* (13 dosp. jedinců); *Sigara nigrolineata* (2 dosp. jedinci). Světelnou pastí byli v noci z 27. na 28.8.2007 chyceni pouze 3 dospělí jedinci druhu *Notonecta glauca*.

Odchyt z roku 2008

V této sezóně byl proveden pouze jeden odchyt cedníkem, a sice 22.10.2008, v němž bylo chyceno 17 dospělých jedinců náležících čtyřem druhům: *Notonecta lutea* (11 dosp. jedinců); *Sigara distincta* (1 dosp. jedinec); *Sigara falleni* (2 dosp. jedinci) a *Velia caprai* (3 dospělí jedinci).

4.2.2. Rachelsee

V lokalitě bavorského jezera byly provedeny odchyty v obou sledovaných sezónách. Vzorky pochází vždy ze dvou odchytů provedených hned po sobě vždy v září dané sezóny.

Odchyt z roku 2007

5.9.2007 bylo cedníkem z jezera chyceno 289 jedinců tří druhů rodu *Sigara*: *S. distincta* (9 dosp. jedinců); *S. fossarum* (94 dosp. jedinců) a *S. nigrolineata* (186 dosp. jedinců).

Odchyt z roku 2008

Odchyty 3.9.2008 obsahovaly celkem 96 dospělých jedinců, jež byly zařazeny do 6 následujících druhů: *Gerris lacustris*, makropt. (19 dosp. jedinců); *Gerris odontogaster*, makropt. (2 dosp. jedinci); *S. distincta* (3 dosp. jedinci); *S. fossarum* (15 dosp. jedinců); *S. nigrolineata* (55 dosp. jedinců) a *Velia caprai* (2 dosp. jedinci). V odchytech je patrná dominance druhu *S. nigrolineata*.

4.2.3. Großer Arbersee a Kleiner Arbersee

U dvojice jezer na bavorské straně Šumavy byl proveden pouze jeden odchyt, 3.9.2007. Metodou cedníku byly chyceny následující druhy v popsaných četnostech:

Großer Arbersee:

S. fossarum (24 dosp. jedinců); *S. semistriata* (3 dosp. jedinci) a *Notonecta lutea* (2 dosp. jedinci)

Kleiner Arbersee:

S. distincta (9 dosp. jedinců); *S. nigrolineata* (128 dosp. jedinců); *Notonecta glauca* (8 dosp. jedinců)

Tab. č. 29: Zjištěný výskyt dospělců vodních ploštic v šumavských jezerech v sezónách 2007 a 2008.

Infrařád	Čeleď	Druh	CN	CT	PL	PR	LA	RA	GA	KA
Gerromorpha	Gerridae	*Aquarius najas*, makropt.	-	-	x	-	-	-	-	-
		Gerris lacustris, makropt.	-	-	x	-	x	x	-	-
		Gerris lateralis, makropt.	-	-	x	-	-	-	-	-
		Gerris odontogaster, makropt.	-	-	-	-	-	x	-	-
		Gerris thoracicus, , makropt.	-	-	-	-	x	-	-	-
		Limnoporus rufoscutelatus, makropt.	-	-	x	-	-	-	-	-
	Veliidae	*Velia caprai*	-	-	-	-	x	x	-	-
Nepomorhpa	Corixidae	*Callicorixa praeusta*	x	-	-	-	-	-	-	-
		Corixa punctata	-	-	-	x	-	-	-	-
		Glaenocorisa propinqua	x	x	x	x	-	-	-	-
		Hesperocorixa sahlbergi	-	-	-	x	-	-	-	-
		Micronecta sp.	x	-	-	-	-	-	-	-
		Paracorixa concinna	x	-	-	-	-	-	-	-
		Sigara distincta	x	x	x	x	x	x	-	x
		Sigara falleni	-	x	x	x	x	-	-	-
		Sigara fossarum	x	x	-	x	-	x	x	-
		Sigara lateralis	-	-	x	-	-	-	-	-
		Sigara nigrolineata	x	x	x	x	x	x	-	x
		Sigara semistriata	-	-	-	-	-	-	x	-
		Sigara striata	-	-	-	x	-	-	-	-
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	-	-	x	x	x	-	-	x
		Notonecta lutea	-	-	-	-	x	-	x	-
		Notonecta reuteri	x	-	-	-	-	-	-	-
		Notonecta viridis	x	-	-	-	-	-	-	-
Celkový počet druhů			**9**	**5**	**10**	**9**	**8**	**6**	**3**	**3**

4.3. Mezisezónní srovnání odchytů provedených cedníkem

Do tohoto srovnání lze smysluplně zařadit pouze vybrané podzimní sběry z Rachelsee a Plešného jezera.

4.3.1. Rachelsee 2007 – 2008

U Rachelsee byly v obou sezónách provedeny pouze dva sběry, oba pochází však ze stejné části roku (viz datum odchytů) a byly provedeny stejnou metodou ihned po sobě, pouze v jiném transektu jezera. Protože otázkou diplomové práce nebylo zastoupení vodního hmyzu v jednotlivých transektech jezer, ale v jezerech jako celcích, byly oba sběry za daných podmínek a v daném roce sečteny a považovány za jeden sběr.

Tab. č. 30: Sběry Rachelsee 2007/2008

Infrařád	Čeleď	Druh	Σ♀♀♂♂ (5.9.2007)	Σ♀♀♂♂ (3.9.2008)
Gerromorpha	Gerridae	*Gerris lacustris makropt.*	-	19
		G. odontogaster makropt.	-	2
	Veliidae	*Velia caprai*	-	2
Nepomorpha	Corixidae	*S. distincta*	9	3
		S. fossarum	94	15
		S. nigrolineata	186	55
Celkový počet druhů ve sběru			3	6

Sörensenův index podobnosti: C = 67 %

Oba sběry jsou si podobné přibližně v 67 % druhů, neboli rozdílnost mezi sběry v září 2007 a září 2008 na Rachelsee se liší přibližně ve třetině druhů, v září 2007 byl zaznamenán sice až trojnásobný počet jedinců rodu *Sigara* než ve sběru z následujícího roku, nicméně září 2008 bylo bohatší z hlediska diverzity, byť zastoupení jedinců dalších rodů ploštic nebylo nijak vysoké, viz Tab. 17, popř. Tab. 30.

4.3.2. Plešné jezero 2007 – 2008

Podobně jako u Rachelsee byly i v případě Plešného jezera v září 2007 provedeny dva odběry ve stejné části roku (viz datum odchytů) stejnou metodou (cedník), a to vždy po dobu půl hodiny. Důvod tohoto dvojnásobného sběru bylo rozdílné médium, v němž byli slovení jedinci uchováváni. Protože byl v září 2008 zhotoven pouze jeden vzorek, avšak po dvojnásobnou dobu (tj. 60 min.), lze s ním porovnat součet obou vzorků (každý 30 min.) ze září 2007.

Tab. č. 31: Sběry Plešné jezero 2007/2008

Infrařád	Čeleď	Druh	Σ♀♀♂♂ (7.9.2007)	Σ♀♀♂♂ (10.9.2008)
Gerromorpha	**Gerridae**	*Aquarius najas*	1	-
Nepomorpha	**Corixidae**	*Glaenocorisa propinqua*	1	-
		S. distincta	2	8
		S. falleni	1	-
		S. lateralis	1	-
		S. nigrolineata	387	896
	Notonectidae	*Notonecta glauca*	-	1
Celkový počet druhů ve sběru			**6**	**3**

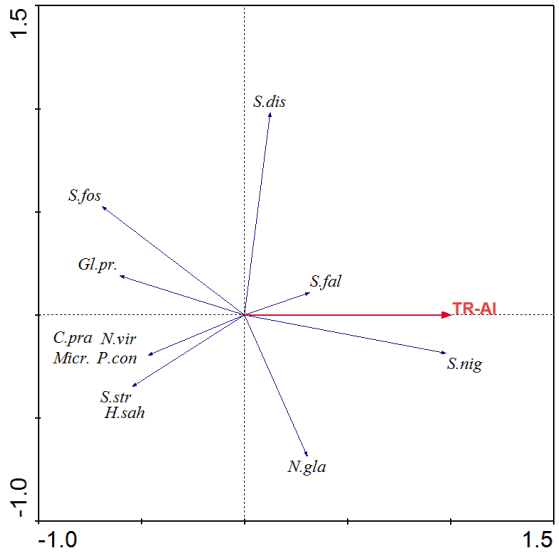
Sörensenův index podobnosti: C = 44%

Pouze pro orientační srovnání lze říci, že sběry ze září 2007 a září 2008 na Plešném jezeře se v druhovém zastoupení dospělců ploštic chycených cedníkem shodují přibližně ze 44 %. Z celkem sedmi zjištěných druhů se na popisované lokalitě podařilo v obou termínech chytit druhy *Sigara distincta* a *Sigara nigrolineata*. Ostatní málo početně zastoupené druhy ve společenstvu byly chyceny jen v jednom či druhém termínu (viz Tab. 15a a 15b, popř. Tab. 31).

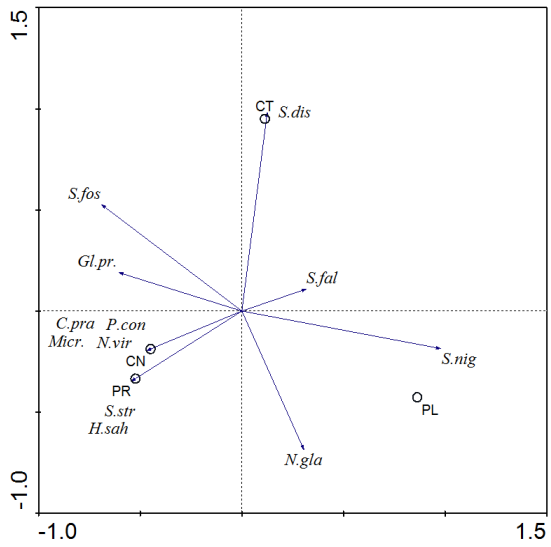
4.4. Závislost výskytu druhů vodních ploštic (Hemiptera: Heteroptera: Nepomorpha) na environmentálních faktorech prostředí na lokalitách CN, CT, PL, PR

Pomocí permutačních testů bylo zjištěno, že jediná proměnná, která je pro výskyt druhů v daných lokalitách průkazně významná, je obsah celkového reaktivního hliníku (TR-Al) ve vodách těchto lokalit (viz Obr. 3).

Význam této proměnné je i tak marginální (p = 0,052, $_{pseudo}F$ = 10,95). První osa vysvětluje 84,6 % variability, druhá 10,9 %. Tento vztah znázorňuje Obr. 3 a Obr. 4.



Obr. č.3: Zastoupení druhů vodních ploštic v závislosti na environmentálních faktorech prostředí. (Ordinační diagram environmentálních proměnných a druhů na prvních dvou osách RDA).



Obr. č.4: Zastoupení druhů vodních ploštic na jednotlivých lokalitách v závislosti na jejich abiotických faktorech. (Ordinační diagram environmentálních proměnných a druhů na prvních dvou osách RDA).

Nejvyšší koncentrace TR-Al ze všech sledovaných jezer byla v sezóně 2008 zjištěna v Plešném jezeře (536 µg/l), druhá nejvyšší koncentrace v Čertově jezeře (355 µg/l). V obou lokalitách lze sledovat i vyšší početnost jedinců druhů *Sigara nigrolineata*, *Sigara falleni* a do jisté míry také *Notonecta glauca* než ve dvou zbývajících sledovaných jezerech (CN, PR).

Z Obr. 4 je patrný výskyt vodních ploštic ve všech čtyřech lokalitách. Znázorněna je zde i podobnost lokalit mezi sebou v závislosti na abiotických faktorech a přítomnosti druhů vodních ploštic. Lokality PL a CT díky vysokém zastoupení reaktivního hliníku představují typické stanoviště pro druhy *S. nigrolineata a S. falleni*. Velmi podobné z hlediska

environmentálních podmínek si jsou lokality PR a CN, avšak druhové zastoupení je zde rozdílné.

5. Diskuse a závěry

V osmi šumavských ledovcových jezerech byl v sezónách 2007 a 2008 zjištěn výskyt 24 druhů semiakvatických a akvatických ploštic (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha): 6 druhů čeledi Gerridae, 1 druh čeledi Veliidae, 13 druhů čeledi Corixidae a 4 druhy čeledi Notonectidae.

Fauna ploštic infrařádu Gerromorpha pro naši republiku zahrnuje 19 druhů, z nichž většina (až na dva druhy) byla na Šumavě a jejím podhůří nalezena (PAPÁČEK, SOLDÁN 2003).

Nejhojněji zastoupenými vodními plošticemi (Nepomorpha) jsou klešťanky čeledi Corixidae. Ze všech 48 druhů čeledi Corixidae, jež jsou zastoupeny ve fauně ČR, se na území Šumavy vyskytuje 26 druhů. Ze sedmi druhů čeledi Notonectidae charakteristických pro ČR se na Šumavě kromě jednoho vyskytují všechny (PAPÁČEK, SOLDÁN 2003).

5.1. Entomofauna vodních ploštic jednotlivých šumavských jezer ve srovnání s entomofaunou vodních ploštic v CHKO Šumava a v ČR

Na Černém jezeře bylo v letech 2007 a 2008 zachyceno sedm zástupců čeledi Corixidae (*Callicorixa praeusta, Glaenocorisa propinqua, Micronecta sp., Paracorixa concinna, Sigara distincta, Sigara fossarum* a *Sigara nigrolineata*), dále se podařilo chytit 2 druhy čeledi Notonectidae (*Notonecta viridis* a *Notonecta reuteri* – jediná samice). Oligotrofní šumavská jezera nejsou typickými lokalitami výskytu *N. reuteri*. Druh je zřejmě využívá jako přechodná stanoviště při letu a disperzi v krajině. Zástupci infrařádu Gerromorpha nebyli ve sběrech z tohoto jezera zachyceni.

Můžeme tedy říci, že odchyty provedené na Černém jezeře v sezónách 2007 a 2008, zachytily 15 % z celkového počtu druhů čeledi Corixidae vyskytujících se v ČR a 27 % ze všech šumavských druhů této čeledi. Čeleď Notonectidae byla zastoupena na Černém jezeře z celorepublikového výskytu 30 % a z hlediska Šumavské fauny 33 % druhů.

Čertovo jezero se zdá být svou druhovou skladbou oproti ostatním druhům poměrně chudé. Ve sběrech z obou sezón byla zastoupena pouze čeleď Corixidae dohromady pěti druhy (*Glaenocorisa propinqua, Sigara distincta, Sigara falleni, Sigara fossarum* a *Sigara nigrolineata*). V poměru k počtu všech druhů čeledi v republice jde o 10% druhové

zastoupení, v porovnání s počtem druhů přítomných v oblasti Šumavy se v odchytech z Čertova jezera vyskytovalo 19 % ze všech taxonů.

Plešné jezero charakterizuje vysoký počet jedinců druhu *Sigara nigrolineata*, jež dosahuje v pěti sběrech cedníkem v sezóně 2008 celkové četnosti v řádu stovek až tisíců dospělých jedinců. Druh je charakteristický obecně tím, že osídluje oligotrofní vody včetně nově vzniklých. Vedle tohoto druhu zde však z čeledi Corixidae byli chyceni i jedinci dalších čtyř druhů (*Glaenocorisa propinqua, Sigara distincta, Sigara falleni,* a *Sigara lateralis*). Čeleď Notonectidae na tomto jezeře zastupoval jeden druh, v ČR nejběžnější *Notonecta glauca.*

Poměrně bohatě – čtyřmi druhy (*Aquarius najas, Gerris lateralis, Gerris lacustris* a *Limnoporus rufoscutelatus*) byla v odchytech z Plešného jezera zastoupena čeleď Gerridae (Gerromorpha). Až na výjimku druhu *V. caprai* se jednalo o makropterní dobře létající jedince.

Z celorepublikového hlediska se na Plešném jezeře nacházelo v sezónách 2007 a 2008 stejně jako v Čertově jezeře 10 % zástupců čeledi Corixidae (19 % všech druhů této čeledi na Šumavě). Čeleď Notonectidae s jedním přítomným druhem představuje 14 % z celkového počtu druhů v ČR a 17 % ze všech druhů této čeledi přítomných na Šumavě. Dále bylo v odchytech z tohoto jezera přítomných 21 % všech druhů infrařádu Gerromorpha v ČR a 23 % ze šumavských druhů.

Prášilské jezero, ve srovnání s ostatními sledovanými jezery, relativně bohaté na zooplankton, je dle odchytů z obou sezón lokalitou pro osm druhů čeledi Corixidae (*Corixa punctata, Glaenocorisa propinqua, Hesperocorixa sahlbergi, Sigara distincta, Sigara falleni, Sigara fossarum Sigara nigrolineata* a *Sigara striata*). *Notonecta glauca* zde byla jediným pozorovaným druhem čeledi Notonectidae, a z infrařádu Gerromorpha se žádný druh zachytit nepodařilo.

Vzhledem k počtu druhů těchto taxonů v rámci republiky a Šumavy bylo na této lokalitě pozorováno 19 % (ČR) popř. 30 % (Šumava) druhů z čeledi Corixidae a 14 % (ČR), popř. 17 % (Šumava) druhů z čeledi Notonectidae.

Mělčiny jezera Laka jsou stanovištěm pro tři druhy čeledi Corixidae (*Sigara distincta, Sigara falleni* a *Sigara nigrolineata*), dva druhy znakoplavek (*Notonecta glauca, Notonecta lutea*) a tři zástupce infrařádu Gerromorpha (*Gerris lacustris, Gerris thoracicus, Velia caprai*).

Výskyt těchto taxonů na Lace představuje 7 % ze všech druhů čeledi Corixidae v ČR a 11 % druhů stejné čeledi v rámci Šumavy. U čeledi Notonectidae je tento poměr 28 % druhů (ČR) a 33 % druhů (Šumava), infrařád Gerromorpha má na Lace 16 % (ČR) popř. 18 % (Šumava) druhové zastoupení.

Na bavorském jezeře Rachelsee byl pomocí obou metod odchytu v sezónách 2007 a 2008 z infrařádu Nepomorhpa zjištěn výskyt tří druhů čeledi Corixidae (*Sigara distincta, Sigara fossarum, Sigara nigrolineata*) zachyceny také tři taxony z infrařádu Gerromorpha (*Gerris lacustris, Gerris odontogaster* a *Velia caprai*). Apterní jedinci *V. caprai* jsou zřejmě na hladinu jednotlivých jezer (viz rovněž jezero Laka) čas od času splavování z přítoků, které jsou jejich typickým habitatem.

V dalších dvou bavorských jezerech - Kleiner a Großer Arbersee, byly vždy v jednom provedeném odchytu zachyceny dva druhy čeledi Corixidae a jeden druh čeledi Notonectidae, zástupci infrařádu Gerromorpha nebyli zaznamenáni. Čeleď Corixidae zastupovaly na Velkém Javorském jezeře druhy *Sigara fossarum* a *Sigara semistriata*, na Malém Javorském jezeře to ze stejné čeledi byly druhy *Sigara distincta* a *Sigara nigrolineata*. Čeleď Notonectidae reprezentovaly druhy *Notonecta glauca* (KA) a *Notonecta lutea* (GA)

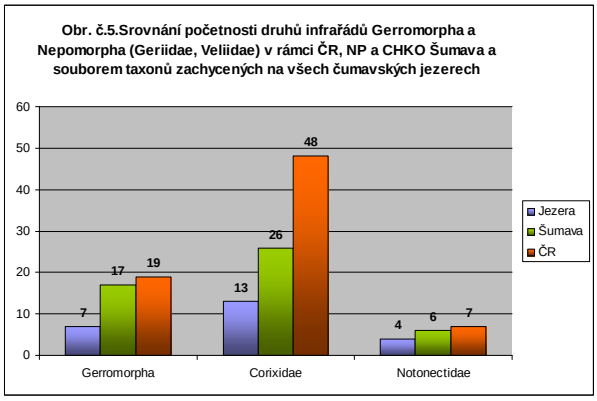
Součet všech taxonů vodních ploštic zachycených na všech sledovaných lokalitách a zastoupení tohoto společenstva v rámci celé Šumavy a České republiky shrnují histogramy na Obr. 5 a Obr. 6.

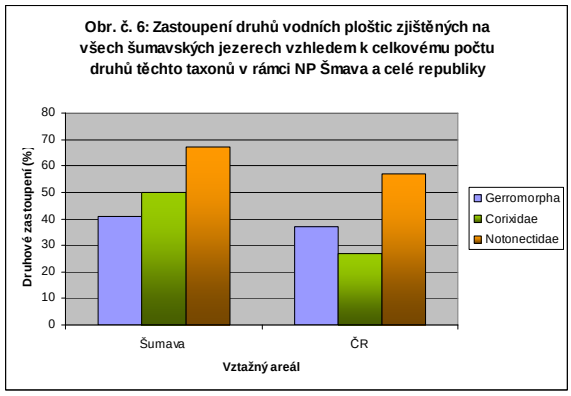
Souhrnná data všech druhů vodních ploštic vyskytujících se v CHKO Bayerischer Wald bohužel nejsou aktuálně k dispozici.

Sledováním makrozoobentosu přítoků a odtoků šumavských jezer Senoo (2009) zjistil přítomnost tří druhů čeledi Corixidae, jednoho druhu znakoplavky a jednoho zástupce z čeledi Veliidae v tocích úzce komunikujících s jezery. Všechny tyto druhy Senoo zachytil v odtocích jezer. V odtoku Plešného jezera nalezl druhy *Sigara nigrolineata*, *Glaenocorisa propinqua* a oproti odchytům z jezer v roce 2007 a 2008 také další druh *Glaenocorisa cavifrons*. V odtoku Prášilského jezera byly v rámci tohoto projektu zachyceny druhy *Velia caprai* a *Notonecta glauca*, která se objevila i v odchytech z odtoku Černého jezera.

Tab. č. 32: Procentuální zastoupení druhů vodních ploštic (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) na lokalitách CN, CT, PL, PR, LA) vzhledem k celkovému zastoupení obou infrařádů na území NP a CHKO Šumava a v rámci celé ČR

Jezero	Vztažný areál	Gerromorpha	Nepomorpha	
			Corixidae	Notonectidae
CN	**ČR (%)**	**0**	**15**	**30**
	Šumava (%)	0	27	33
CT	**ČR (%)**	**0**	**10**	**0**
	Šumava (%)	0	19	0
PL	**ČR (%)**	**21**	**10**	**14**
	Šumava (%)	23	19	17
PR	**ČR (%)**	**0**	**19**	**14**
	Šumava (%)	0	30	17
LA	**ČR (%)**	**16**	**7**	**28**
	Šumava (%)	18	11	33





5.2. Dominantní početně zastoupené druhy a vzácné druhy vodních ploštic

Nejpočetnějším druhem, který se vyskytoval ve všech odběrech kromě vzorků z Großer Arbersee byla klešťanka *Sigara nigrolineata*. Tento druh byl zároveň na většině lokalit druhem eudominantním, na Plešném jezeře dokonce druhem svou početností mnohonásobně převyšující součet početností všech ostatních zachycených druhů. Společně s druhem *Sigara fossarum* a *Sigara falleni* patří k druhům pionýrským, migračně velmi schopným a rychle adaptabilním na nové podmínky, včetně případné rybí predace (SAVAGE 1989).

Relativně často se na většině lokalit se vyskytoval i detritovorní druh *Sigara distincta*, byť v menším početním zastoupení (nejvíce na Čertově jezeře v roce 2008: 140 dosp. jedinců).

K méně častým avšak vzácným až ohroženým druhům, jež byly v sezónách 2007 a 2008 zachyceny v biotopech ledovcových jezer na Šumavě, patří druhy *Glaenocorisa propinqua* (Nepomorpha: Corixidae), *Notonecta lutea* a *Notonecta reuteri* (Nepomorpha: Notonectidae).

Hejna druhu *Glaenocorisa propinqua*, která popisovali Frič v Vávrou na Černém i Plešném jezeře koncem předminulého století (viz např. PAPÁČEK, SOLDÁN, 1995), ani zdaleka nevystihují situaci dnes, kdy za sebou jezera mají období zarybnění, postupnou acidifikaci a následné zotavování. Tento druh byl sice kromě jezera Laka zachycen na zbývajících čtyřech jezerech na české straně areálu, ale ve vzorcích bylo chyceno vždy pouze několik jedinců tohoto u nás vzácného (EN) (endangered = ohrožený druh sensu KMENT, VILÍMOVÁ, 2005) dravého pelagického druhu ploštic. Nicméně svým plošným výskytem může poukazovat na dobrou schopnost migrace i na značnou míru tolerance vůči prostředí, které ovšem musí splňovat optimum u limitujících faktorů druhu (hloubka, vegetace).

Notonecta lutea, *Notonecta reuteri* byly z dřívějších výzkumů charakterizovány rovněž jako řídce se vyskytující (např. PAPÁČEK, 1991, 2004), nálezy ze sezóny 2007 a 2008 zachytily v několika jedincích výskyt relativně vzácných druhů *N. reuteri* (EN – viz KMENT, VILÍMOVÁ, 2005) a na území střední Evropy řidčeji se vyskytující *N. viridis* na Černém jezeře a dále výskyt znakoplavky *Notonecta lutea* (VU = vulnerable = zranitelný druh; viz KMENT, VILÍMOVÁ, 2005) v mělkých vodách jezera Laka a Velkého Javorského jezera.

5.3. Orientační srovnání taxocenóz vodních ploštic šumavských jezer s taxocenózou oligotrofních vod vybrané klauzury v Novohradských horách

Překročíme-li vymezený areál šumavských ledovcových jezer a srovnáme-li taxocenózy ploštic ve vodách ledovcových jezer na Šumavě a oligotrofních chladných vod bývalých klauzur v Novohradských horách, dojdeme k zajímavému závěru, neboť v základních charakteristikách obou těchto biotopů lze nalézt podobnosti, a navíc se jedná o areál v doletové vzdálenosti vodních ploštic, tudíž lze předpokládat jistou disjunkci migračně zdatných druhů právě tímto směrem. Podstatným rozdílem je zarybnění novohradských klauzur.

Například v srpnových odchytech sezóny 2008, kdy byl proveden právě srovnatelný odchyt na Jiřické nádrži (= Pohořský rybník) v Novohradských horách, byly zachyceny celkem čtyři druhy čeledi Gerridae (*Gerris lacustris*, *Gerris lateralis*, *Gerris odontogaster* a *Gerris paludum*).

Sörensenův index podobnosti srpnového sběru 2008 z Plešného jezera a Jiřické nádrže udává 57 % podobnost mezi oběma soubory.

Ve třech sběrech z roku 1999 byly v Jiřické nádrži zachyceni dospělci tří druhů čeledi Gerridae (*G. lacustris, G. lateralis, G. najas*), tři druhy čeledi Notonectidae (*N. glauca, N. lutea, N. viridis*) a dva druhy čeledi Corixidae (*Sigara falleni* a *Sigara stagnalis*) (SMEJKALOVÁ, 2001). Při porovnání s odchyty cedníkem v roce 2008 na Plešném jezeře, jež je lokalizováno ze všech sledovaných jezer Šumavy nejvýchodněji, a tedy nejblíže Novohradským horám, zjistíme podobnost v odchytech udanou Sörensenovým indexem C = 53 %.

5.4. Výskyt ploštic v šumavských jezerech ve vztahu k jejich environmentálním faktorům

Na přítomnost vodních ploštic obecně nejspíše asi nemají vliv abiotické faktory prostředí jako pH, alkalinita či saturace vody kyslíkem. Z mnohorozměrné analýzy dat provedené u odchytů z jezer Černého, Čertova, Plešného a Prášilského, kdy se testovala závislost druhů ploštic na environmentálních faktorech prostředí, vyplynulo, že určitou spojitost s vyšším výskytem jedinců některých druhů může mít celkový obsah reaktivního hliníku ve vodě. Na Plešném jezeře, kde se koncentrace hliníku ve vodě pohybovala na pětinásobku hodnot ostatních lokalit ($c_{TR\text{-}Al}$: PL – 536 $\mu g.l^{-1}$; CT – 355 $\mu g.l^{-1}$; CN – 219 $\mu g.l^{-1}$; PR – 201 $\mu g.l^{-1}$), se vyskytoval oproti ostatním jezerům mnohonásobný počet dospělých jedinců druhu *Sigara nigrolineata* (PL – 1989; CT – 346; CN – 151 PR – 47). Z analýzy je patrná také podobnost jednotlivých jezer, kterou naznačil i Sörensenův index podobnosti. Nejpodobnější si z hlediska druhové skladby jsou Plešné a Čertovo jezero (C = 77 %).

Podíváme-li se na hodnoty právě celkové koncentrace reaktivního hliníku pouhým okem, je už z těchto hodnot patrná podobnost prostředí Čertova a Plešného jezera, statisticky ji ověřila a prokázala mnohorozměrná analýza dat (RDA analýza dat).

Významný vliv abiotických faktorů prostředí jako je otevřenost lokalit vůči okolní krajině či zastoupení mělčiny do 2 m na složení taxocenóz nebyl prokázán.

5.5. Závěrečné poznámky

Musíme připustit, že celkový počet analyzovaných lokalit (4) byl poměrně nízký na to, aby se ukázala významnost všech environmentálních proměnných. Podstatné omezení

představuje rovněž zaměření všech odchytů pouze na příbřežní oblasti – tedy na mělčinu do maximální hloubky dvou metrů. Předmětem zkoumání tím pádem nebylo celé vodní těleso, ale jen náhodně vybrané a hlavně přístupné části sledovaného areálu. Vzhledem k tomu, že ne všechny druhy obývají příbřežní lokality, ale některé (*G. propinqua*) alespoň sezónně preferují hlubší pelagiál či volnou vodní plochu (např. *Aquarius*), nemusely zvolené metody zachytit všechny řídce se vyskytující druhy, které obývají sledované lokality, ať už se jedná o běžné či vzácné druhy.

Diplomová práce zpracovává první výsledky semikvantitativních výzkumů, jež zahrnují nejen sezóny 2007 a 2008, ale které zároveň pokračují a budou pokračovat ještě v sezónách 2009, 2010 a 2011. Do té doby budou podrobněji zpracována i všechna zbývající měření a vzorkování environmentálních faktorů prostředí (např. vzorky zooplanktonu a fytoplanktonu).

V předkládané podobě může být diplomová práce východiskem pro upřesnění metodiky a srovnávacím základem pro další komplexnější výzkum fauny vodních ploštic šumavských ledovcových jezer.

6. Seznam literatury

BIRMINGHAM M., HEIMDAL D. HUBBARD T., KRIER K. LEOPOLD R. LUZIER J., NEELY J., SOENEN B., WILTON T., 2005: Benthic Macroinvertebrate key, IOWATER (Volunteer Water Quality Monitoring). 27 s. [cit. 05-09-2008]. Dostupné na WWW: http://www.uri.edu/cels/nrs/whl/Teaching/361-09/labs/macroinvert/IOWATER_BenthicKey05.pdf

ČTRVTLÍKOVÁ M., 2004: Soudobý výzkum šídlatek *Isoëtes* na Šumavě, *Aktuality šumavského výzkumu II:* 124-128.

DITRICH T., PAPÁČEK M. 2009: Výskyt vodních a semiakvatických ploštic ve rybničních soustav ve vztahu k prostředí. s. 51-52. In: Bryja J., Řehák Z. & Zukal J. (Eds.) Zoologické dny Brno 2009. Sborník abstraktů z konference 12.-13. února 2009. Ústav biologie obratlovců AV ČR, Brno. 251 s.

HANEL L., ZELENÝ, J. 2000: Vážky – výzkum a ochrana, Metodika ochránců přírody č.9, ZO ČSOP Vlašim. 236 s.

HUSÁK Š., VÖGE M., WEILNER C. 2000: *Isoëtes echinospora* and *I. lacustris* in the Bohemian Forest lakes in comparsion with other europeat sites, *Silva Gabreta* 4: 245-252.

HRUŠKA J., KOPÁČEK J., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy, I. Emise a depozice okyselujících sloučenin, *Živa* 2009(2): 93 - 96 .

HRUŠKA J., OULEHLE F., KRÁM P., SKOŘEPOVÁ I., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy, II. Vliv depozic síry a dusíku na půdy a lesy, *Živa* 2009(3): 141 – 144.

HRUŠKA J. a kol., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy, III. Okyselení potoků a jezer, *Živa* 2009(4): 189-192.

JÁNSKÝ B., ŠOBR M., KOCUM J., ČESÁK J., 2005: Nová barymetrická mapování glaciálních jezer na české straně Šumavy, *Geografie – sborník České geografické společnosti* 110(3): 176-187.

JANSSON A., 1986: The Corixidae (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions, *Acta Entomologica Fennica* 47: 1-94.

KMENT P., VILÍMOVÁ J. 2005: Heteroptera (ploštice). s. 139-146, In: Farkač J., Král D. Škorpík M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 760 s.

KMENT P., 2001: Společenstva klešťanek v závislosti na vybraných abiotických faktorech prostředí. Magisterská diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno. 127 s. + 13 příloh.

KOPÁČEK J., HEJZLAR J., KAŇA J. & PORCAL P., 2001: Faktory ovlivňující chemismus šumavských jezer, *Aktuality šumavského výzkumu I:* 63-66.

LEPŠ J., ŠMILAUER P., 2003: Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge. 269 s.

NEDBALOVÁ L., VRBA J., FOTT J., KOHOUT J., KOPÁČEK J., MACEK M., SOLDÁN T. 2006: Biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acidifikation, *Biologia Bratislava* 61 (Suppl. 20): 453-465.

PAPÁČEK M. 1991: K bionomii znakoplavek (Heteroptera, Notonectidae) jižních a západních Čech. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přír. Vědy,* 31: 23-28.

PAPÁČEK M. 2002: K rozšíření a charakteristice habitatů pěti druhů relativně vzácných vodních ploštic (Heteroptera: Npomorpha). s.225 – 231, In: Papáček M. (ed.): Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor. Sborník příspěvků z konference, 10. a 11. ledna 2002. Jihočeská univerzita a Entomologický ústav AV ČR, České Budějovice. 285 s.

PAPÁČEK M., 2004: Vodní ploštice (Hemiptera: Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha). s. 127-135. In: Papáček M. (ed.) 2004: Biota Novohradských hor: modelové taxony, společenstva a biotopy. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 304 s.

PAPÁČEK M., DITRICH T., 2009: Methodological limits of the knowledge on water bug taxocenoses structure and dynamics (Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha). p. 17. In: Ekologické dni. Zborník abstraktov z medzinárodnj vedeckej konferencie Stará Lesná 20 – 22 September 2009. 74 Pp.

PAPÁČEK M., SOLDÁN T., 1995: Biogeograficky významné druhy vodního hmyzu (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Heteroptera: Nepomorpha) v oblasti Šumavy, *Klapalekiana* 31: 41-51.

PAPÁČEK M., SOLDÁN T., 2003: Vodní hmyz. s. 271-280. In: Anděra M., Zavřel P. a kol.: Šumava. Příroda – historie – život. Baset, Praha. 800 s.

PFAFFL F., 2007: Die Glazialmorphologie des Schwarzen Sees im Šumava-Nationalpark. Ein Exkursionsbericht, *Silva Gabreta* 13: 3-6.

RABTISCH W., 2005: Spezialpraktikum Aquatische und Semiaquatische Heteroptera. SS 2005**.** [cit. 05-05-2007]. Dostupné na WWW: http://homepage.univie.ac.at/wolfgang.rabitsch/Bestimmungsschluessel_comb.pdf

ROLEČEK J. :NP, CHKO & BR Šumava [on line] 2010 [cit. 14-03-2010]. Dostupné na WWW: http://sci.muni.cz/botany/rolecek/CHU_Sumava.pdf

SAVAGE A. A., 1989: Adults of the british aquatic Hemiptera Heteroptera, a key with ecological notes. *Freshwater Biological Association Ambleside, Scientific publication* 50: 1-173.

SAAVAGE A. A., 1999: Key to the larvae of British Corixidae. *Freshwater Biological Association Ambleside, Scientific publication* 57: 1-55.

SENOO T., 2009: Makrozoobentos acidifikovaných přítoků a odtoků šumavských jezer. Magisterská diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 62 s. + přílohy

SMEJKALOVÁ R., 2001: Výskyt vodních a semiakvatických ploštic (Insecta, Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) v bývalých klauzurách Novohradských hor. Magisterská diplomová práce, Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, České Budějovice. 72 s. + 38 s. příloh.

SOLDÁN T., PAPÁČEK M., NOVÁK K., ZELENÝ J. 1996: The Šumava Mountains: an unique biocentre of aquatic insets (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Trichoptera and Heteroptera – Nepomorpha), *Silva Gabreta* 1: 179-186.

STUCHLÍK E., CHVOJKA P., KOPÁČEK J., RUCKI J., UNGERMANOVÁ L, SENOO T., BITUŠÍK P., HARDEKOPF D., HORECKÝ J., SOLDÁN T., TÁTOSOVÁ J., VRBA J., 2008: Oživení vod sledovaných v rámci projektu ICP na území ČR. Závěrečná zpráva. Nepublikovaný manuskript. 19.s.

VRBA J., FOTT J., KOPÁČEK J., SOLDÁN T., VESELÝ J., 2003: Sto třicet let výzkumu šumavských jezer, *Živa* 2003(1): 25-29.

ZELENKOVÁ E., 2002: Ledovcová jezera Šumavy a Bavorského lesa. *Šumavské skvosty, Správa NP a CHKO Šumava ve Vimperku*. (Informační materiál pro veřejnost volně dostupný, bez označení stran).

KOLEKTIV AUTORŮ: BioLib: Mezinárodní encyklopedie rostlin, hub a živočichů [on line] 2010 [cit. 02-04-2010]. Dostupné na WWW: http://www.biolib.cz/cz/main/

7. Seznam zkratek

Lokality

CN.....Černé jezero

CT .....Čertovo jezero

GA.....Großer Arbersee (Velké Javorské jezero)

KA.....Kleiner Arbersee (Malé Javorské jezero)

LA .....Jezero Laka

PL.....Plešné jezero

PR.....Prášilské jezero

RA.....Rachelsee (Roklanské jezero)

8. Příloha

Seznam druhů vodních ploštic (Hemiptera: Hetroptera: Gerromorpha, Nepomorpha) nalezených v sezónách 2007 a 2008 v šumavských jezerech

Gerromorpha Popov, 1971

Gerridae Leach, 181

Gerrinae Leach, 1815

Aquarius najas De Geer 1773

Gerris lacustris Linnaeus, 1758

Gerris lateralis Schummel, 1832

Gerris odontogaster Zetterstedt, 1828

Gerris thoracicus Schummel, 1832

Limnoporus rufoscutelatus Latreille, 1807

Veliidae Amyot & Serville, 1843

Veliinae Brullé, 1836

Velia caprai Tamanini 1947

Nepomorhpa Popov, 1968

Corixidae Leach, 1815

Micronectinae Jaczewski, 1924

Micronecta sp.

Corixinae Leach, 1815

Glaenocorisini Hungerford, 1948:

Glaenocorisa propinqua Fieber, 1860

Corixini Leach, 1815

Callicorixa praeusta praeusta Fieber, 1848

Corixa punctata Illiger, 1807

Hesperocorixa sahlbergi Fieber 1848

Paracorixa concinna concinna Fieber , 1848

- Pseudovermicorixa

Sigara nigrolineata Fieber, 1848

- Retrocorixa

Sigara semistriata Fieber 1848

- Sigara

Sigara striata Linneaus, 1758

- Subsigara

Sigara distincta Fieber, 1848

Sigara falleni Fieber, 1848

Sigara fossarum Leach, 1848

- Vermicorixa

Sigara lateralis Leach, 1817

Notonectidae (Leach, 1815)

Notonectinae (Leach, 1815)

Notonecta glauca Linnaeus, 1758

Notonecta lutea Müller, 1776

Notonecta reuteri Hungerford, 1928

Notonecta viridis Delcourt, 1909

Zběžná charakteristika typických habitatů výskytu zjištěných druhů a jejich životních cyklů

Infrařád: Gerromorpha

Čeleď: **Gerridae**

Aquarius najas – bruslařka říční

Druh vázaný na tekoucí vody, převážně přirozeného původu, ale i umělé kanály. Častý výskyt v lužních lesích. Druh hodnocený jako zranitelný, bivoltinní i univoltinní, častější makropterní jedinci (SAVAGE, 1989).

Gerris lateralis – bruslařka severská

Preferuje stojaté vody menších rozměrů, tůně, rybníky, i umělé nádrže se středně vysokým obsahem organické hmoty a litorální vegetací. Bivoltinní druh, letní generace užší rozptyl, zimní poměrně vysoký, rozmnožuje se ve stabilním prostředí (SAVAGE, 1989).

Gerris lacustris – bruslařka obecná

Hojněji na lentických než na lotických vodách, jezera, rybníky a umělé nádrže se středním obsahem organické hmoty. Spíše uzavřené lokality vůči okolnímu terénu, zčásti zarostlé hlavně litorální vegetací. Bivoltinní druh, letní generace nižší schopnost rozptylu než zimní. (SAVAGE, 1989).

Gerris odontogaster

Častým druhem společně s *G. lacustris*, vyskytuje se ale jen ve stojatých vodách, rybníčcích, jezerech s hustější vegetací a se středním zastoupením organické hmoty. Bivoltinní druh, k rozmnožování dochází v proměnlivých prostředích, schopnost rozptylu je vyšší u zimní generace (SAVAGE, 1989).

Gerris thoracicus

Stojaté vody, přirozeného i umělého původu s ponořeným porostem. Vyskytuje se ve vodách s pH vyšším než 6. Bivoltinní druh, prostředí rozmnožování nestabilní, zimní generace vykazuje vyšší schopnost rozšíření (SAVAGE, 1989).

Limnoporus rufoscutelatus - bruslařka rzivoštítá

Lotické i lentické vodní prostředí s nižším obsahem organické hmoty. Univoltinní druh, rozmnožuje se v prostředích stálých i proměnlivých, schopnost disperze druhu je poměrně vysoká (SAVAGE, 1989).

Čeleď: **Veliidae**

Velia caprai – hladinatka člunohřbetá

Preferuje oligotrofní tekoucí vody (řeky, potoky) s bohatou vegetací. Semiakvatický druh, až 70 % času tráví na souši, čímž se vyhýbá rybí predaci. Univoltinní druh, rozmnožuje se ve stabilním prostředí, schopnost disperze je nízká (SAVAGE, 1989).

Infrařád: Nepomorhpa

Čeleď: **Corixidae**

Podčeleď: **Micronectinae**

Rod: ***Micronecta*** sp.

Typický rod méně rozsáhlých, spíše eutrofizovaných mělkých vod (rybníky, staré opuštěné meandry, zaplavená hliniště), sporadický výskyt ve vodách tekoucích, oligotrofních (např. druh *Micronecta poweri poweri*). Dno jílovité, písčité. Břehy bez vegetace bahnité až písčité povahy, vzácný není také výskyt a v umělých nádržích. Zástupci tohoto rodu byli nalezeni i při břehu Černého a Středozemního moře; v acidofilním bažinatém jezeře (pH 5 – 6); a v nadmořské výšce až nad 700 m n. m. (*M. scholtzi* a *M. poweri*) (KMENT, 2001). Univoltinní až semivoltinní druhy s přezimujícími nymfami (SAVAGE, 1989).

Podčeleď: **Corixinae**

Tribus: G**laenocorisini**

Rod: ***Glaenocorisa***

Glaenocorisa propinqua – klešťanka horská

Převážně lentické vody až do 14m hloubky, oligotrofní až mezotrofní stanoviště, acidotolerantní druh (pH 2,2 - 6), i umělé nádrže a těžební jezera. V ČR výskyt na šumavských ledovcových jezerech – lokality Černého, Čertova a Plešného jezera, přehrada Souš v Jizerských horách. Dravý druh obývající pelagiál, dobrý plavec, vysoká citlivost

na rybí predaci. Ročně 1 – 2 generace (dle lokality). Druh považován za kriticky ohrožený, v červeném seznamu SRN řazen do kategorie 1 – druh ohrožený vyhynutím (KMENT, 2001).

Rod: ***Callicorixa***

Callicorixa praeusta praeusta – klešťanka znamenaná

Vody lentické i lotické, optimální silně eutrofizované, výjimečně až polytrofní, přirozeného i umělého původu, spíše menšího rozsahu bez vyššího okolního porostu. Tolerantní k znečištění a zasolení vod, v podstatě obývá všechny typy vodních prostředí ve všech nadmořských výškách. Dno bahnité, zarostlé s vysokým obsahem draslíku a organické hmoty. Výskyt potvrzen i v brakických vodách, pH až 2,4, nadmořská výška až 1600 m n.m. (KMENT, 2001). V ČR hojný výskyt v rybnících a jim podobných nádržích, avšak v menším počtu jedinců – např.: Sokolovsko (tůně na výsypkách); Soos; Rejvíz (rašeliniště); Šumava (Prášilské jezero) (KMENT, 2000); Hrubý Jeseník (rašelinné tůně). Bivoltinní, značná schopnost migrace, dravý druh (KMENT, 2001).

Corixa punctata – klešťanka veliká

Všechny typy vod, pomalu tekoucí potoky s bohatou vegetací, ale optimum spíše v lentických eutrofních vodách (menší jezera, rybníky, rašelinné jámy, staré meandry, nebeské rybníky a říční tůně apod.). Dno písčité, bahnité, zarostlé. Preferuje větší hloubky vzdálené od břehu s hustým porostem, často s okřehkem, neutrální až slabě alkalické vody. V ČR hojně na jihočeských lokalitách, běžně přítomna v rybnících tůních a jezerech po celém území, dále zjištěna na tůních Soos, na Rejvízu a Hrubého Jeseníku. Univoltinní druh, tyrfoxenní, karnivorní (KMENT, 2001).

Rod: ***Hesperocorixa***

Hesperocorixa sahlbergi – klešťanka žlutocípá

Všechny typy vod, častěji v lentických eutrofizovaných až polyhumických či dystrofních vodách v různých nadmořských výškách. Stinné lokality, převážně rybníky, tůně a jezera s bohatou vegetací i v okolním prostředí, často v lesích, na mokřadních a bažinných lokalitách, méně v pomaleji tekoucích potocích a říčkách. Dno s vysokou vrstvou organické hmoty, nevyhýbá se ani kyselým vodám s pH pod 6. V ČR zachycena mimo jiné i na Šumavě (jezero Laka) a na Soosu (KMENT, 2001). Bivoltinní druh, dobrá schopnost migrace (KMENT, 2001), živí se detritem, omnivorní (SAVAGE, 1989).

Rod: ***Paracorixa***

Paracorixa concinna concinna – klešťanka skvrnitá

Poměrně běžný druh v eutrofizovaných stojatých vodách, hlavně v rybnících. Dno vždy bez vegetace, spíše písčité či hlinité. Kromě jezer, rybníků a nádrží ji lze nalézt i v sezónních jezírcích na polích a loukách. Toleruje znečištění i slané a kyselé vody (KMENT 2001). Tvoří hejna. Samice kladou vajíčka na ponořenou vegetaci (limitující faktor výskytu). Dimorfizmus ve vývoji létacích svalů (KMENT 2001). Herbivorní, detritovorní, popř. omnivorní, bivoltinní (SAVAGE 1989).

Rod: ***Sigara***

Podrod: ***Pseudovermicorixa***

Sigara nigrolineata nigrolineata – klešťanka vlnkovaná

Otevřené lokality stojatých vod o menší ploše a velkém zastoupení mělčiny, pomalu tekoucí drobné toky (rybníčky, tůně, louže, krasová jezírka, meliorační příkopy, potoky, limnokreny). Zastoupení ve všech nadm. výškách, možná vazba na horské a podhorské vody, měkké vody vyšších poloh, tvrdé vody v nižších polohách (KMENT, 2001).

Dno holé, bahnité, jílovité, hlinito-jílovité s nízkým obsahem organických hmot, bez hustší vegetace. Toleruje i slané vody, výjimkou není ani u kyselých stojatých vod (pH až 2,2) (KMENT, 2001). Bivotlinní druh dobře uzpůsobený k migraci, ale nedostatečně ke konkurenci, obzvláště vůči větším druhům. Vývoj létacích svalů bývá z důvodů vývoje vaječníků pozastaven. Pigmentace kolísá, pravděpodobně i v závislosti na přítomnosti predátorů. Potrava je velmi pestrá (SAVAGE, 1989).

Podrod: ***Retrocorixa***

Sigara semistriata – klešťanka trojčená

Běžný druh stojatých i tekoucích vod různého trofického stupně. Preferuje otevřená stanoviště s bohatou vegetací živou i hnijící. Dno písčité, písčito-jílovité, bažinaté. V neutrálních a alkalických vodách subdominantní, převažuje však nad ostatními druhy ve vodách acidifikovaných. Prokázaná tolerance vůči hydroxidu železitému a brakickým vodám. V ČR všeobecně rozšířený bivoltinní druh, v SRN ohrožený až silně ohrožený (KMENT, 2001).

Podrod: ***Sigara***

Sigara striata – klešťanka pruhovaná

Upřednostňuje lentické vody nižších nadm. výšek (nejčastěji jezera, méně pak rybníky, umělé nádrže, tůně u meandrů řek apod.). Přítomná na stanovištích stojatých i tekoucích vod, kromě horských potoků. Převážně eutrofní, ale i oligotrofní vody. Brakické a slané vody nejsou ve výskytu výjimkou. Dno zarostlé, se středním obsahem organické hmoty (KMENT, 2001). Bivoltinní pelagický druh vázaný na ponořený litorální porost (KMENT, 2001).

Podrod: ***Subsigara***

Sigara distincta – klešťanka žíhaná

Nejčastější výskyt v otevřených chladnějších lentických vodách střední velikosti, zejména ve větších hloubkách. ČR je jižním okrajem areálu výskytu tohoto druhu. Z hlediska trofizmu upřednostňuje vody oligotrofní a mezotrofní nad vodami eutrofními (poledovcová jezírka, rybníčky vzácněji drobné toky), nevyhýbá se ani brakickým a kyselým vodám (pH až 2,4), sledována i ve vodách bohatých na vápník. Dno bahnité bez vegetace, holé i částečné zarostlé. Prokázána negativní korelace s vodivostí ($p < 0,01$) (KMENT, 2001). Bivoltinní druh s polymorfizmem ve vývoji létacích svalů. Predace ryb není limitujícím faktorem pro jeho výskyt (KMENT, 2001). Potrava různorodá, často detrit (SAVAGE, 1989).

Sigara falleni – klešťanka obecná

Dominantní druh eutrofních rybníků, bez bohaté vegetace, běžně se vyskytuje i v tekoucích vodách (řeky). Dno písčito-bahnité, převážně holé, se středním zastoupením organické hmoty v substrátu, pH optimálně vyšší než 6, výjimečně až 2,2. Nálezy z brakických vod nepotvrzeny. Výskyt až do nadmořské výšky 1300 m n. m (KMENT, 2001). Bivoltinní druh, tvoří hejna, dobrá schopnost migrace (KMENT, 2001). Pestrá skladba potravy, někdy preferují jen čistě živočišnou nebo čistě rostlinnou, rozdílná u samců – spíše herbivorní a samic – spíše omnivorní (SAVAGE, 1989).

Sigara fossarum – klešťanka příkopní

Tekoucí i stojaté vody, slepá ramena, těžiště výskytu v lotických mírně tekoucích vodách oligotrofních až dystrofiích a vrstvou organické hmoty při dně. Dno písčité až hlinité, břehy bahnité a zarostlé. Vody z pH vyšším než 6, ale řidší výskyt potvrzen i ve vodách kyselých

(KMENT, 2001). Omnivorní druh, živí se drobnými bezobratlými, fytoplanktonem i jejich odumřelými částmi v detritu, bivoltinní (SAVAGE ,1989).

Podrod: **Vermicorixa**

Sigara lateralis – klešťanka zdobená

Upřednostňuje stojaté vody všech typů, středně zarostlé (rybníčky, návesní rybníky, jezírka). Tolerantní k znečištění a zasolení vod. Preferuje mělčinu bez rostlinného porostu. Dno s vrstvou humusu v detritu. Nalezena i v brakických vodách, jinak obsazuje vody s pH nad 6 (KMENT, 2001). Bivoltinní druh s dobrými migračními schopnostmi, vajíčka klade na různé substráty (KMENT, 2001). Detritovorní (SAVAGE, 1989).

Čeleď: **Notonectidae**

Notonecta glauca - znakoplavka obecná

Upřednostňuje lentické vody s nízkým obsahem organické hmoty na stanovištích odcloněných okolní vegetací, v Novohradských horách nejčastěji v rybnících a umělých nádržích. Ve vodách o pH vyšším než 6, není výjimečná i v kyselých vodách (SAVAGE, 1989). V ČR běžný, hojně se vyskytující druh osídlující i nově vzniklé vody (PAPÁČEK, 1991, 2004). Univoltinní dravý druh přezimující ve stadiu dospělce (PAPÁČEK, 1991)

Notonecta lutea – znakoplavka žlutá

Relativně řídce se vyskytující tyrfofilní druh vyskytující se ale i v eutrofních a oligotrofních vodních nádržích či rybnících a oligo- až mezotrofních tůních s mineralizovanou vodou. Mohou se vyskytovat i v rašelinných výtopách rybníků. V Novohradských horách zachycena řidčeji v klauzurách s obsahem huminových látek. (PAPÁČEK, 1991 , 2004). Univoltinní dravý druh přezimující ve stadiu vajíčka (PAPÁČEK, 1991).

Notonecta reuteri – znakoplavka horská

Glaciální relikt, tyrfobiontní druh vyskytující se zejména v oligotrofních vodách rašelinišť např. Šumavy, Jeseníků a na Soosu (PAPÁČEK, SOLDÁN, 1995); jednotlivě nalezen i v oligo- a mezotrofních rybnících v Novohradských horách (PAPÁČEK, 2002, 2004). Univoltinní dravý druh přezimující ve stadiu vajíčka (PAPÁČEK, 1991).

Notonecta viridis – znakoplavka zelená

V ČR relativně vzácnější druh, stojatých vod, rašelinišť, oligo- a mezotrofních rybníků např. v Novohradských horách (PAPÁČEK, 1991, 2004). Univoltinní dravý druh přezimující ve stadiu dospělce (PAPÁČEK, 1991).