

PETR POŠTA

RAŠELINIŠTNÍ JEZERA ČESKA

P. Pošta: *Bog Pools in Czechia*. – Geografie–Sborník ČGS, 110, x, pp. 188–209 (2005). – Research into bog pools is carried out within grant projects implemented by the Department of the Physical Geography and Geoecology of the Charles University, Prague. Raised bogs are scarce but important features of the Czech landscape. The importance of peat bogs may be assessed either from a purely materialistic perspective (balneology, substrate in gardening and agriculture, formerly energy), or from the perspective of their landscape-formation properties (hydrological function, refugium of glacial relicts). Nowadays, the peatlands are important in science and education – they can help us to understand the evolution of our landscape in the Holocene. The above mentioned grant projects' goal was to compare a larger number of bog pools under different conditions of Czechia. The lakes were chosen on the basis of a field survey conducted in 2002–2003. In 2003–2004, these lakes were visited several times with the aim of creating a bathymetrical plan and taking a sample of water for assessment of its physical and chemical parameters. KEY WORDS: organogenic lakes – bog pools – peat – raised bogs – ombrotrophic peat bogs – water quality

Článek vznikl za finanční podpory grantu GAČR „Atlas jezer České republiky“ (205/03/1264).

1. Úvod

Studium rašeliništních jezer v Česku bylo prováděno v rámci grantových projektů GA UK „Jezera České republiky“ a GA ČR „Atlas jezer České republiky“, zpracovávaných na katedře fyzické geografie a geoekologie PrF UK (hlavní řešitel B. Janský).

Rašeliniště jsou významným prvkem české krajiny, jejichž význam můžeme posuzovat buď z čistě ekonomického hlediska (využití v balneologii, jako substrát pro zahradnictví a zemědělství či dříve v energetice) nebo z pohledu jejich krajinotvorné funkce (hydrologická funkce, refugium glaciálních reliktů aj.). V neposlední řadě slouží rašeliniště jako nenahraditelný zdroj informací o vývoji krajiny v holocénu (palynologické analýzy). Základní rašelinářská bibliografie, jejímž leitmotivem je zejména ekonomická využitelnost rašelinišť, vznikala již od poloviny 19. století (autoři Sitenský, Spirhanzl, Schreiber, Klečka, Válek aj.). Samotná rašeliništní jezera však po dlouhou dobu zůstávala mimo střed zájmu vědecké činnosti. Podrobný výzkum byl v nedávné době proveden pouze na dvou lokalitách, rašeliništích Rolavy (Melichar 1998) a Velkém a Malém Mechovém jezírku (Kříž 1971, Oulehle 2002). Historické studie byly zaměřeny vesměs na popis jediné lokality. Cílem zmiňovaných grantových projektů a tohoto článku je porovnat morfometrické a fyzikálně-chemické parametry většího množství rašelinných jezer v různých přírodních podmínkách Česka (nadmořská výška, geologické podloží, vegetace, stáří

apod.). Důraz je kladen na zmapování půdorysu a celkového tvaru jezerních pánví.

Jezera popisovaná v následujícím textu byla vybrána na základě terénního průzkumu z let 2002–2003. Výchozími zdroji informací byly následující publikace: Dohnal a kol. (1965), Józsa, Vonička a kol. (2004), Mrázková a Skuhřavý (1999), Nevrlý (1962), Pošta (2003, 2004). Databáze rašeliníšť (2004) a rezervační knihy AOPK ČR. V úvahu byla brána následující kritéria: přítomnost otevřené vodní hladiny, plocha jezera, dopravní dostupnost a reprezentativnost lokality. Terénní měření proběhla na lokalitách v okrajových pohorích české části Českého masivu. Výsledky terénních měření na jediném významnějším rašelinistním jezeře na Moravě, Velkém Mechovém jezírku, jsou uvedeny v publikaci „Jezera České republiky – současný stav geografického výzkumu“ (Janský, Šobr a kol. 2003). Zde jsou také popsány ostatní, zde neuváděné lokality s výskytem rašelinistních jezer.

2. Organogenní jezera a chemismus rašelinných vod

Jezero je podle Janského, Šobra a kol. (2003) přírodní deprese na zemském povrchu nebo pod ním, trvale nebo dočasně vyplněná vodou, nemající bezprostřední spojení s mořem. Jako organogenní jezera označujeme jezera vzniklá 1. paludifikací na svazích s vystupujícími prameny, 2. terestrializací vodních ploch v depresních polohách (pod oba body řadíme vrchovištní a slatinná jezera), nebo 3. v místech, kde dochází k nadržení vody v důsledku přehrazení biogenně vysráženým uhličitánem vápenatým (travertinová jezírka). V mnoha případech jsou organogenní jezera antropogenního původu (tj. vzniklá zatopením plochy vzniklé při těžbě rašeliny). Vzhledem k tomu, že se tento článek zabývá jezery vrchovištními, fyzikálně-chemické parametry vody budou popsány již pouze u tohoto typu organogenních jezer.

Vrchovištní jezera se vyskytují nejčastěji v horských sedlech a na náhorních plošinách, méně pak v údolích a na svazích. Jsou sycena zejména vodou atmosférického původu. Výchozí rostlinný materiál je tvořen především rašeliníkem. Jedná se buď o vodou vyplněné šlenky, resp. flarky (prohlubně, resp. pruh prohlubní), kolky (větší a hlubší flarky) nebo blánky (kruhová rašelinná jezera na temeni vrchovišť).¹

Fyzikální a chemické vlastnosti vrchovištních jezer jsou ovlivněny vlastnostmi rašelinného substrátu. Rašelina obsahuje velké množství organických látek převážně rostlinného původu. Tyto sloučeniny jsou díky rozkladným a syntetickým pochodům, souhrnně označovaným jako humifikace, postupně převáděny na huminové látky (huminové, fulvinové a hymatomelanové kyseliny), pouze část organické hmoty je mineralizována. Huminové látky, vysokomolekulární sloučeniny s velkým množstvím postranních řetězců, se v přírodních vodách chovají jako záporně nabitě koloidy. Vyluhováním rašeliny se huminové látky dostávají do vody a zabarvují ji do žlutohněda až hněda. Částečný rozklad postranních řetězců huminových kyselin je příčinou zvýšených koncentrací amoniakového dusíku ve vodách. Vzhledem k častému výskytu anoxických podmínek amonné ionty téměř nepodléhají nitrifikaci a oxidaci. Z tohoto důvodu rašelinné vody obecně obsahují zvýšené koncentrace NH_4^+ a vesměs relativně nízké koncentrace NO_3^- . Díky komplexotvorným vlastnos-

¹ Specifické názvosloví používané k popisu struktury rašeliníšť pochází zejména ze švédštiny (blánk, flark aj.) a němčiny (např. kolk). V anglické literatuře se pro vrchovištní jezírka často používá termín „bog pool“.

Tab. 1 – Charakteristiky sledovaných vrchovišť. Zdroj dat: klimatická regionalizace (Quitt 1971), charakteristiky ložisek rašeliny – archiv rašeliništního fondu ČR (VÚMOP).
Poznámky: *) včetně slatě Gayerrück, údaj o celkovém objemu je pouze orientační.

Název slatě	Pohoří	Nadmořská výška (m n. m.)	Klima- tický region	Rozloha (ha)	Mocnost (m)		Objem (tis. m ³)
					prům.	max.	
Roklanské slatě*)	Šumava	1080–1135	CH4	75,5	1,9	6,0	1 435
Gayerrück	Šumava	1135	CH4	–	–	–	–
Blatenská slat	Šumava	1245	CH4	71,0	1,0	4,1	710
Rokytecké slatě	Šumava	1085–1110	CH4	142,0	2,1	7,0	2 982
Mlynářská slat	Šumava	1000–1090	CH4	134,0	2,1	6,5	2 814
Chalupská slat	Šumava	900–930	CH6	136,9	1,9	7,0	2 343
Úpské rašeliniště	Krkonoše	1410–1460	CH4	10,0	0,5	1,2	50
Na Čihadle	Jizerské hory	970–980	CH6	4,4	2,3	3,5	80
Jeřábí slatina	Krušné hory	950–970	CH6	36,0	1,7	5,0	600

tem huminových kyselin bývá v rašelinných vodách zvýšený obsah kovů (Fe, Mn aj.; Pitter 1990). Významnou složkou rašelin a jezer v nich vytvořených jsou též další organické látky jako celulóza, lignin, vosky a klovatiny. Koloidní podíl rašelinné hmoty se uplatňuje při adsorpci plynů rašelinou. Na povrchu částic rašeliny tak dochází k hromadění celé řady plynů, mj. metanu, sirovodíku a zejména již zmiňovaného amoniaku. Rašeliny, potažmo rašeliništní vody jsou tak charakteristické svým specifickým zápachem (Spirhanzl 1951). Voda v rašelinných jezerech je velmi měkká. Disociované záporné částice huminových látek tak nemohou být v dostatečné míře neutralizovány bazickými kationty, což se ve výsledku odráží ve velmi nízkém pH těchto vod. Kyselost vody a zhoršené kyslíkové poměry jsou příčinou malé biodiverzity a celkově nízké mikrobiální aktivity rašelinných vod.

3. Metodika výzkumu rašeliništních jezer

V rámci řešení grantových projektů, zabývajících se jezery České republiky, byla sledována jezera na Šumavě (Blatenská slat, Roklanské slatě, Gayerrück, Rokytecké slatě, Přední Mlynářská slat a Chalupská slat), v Krkonoších (Úpské rašeliniště), Jizerských horách (rašeliniště Na Čihadle) a Krušných horách (Velké Jeřábí jezero). Základní charakteristiky zkoumaných jezer jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2. Metodika měření rašeliništních jezer je shodná s postupy použitými při zkoumání jiných genetických typů jezer. Na vybraných lokalitách provedl kolektiv řešitelů projektu "Atlas jezer České republiky" půdorysná a batymetrická měření. Půdorysy jezer byly sestaveny na základě měření totální geodetické stanice Leica TCR 705 ve spolupráci s J. Česákem a M. Šobrem z KFGG PřF UK, hloubky jsme měřili pomocí kalibrované latě spouštěné z gumového člunu, který se pohyboval podél nataženého lanka. Hodnoty jsme zaznamenávali s horizontálním krokem 2–5 m (při březích byla síť hloubkoměrných bodů zpravidla zhuštěna). Data se zpracovávala pomocí programů MapInfo a Surfer. Od léta 2003 do jara 2004 provedl řešitelský tým na každé lokalitě několik fyzikálních, hydrochemických a hydrobiologických měření. Snahou bylo učinit v každém ročním období jeden odběr, ale v důsledku drsných klimatických podmínek v zimním období jsou data většinou nekompletní. Fyzikální parametry (teplotní zvrstvení, konduktivitu, rozpuštěný kyslík, průhlednost a barvu) jsme určovali přímo v terénu pomocí přístrojů GRYF, hydrochemické parametry stanovovala Hydrobiolo-

Tab. 2 – Geografická poloha a morfometrie rašelinistních jezer sledovaných v rámci řešení grantových projektů.

Poznámky: *) bez rašelinných ostrůvků, s ostrovy 12 600 m²

Název jezera	Zeměpisné souřadnice		Počet		Plocha (m ²)	Objem (m ³)	Hloubka (m)		Max. délka (m)	Délka břehové čáry (m)
	s. š.	v. d.	profilů	hloubkových měření			prům.	max.		
Roklanská slať – východ	49°00'18"	13°26'28"	13	139	2060	1955	0,95	1,70	65,7	190
Roklanská slať – střed	49°00'24"	13°26'07"	10	89	890	893	1,00	1,40	41,0	120
Gayerrück – malé	49°00'09"	13°25'17"	7	48	240	165	0,68	0,80	28,3	80
Gayerrück – velké			11	83	615	437	0,71	0,90	40,1	102
Blatenská slať – velké	48°58'22"	13°27'18"	16	173	1730	1008	0,58	1,05	76,5	221
Blatenská slať – malé			12	127	1525	716	0,47	0,90	53,8	151
Rokytecká slať	49°00'59"	13°24'49"	13	131	2160	1738	0,80	1,15	78,7	224
Mlynářská slať – jih	49°01'23"	13°27'31"	8	77	440	514	1,17	1,50	37,3	107
Mlynářská slať – sever	49°01'29"	13°27'16"	13	94	745	647	0,87	1,00	42,5	127
Úpské rašelinistě	50°44'05"	15°42'27"	10	185	1245	792	0,64	1,05	57,7	163
Na Čihadle – horní	50°49'58"	15°13'53"	8	77	370	405	1,10	1,70	26,8	84
Na Čihadle – spodní			6	55	215	127	0,59	0,95	25,2	72
Velké Jeřábí jez.	50°24'24"	12°35'23"	–	–	335	–	–	(1,00)	24,2	69
Chalupská slať	48°59'55"	13°39'32"	58	299	9320*)	10500	1,12	2,00	146,7	441

gická stanice PŘF UK u Velkého Pálence pod vedením E. Stuchlíka. Při analýzách vzorků byly určovány koncentrace sloučenin dusíku (NO_3^- a NH_4^+), síry (SO_4^{2-}), halogenů (F^- a Cl^-), alkalických kovů a kovů alkalických zemin (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) a pH. Do analýz zpracovávaných u všech genetických typů jezer jednotně nebyly zahrnuty organické ionty (mj. disociované formy karboxylových skupin, typických pro strukturu molekul huminových látek), které hrají v rašelinných vodách významnou roli.

Fyzikálně-chemické parametry vod jednotlivých jezer budou v tomto článku vzhledem k velkému množství dat a relativně velké podobnosti všech sledovaných lokalit prezentovány pouze u vybraných jezer.

4. Výsledky měření

4.1 Vrchovištní jezera na Šumavě

Šumava je jednou z nejvýznamnějších oblastí výskytu rašelinišť v Česku. Z tohoto důvodu je zdejší rašeliništním jezerům věnován největší prostor. Polohu analyzovaných jezer zobrazuje obrázek 1. Z prostorových důvodů jsou v tomto článku některá zkoumaná rašeliniště záměrně vynechána (např. rašeliniště Gayerrück).

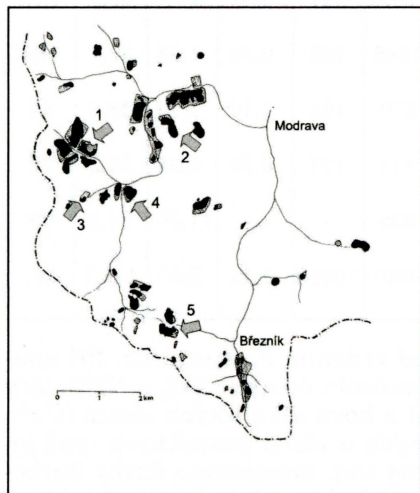
4.1.1 Roklanské slatě

Roklanské slatě představují komplex několika vrchovišť, uspořádaných v Z-V směru. Slatě se nacházejí jihovýchodně od vrchu Medvěď ve výšce 1 080–1 120 m n. m. Na slatích pramení několik zdrojnic a přítoků Rokytky a zároveň tudy protéká Roklanský potok. Z celku Roklanských slatí byla zkoumána dvě jezera: jezero asi 0,5 km jihozápadně od soutoku Roklanského a Novohuťského potoka („Roklanská sláť – východ“) a větší ze dvou jezer na rašeliništi, sevřeném Rokytkou a Roklanským potokem („Roklanská sláť – střed“).

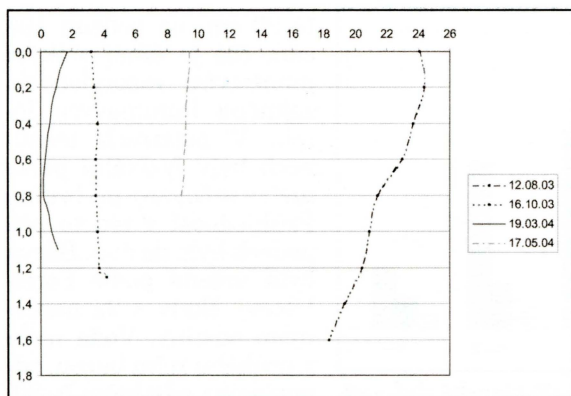
Měření morfometrických parametrů jezera „Roklanská sláť – východ“ bylo provedeno kolektivem katedry fyzické geografie a geoekologie PřF UK dne 12.8.2003. Z batymetrické mapy jezera (obr. 6) je patrné, že jezerní pánev je ukloněna k západu a že velká část dna se nachází v hloubkovém stupni 1,0 až 1,2 m. Jezero vyniká mezi sledovanými vodními plochami (mimo Chalupskou sláť) svou maximální hloubkou 1,7 m a objemem 1 950 m³. Další charakteristiky obou jezer jsou uvedeny v tabulce 2.

Základní fyzikální parametry vody jezera „Roklanská sláť – východ“ jsou znázorněny na obrázcích 2–4. Ačkoliv byly fyzikálně-chemické odběry vody prováděny z obou sledovaných vodních ploch na Roklanských slatích, v tomto článku se omezíme pouze na jezero „Roklanská sláť – východ“. Fyzikální parametry vody byly sledovány ve čtyřech termínech: 12. 8. 2003, 16. 10. 2003, 19. 3. 2004 a 17. 5. 2004.

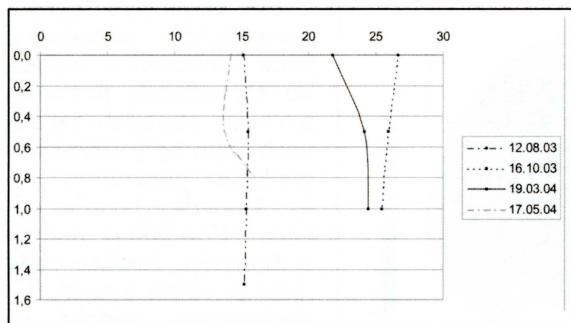
Teplota jezera „Roklanská sláť – východ“ (obr. 2) vykazovala silnou závislost na okamžité povětrnostní situaci. Při letním měření s radiačním typem počasí (teplota vzduchu 27,9 °C), byla povrchová vrstva silně prohřátá (24,1 °C), zatímco u dna byla teplota téměř o 6 °C nižší. Během podzimního měření byla hladina ze 20 % pokryta 5 cm mocnou vrstvou ledu. Teplota ve vodním sloupci se pohybovala kolem 4 °C. Typicky zimní situace (nízké teploty vzduchu a maximální výška sněhové pokrývky) nebyla zachycena, jelikož odběr proběhl až na konci zimy při nezvykle teplém počasí (teplota vzduchu v poledne 11,4 °C). Jezero přesto bylo zamrzlé (80 cm mocná vrstva rozbředlého ledu). Během jarního měření byla teplota v ce-



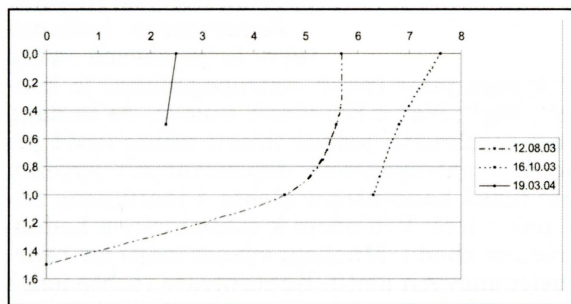
Obr. 1 – Poloha sledovaných jezer v komplexu Modravských slatí na Šumavě. 1 – Rokytecké slatě, 2 – Přední Mlýnářská sláť, 3 – sláť Gayerrück, 4 – Roklanské slatě, 5 – Blatenská sláť. Podkladová mapa: Mrázková, Skuhrový (1999).



Obr. 2 – Teplotní profil jezerem „Roklanská slať-východ“ (změny teploty s hloubkou). Osa x – teplota (°C), osa y – hloubka (m).



Obr. 3 – Konduktivita vody v jezeře „Roklanská slať-východ“. Osa x – konduktivita (μS.cm⁻¹), osa y – hloubka (m).



Obr. 4 – Kyslíkové poměry v jezeře „Roklanská slať-východ“. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku (mg.l⁻¹), osa y – hloubka (m).

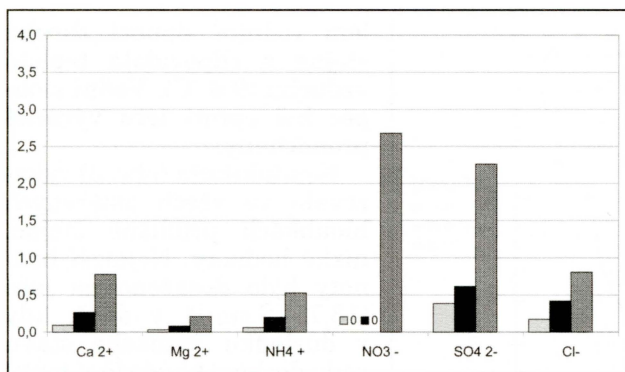
lém vodním sloupci zhruba stejná a odpovídala teplotě vzduchu (9,6 °C). Vodní sloupec byl oproti létu výrazně promícháný.

Konduktivita (obr. 3) vykazovala ve všech změřených hloubkách přibližně stejné, nízké hodnoty. Nejnižší hodnoty bylo dosaženo na jaře (13,7 μS.cm⁻¹), v době, kdy v důsledku vysokého stavu vody dochází ke zředění iontů obsažených ve vodě, nejvyšší pak na podzim při nízkém vodním stavu (26,6 μS.cm⁻¹). Nízké naměřené hodnoty vypovídají o velmi malé mineralizaci vody. O jednoznačném ročním chodu konduktivity lze však při takto nízkých hodnotách hovořit jen těžko.

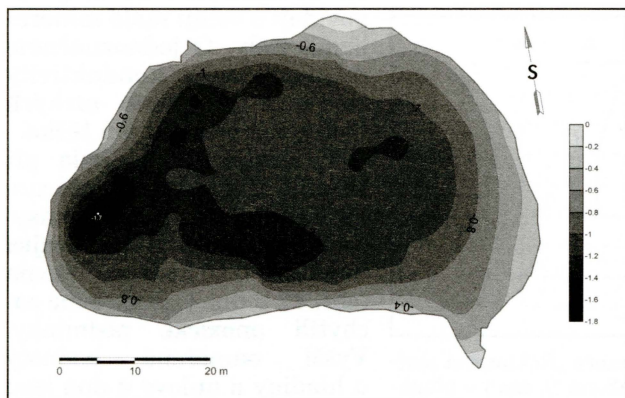
V letním období byla při hladině změřena koncentrace kyslíku 5,7 mg.l⁻¹ (72 % nasycení kyslíkem). S přibývajícím hloubkou tato hodnota klesala (obr. 4), u dna (1,5 m) jsme zachytili anoxické podmínky. Vyšší naměřené hodnoty u hladiny a nulové u dna jsou patrně zapříčiněny rozložením biologických pochodů ve vodním sloupci – při hladině převládaly fotosyntetické pochody (produkce kyslíku), u dna pak procesy respirační a rozkladné (spotřebovávání kyslíku). Na podzim jsme sice naměřili vyšší koncentrace (ve vodním sloupci mezi 6,5–7,5 mg.l⁻¹), ovšem při nižších teplotách s vyššími rovnovážnými koncentracemi kyslíku. Nasycení tak ve skutečnosti bylo při hladině nižší (kolem 45–55 %) než v létě. Při zimním měření, kdy

měla voda v téměř celém vertikálním profilu konzistenci rozbředlého ledu, byly kyslíkové poměry v jezeře velmi nepříznivé (2,5 mg.l⁻¹ a 18 % nasycení). Během jarního měření jsme kyslíkový režim nesledovali z důvodu závady oxymetru.

Při letním a podzimním měření jsme fyzikální parametry vody určovali nad místem maximální hloubky (z čluu). Průhlednost vody byla relativně malá (v lé-



Obr. 5 – Iontové složení vody v jezeře „Roklanská slať – východ“. Osa x – iontové složení vody, osa y – koncentrace (mg/l). Sloupce zleva: léto, podzim, zima. Jarní hodnoty nebyly k dispozici.



Obr. 6 – Batymetrická mapa jezera „Roklanská slať-východ“. Hloubkové stupně v metrech.

nízká. Oproti jiným genetickým typům jezer (např. antropogenním) je koncentrace bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ a K^+) téměř nulová. Je to dáno jednak celkovou dystrofií prostředí rašeliniště, jednak účastí těchto iontů při neutralizaci přirozeně vznikajících i antropogenně deponovaných kyselin. Nejvyšší, ale přesto celkově velmi nízké koncentrace těchto 4 iontů jsme naměřili v zimním období, nejnižší pak v létě. Vzhledem k takto nízkým hodnotám však lze jen těžko hovořit o ročním chodu. Mnohem významnější jsou zjištěné koncentrace amonných a dusičnanových iontů. Koncentrace těchto iontů jsou totiž ve srovnání s jinými genetickými typy jezer srovnatelné nebo výrazně vyšší. Nejnižší hodnoty jsme u NH_4^+ zjistili v letním období ($0,06 \text{ mg.l}^{-1}$), nejvyšší pak v zimě ($0,53 \text{ mg.l}^{-1}$). Koncentrace dusičnanových aniontů byly v létě a na podzim nulové, v zimním období však výrazně vzrostly (na $2,26 \text{ mg.l}^{-1}$). Také u koncentrací síranů jsme zaznamenali nejnižší hodnoty v létě ($0,39 \text{ mg.l}^{-1}$) a nejvyšší v zimě ($2,26 \text{ mg.l}^{-1}$). Tyto hodnoty jsou však v porovnání s jinými typy jezer již poměrně malé. Koncentrace chloridů jsou zanedbatelné, fluoridy nebyly ve vodě zjištěny vůbec.

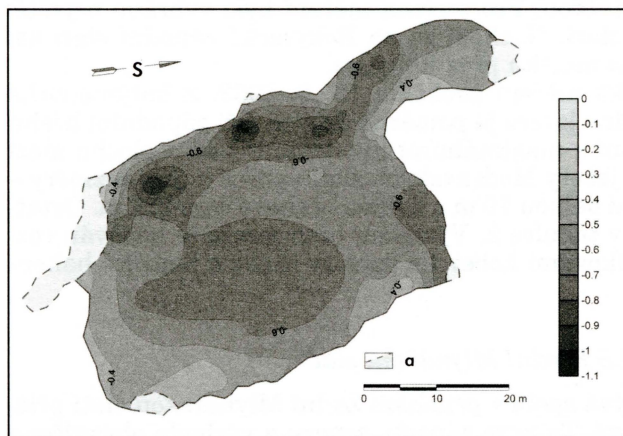
tě 90 cm, na podzim 105 cm), což je dáno velkým množstvím rozptýlených, zejména huminových látek. V ostatních termínech byly fyzikální parametry určovány při břehu. Průhlednost v těchto případech byla do dna. Barva byla určena podle Forel-Uleovy škály s 22 barevnými odstíny. Voda měla v průběhu roku barvu, odpovídající odstínům č. 20-21-20-22 (léto-podzim-zima-jaro), tedy hnědou až tmavě hnědou.

Při hodnocení hydrochemických parametrů jsme vycházeli z výsledků tří odběrů, provedených ve stejných termínech jako byly určovány fyzikální parametry vody. Výsledky jarního odběru (17.5.2004) nebyly k dispozici. Reakce vody (pH) je velmi kyselá. Ve sledovaném období se hodnoty pohybovaly mezi 4,11 a 4,33. Nejnižší hodnota byla zjištěna na podzim, nejvyšší na jaře.

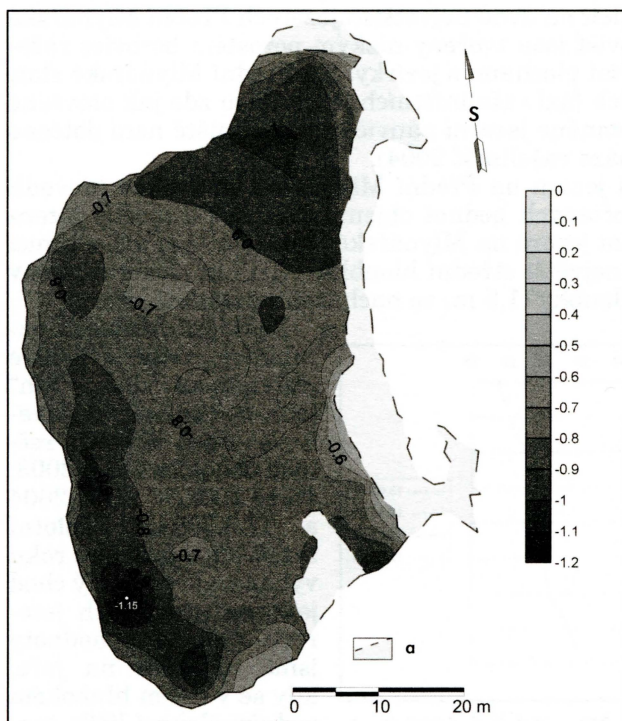
Koncentrace kationtů (obr. 5) je obecně velmi

4.1.2 Blatenská slat'

Blatenská slat' se nachází ve výšce asi 1 245 m n. m. mezi Blatným vrchem a Studenou horou v příhraniční části Modravských slatí. Pramení zde Březnický potok, jedna ze zdrojnic Modravského potoka. Centrální část rašeliniště je



Obr. 7 – Batymetrická mapa největšího jezera na Blatenské slati. Hloubkové stupně v metrech; a – holé rašelinné plochy nebo zarůstající části jezera.



Obr. 8 – Batymetrická mapa největšího jezera Rokyteckých slatí. Hloubkové stupně v metrech; a – holé rašelinné plochy nebo zarůstající části jezera.

tvořena hustým porostem borovice rašelinné (*Pinus × pseudopumilio*), okrajové části pak poškozenými porosty smrku, zpravidla podmáčenými. Ložisko je tvořeno suchopýro-rašeliníkovým druhem rašeliny. Rašeliniště není dotčeno průmyslovou těžbou. Půdorysná měření byla provedena pouze na jižní části Blatenské slatě. Podrobná batymetrická měření a hydrochemické analýzy jsme uskutečnili u dvou největších jezer (výsledky jsou vzhledem k podobnosti s jinými slatěmi zmiňovány pouze v závěrečném srovnání).

Detailní půdorysná a batymetrická měření jsme provedli v letním období (14.8.2003) na dvou největších jezerech Blatenské slatě. V tomto článku z prostorových důvodů uvádíme pouze mapu největšího z jezer (obr. 7). Jezera jsou poměrně rozlehlá (až 0,17 ha), avšak díky malé střední hloubce (asi 0,5 m) nepříliš objemná (1 000 m³). Největší hloubky (cca 1 m) se u obou jezer nacházejí při jejich západních březích. Mělčí oblasti v centrální části jezer jsou tvořeny mocnějšími vrstvami nahromaděné rašeliny.

4.1.3 Rokytecké slatě

Rokytecké slatě (zvané též Weitfällerské,

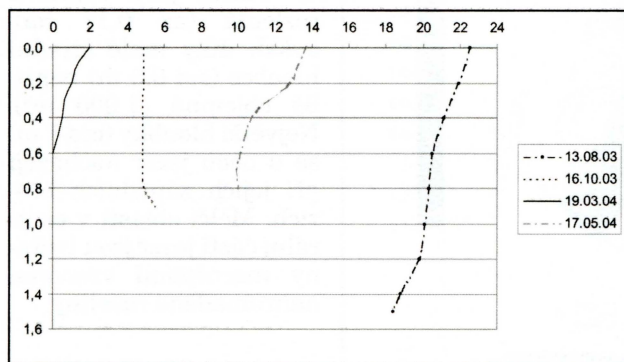
1085–1110 m n. m.) se nacházejí severně od vrchu Medvěd, asi 3 km jihozápadně od bývalé Javoří Pily. Slatě zahrnují několik dílčích rašelinných ložisek, jež jsou oddělena jednotlivými zdrojnicemi Rokytky. Vnitřní části vrchovišť jsou tvořeny porostem borovice rašelinné a bezlesými rašelinnými plochami, okrajové části pak smrčínami a přechodovými rašeliništi. Rašeliniště není dotčeno průmyslovou těžbou. Pro terénní měření bylo vybráno největší jezero celých Rokyteckých slatí. Nachází se na Rokytecké západní slati asi 250 m západně od silničního mostku přes Rokytku.

Půdorysná a batymetrická měření proběhla 13. 8. 2003. Z batymetrické mapy (obr. 8) je patrné, že dno jezera je poměrně členité. Při západním břehu se nachází několik prohlubní s maximálními hloubkami. Vodní plocha mezi sledovanými rašeliništními jezery Modravských slatí vyniká svými rozměry – plochou 2 160 m², maximální délkou 79 m a délkou břehové čáry 224 m. Ostatní parametry jsou shrnuty v tabulce 2. Východní břeh jezera je lemován rozsáhlými plovoucími rašeliníkovými koberci s porosty ostríc a blatnice bahenní.

4.1.5 Přední Mlynářská slat'

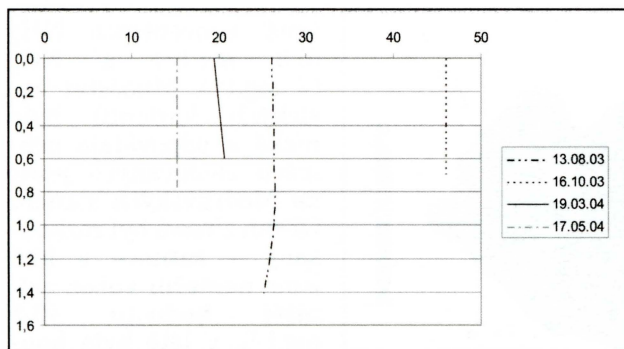
Přední Mlynářská slat' bývá spolu s přilehlou Zadní Mlynářskou slatí přičleňována ke slati Rybářenské. Ta je ze západu, severu a východu ohraničena obloukem Roklanského potoka, z jihu pak jeho přítokem, Slatinným potokem. Slat' se nachází jižně od spojnice Rybárna – Javoří Pila v nadmořské výšce 1000–1090 m (část Přední Mlynářská slat' pak ve výšce 1030–1055 m n. m.). Terénní měření jsme prováděli na dvou největších jezerech Přední Mlynářské slatě. Centrální části vrchovišť jsou tvořeny nízkým porostem borovice rašelinné a bezlesými rašelinnými plochami s jezírky. Na Přední Mlynářské slati lze spatřit několik vývojových fází rašeliništních jezer. Jsou zde jak otevřené vodní plochy, tak silně zazemněné jezerní pánvičky. Rašeliniště není dotčeno průmyslovou těžbou (Databáze rašelinišť 2004).

Morfometrické mapování jezera na Přední Mlynářské slati jsme provedli 13.8.2003. Na základě vypočtených hodnot objemu (515 m³) a plochy jezera (440 m²) jsme zjistili, že jižní jezero na Mlynářské slati (obr. 13) má v rámci sledovaných vodních ploch největší střední hloubku – 1,17 m. Jezerní pánev je symetrická, maximální hloubky (1,5 m) se nacházejí uprostřed jezera.

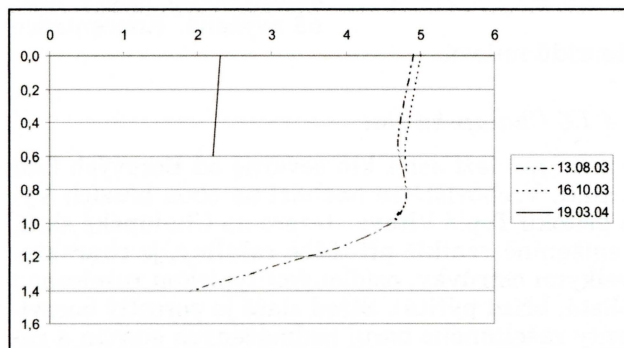


Obr. 9 – Teplotní profil jezerem „Mlynářská slat'-jih“ (změny teploty s hloubkou). Osa x – teplota (°C), osa y – hloubka (m).

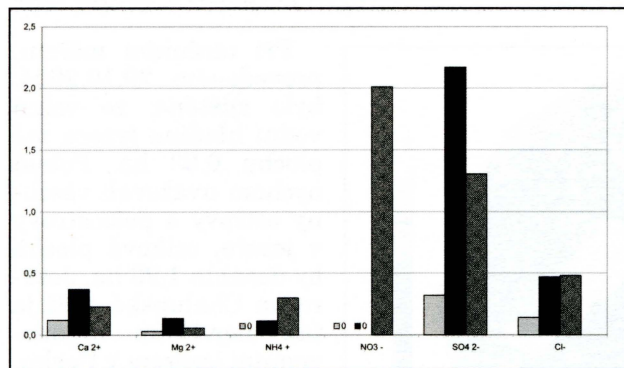
Základní fyzikální parametry vody v jezeře „Mlynářská slat' – jih“ (obr. 9–12) jsme sledovali ve všech čtyřech ročních obdobích (13.8.2003, 16.10.2003, 19.3.2004 a 17.5.2004). Teplotní zvrstvení v průběhu roku vykazovalo podobný chod jako na předešlých jezerech. Odchylné hodnoty jsme naměřili na jaře, kdy se v 0,8 m hlubokém vodním sloupci lišila teplota na hladině a u dna téměř o 4 °C. Za zmínku



Obr. 10 – Konduktivita vody v jezeře „Mlýnská slať-jih“. Osa x – konduktivita ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), osa y – hloubka (m).



Obr. 11 – Kyslíkové poměry v jezeře „Mlýnská slať-jih“. Osa x – koncentrace rozpuštěného kyslíku ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), osa y – hloubka (m).

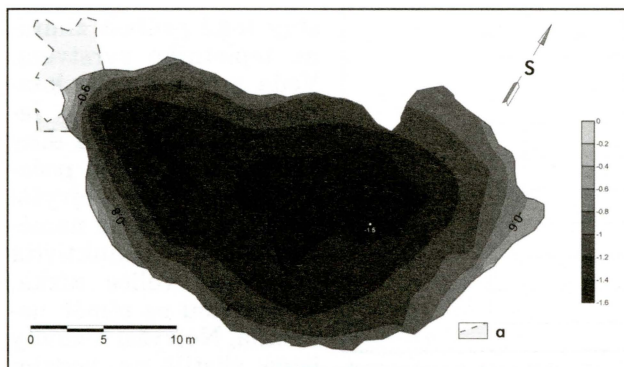


Obr. 12 – Iontové složení vody v jezeře „Mlýnská slať-jih“. Osa x – iontové složení vody, osa y – koncentrace ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Sloupce zleva: 13.8.2004, 16.10.2004, 19.3.2004. Jarní hodnoty nebyly k dispozici.

nízká, v podzimním období jsme naměřili vůbec nejnižší hodnotu v rámci všech sledovaných jezer – 3,82. Koncentrace amonných a dusičnanových iontů byla v době letního odběru nulová. V zimním období jsme zaznamenali zvý-

stojí také průběh zimního teplotního zvrstvení. Voda v jezeře měla konzistenci rozbředlého ledu. U hladiny byla díky neobvykle teplému počasí teplota vody nejvyšší (2°C), u dna jsme naměřili 0°C . Konduktivita byla opět velice nízká, s hloubkou se téměř neměnila. Nejvyšší hodnoty jsme zjistili na podzim při nejnižším vodním stavu ($46 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ v celém vodním sloupci), nejnižší na jaře ($15,1 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Z grafů lze vyčíst, že v letním období byl kyslík ve vertikálním profilu rozložen velmi nerovnoměrně. Nejvíce jej díky difuzi z atmosféry a fotosyntézy bylo u hladiny ($4,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ při 57% nasycení), nejméně u dna, kde probíhaly rozkladné procesy ($1,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, 17% nasycení). Nejnepríznivější kyslíkové poměry ($2,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, 14 % rovnovážné koncentrace) jsme zaznamenali v zimě, kdy bylo jezero z velké části zamrzlé (koncentraci kyslíku jsme měřili v roztáté vrstvě ledu). Průhlednost jsme v letním období určili na 1 m, v ostatních případech byla do dna. Barva kolísala mezi odstíny č. 21-22-20-21.

Vzorky vody pro hydrochemický rozbor vody v jezeře „Mlýnská slať-jih“ byly odebrány ve všech ročních obdobích. Reakce vody byla velmi

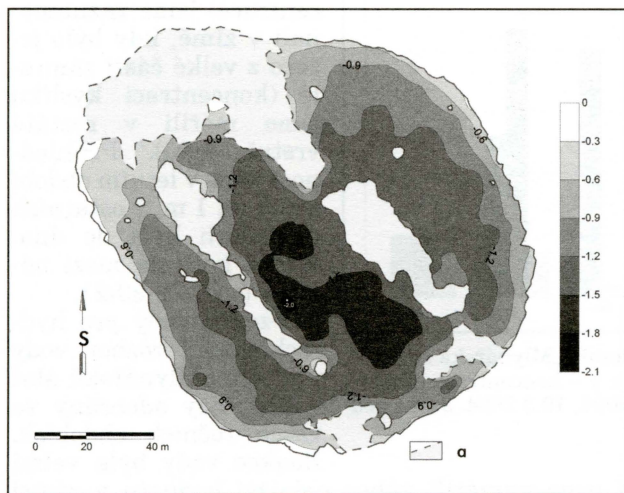


Obr. 13 – Batymetrická mapa jezera „Mlýnářská slat-jih“. Hloubkové stupně v metrech; a – holé rašelinné plochy.

chloridů byla velmi nízká, fluoridů nulová.

4.1.6 Chalupská slat

Chalupská slat (900–930 m n. m.) leží asi 1 km severně od Borových Lad mimo prostor Modravských slatí. Vrchoviště se nachází na obou březích Vydršího potoka, levostranného přítoku Teplé Vltavy. Jezero na Chalupské slati, vzniklé nadržением vody ve sníženině vzniklé při těžbě rašeliny, je charakteristické několika poměrně velkými ostrůvky, osídlenými typickou rašelinnou vegetací (rosnatka okrouhlostá, bříza pyřitá). Střed slatě je porostlý borovicí rašelinnou, okraje fragmenty rašelinného boru, podmáčených smrčín a rašelinnými březinami. Vrchoviště bylo v 19. století těženo, pozůstatkem jsou deprese poblíž povalového chodníku. Maximální hloubka rašeliny je 7 m. V době psaní tohoto článku byly k dispozici pouze výstupy z půdorysných a hloubkových měření, měření fyzikálně-chemických parametrů nebyla toho času dokončena.



Obr. 14 – Batymetrická mapa jezera na Chalupské slati. Hloubkové stupně v metrech; a – poloostrovy a ostrovy.

šené koncentrace NH_4^+ (0,3 mg.l⁻¹) a NO_3^- (2 mg.l⁻¹). Množství bazických kationtů bylo nízké a odpovídalo průměru sledovaných jezer na Modravských slatích. Obsah síranů byl rozkolísaný – zatímco v létě jsme naměřili vůbec nejnížší hodnotu (0,3 mg.l⁻¹), v létě byla koncentrace ve srovnání s ostatními sledovanými šumavskými jezery mírně zvýšená. Koncentrace

Při terénním měření, provedeném 29.10.2004, bylo zjištěno, že volná vodní hladina jezera má plochu 0,93 ha. Pokud bychom uvažovali všechny ostrovy a poloostrovy v jezeře, celková plocha by dosáhla 1,26 ha. Jezero na Chalupské slati je tak největším organogenním jezerem v Česku. Objem vodní plochy byl na základě terénního měření odhadnut na 10 500 m³. Střední volumetrická hloubka jezera tak činí 1,12 m. Ve střední části jezera (mezi pruhy ostrovů) byla na-

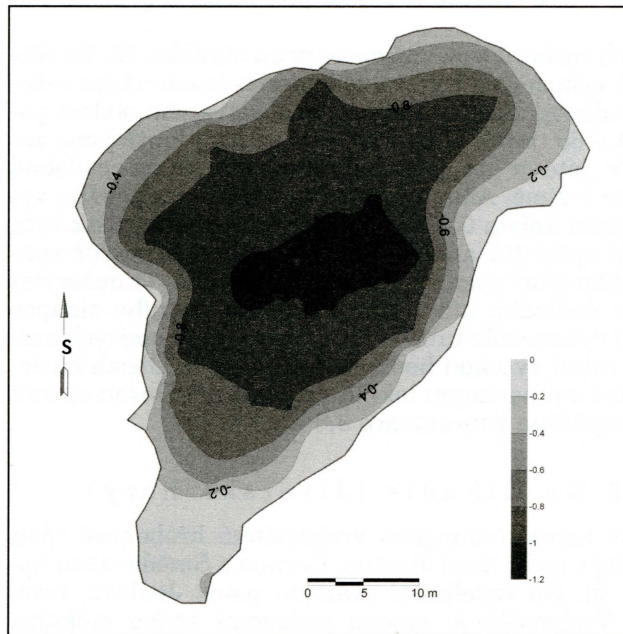
měřena vůbec největší hloubka v rámci všech sledovaných rašeliništních jezer – 2,0 m. Mapa jezera je zachycena na obr. 14.

4.2 Úpské rašeliniště (Krkonosy)

V Krkonosích jsme jako reprezentativní lokalitu zvolili Úpské rašeliniště. Najdeme jej na náhorní planině mezi Sněžkou a Luční horou ve výšce 1410–1460 m n. m. Toto rašeliniště je klasickou ukázkou rozvodnicového vrchoviště subalpinského typu. Ložisko rašeliny, nacházející se po obou stranách česko-polské státní hranice, se zde vytvořilo na pramenech Bílého Labe, Úpy a Lomničky. V podloží rašelinného ložiska se nacházejí horniny krkonošsko-jizerského žulového masivu. Lokalita se nachází nad horní hranicí lesa. Část vrchoviště je pokryta nízkým porostem kleče, okolí je bezlesé. Rašeliniště nebylo postiženo průmyslovou těžbou. Pro terénní měření bylo vybráno největší jezero české části rašeliniště, tj. druhé největší jezero na vrchovišti (50° 44' 05" s. š., 15° 42' 27" v. d.).

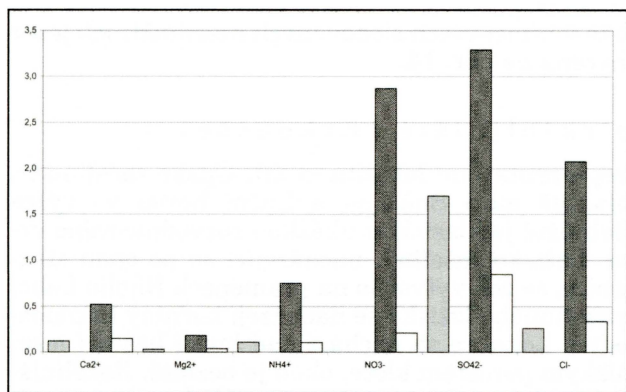
Morfometrie jezera na Úpském rašeliništi je znázorněna na obrázku 15. Púdorysná a batymetrická měření jezera jsme uskutečnili 7.6. 2004. Plocha jezera činí 1 245 m², objem jsme odhadli na 790 m³ (v době měření byl ve skutečnosti ještě menší, neboť do výpočtu byly zahrnuty i příbřežní zazemněné části jezera). Jezero má ve srovnání s jinými sledovanými vodními plochami relativně pevné rašelinné dno. Jeho maximální hloubka (1,05 m) se nachází ve středu jezera. Střední hloubka jezera činí asi 0,65 m.

Fyzikální a chemická měření jsme na Úpském rašeliništi provedli ve třech ročních obdobích (9.7.2003, 19.2.2004 a 7.6.2004). U žádného ze sledovaných parametrů se nepotvrdila závislost na hloubce měření (tj. ve všech místech vodního sloupce jsme zjistili zhruba stejné hodnoty). Možnou příčinou je loka-



Obr. 15 – Batymetrická mapa největšího jezera české části Úpského rašeliniště. Hloubkové stupně v metrech.

lizace jezera na náhorní plošině Krkonos, kde po celý rok převládá větrné počasí, umožňující celoroční promíchávání vodního sloupce. Teplota jezera je velmi významně ovlivňována povětrnostními podmínkami. V létě (teplota vzduchu jen 12,2 °C, zataženo) jsme zjistili velmi nízkou teplotu vody – v celém profilu kolem 10 °C. Zimní měření proběhlo při extrémních povětrnostních podmínkách (teplota vzduchu –6 °C, mlha, nárazový vítr). Jezero bylo kryto asi 1,3 m mocnou sněhovou pokrývkou a téměř do dna bylo zamrzlé. Teplota vody v celém vodním sloupci (výkopu) činila –0,9 °C (jelikož hodnotu



Obr. 16 – Iontové složení vody v největším jezeře české části Úpského rašeliniště. Osa x – iontové složení vody, osa y – koncentrace (mg/l). Sloupce zleva: 9.7.2003, podzim, 19.2.2003, 7.6.2004. Podzimní hodnoty nebyly k dispozici.

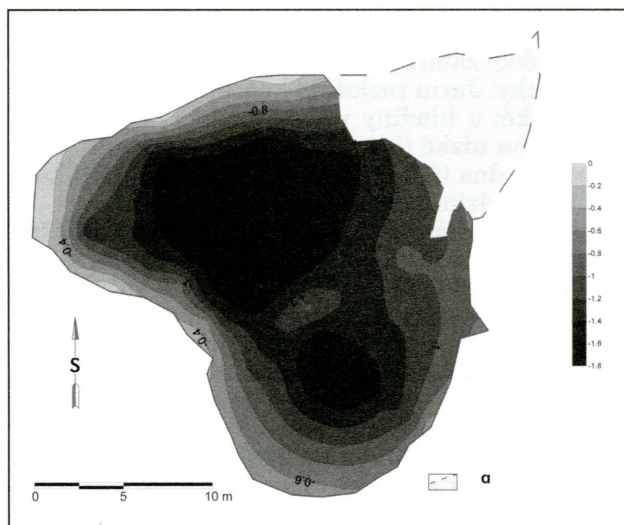
Množství rozpuštěného kyslíku jsme sledovali pouze v létě a na jaře. Při obou měřeních byly v celém vertikálním profilu relativně dobré kyslíkové poměry. Na jaře jsme zjistili koncentraci $9,2 \text{ mg.l}^{-1}$ (90 % rovnovážné koncentrace při příslušné teplotě a tlaku), v létě pak $6,6 \text{ mg.l}^{-1}$ (60 % rovnovážné koncentrace). Kyslíkové poměry v zimním období, jež by nepochybně byly významně ovlivněny zámrazem vodní hladiny, nebyly z důvodu omezených provozních podmínek měřicího přístroje sledovány. Průhlednost jsme zjišťovali pouze v létě a na jaře. V obou případech byla rovna maximální hloubce v místě měření (1 m). Barva odpovídala v létě odstínu č. 21, na jaře odstínu č. 20 na Forrel-Uleově stupnici.

Výsledky hydrochemických rozborů jsou znázorněny na obrázku 16. Ve většině sledovaných parametrů vykazovala jezerní voda oproti šumavským rašeliništním jezerům odlišné hodnoty. Reakce vody se ve sledovaném období pohybovala mezi 4,07 (zima) a 4,69 (jaro). U koncentrací většiny iontů jsme zaznamenali shodný trend: v létě a na jaře byly hodnoty velmi podobné a několiknásobně menší než v zimě. Amonné ionty se v létě a na podzim vyskytovaly ve vodě v koncentraci kolem $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, v zimním období však byla naměřena hodnota sedmkrát vyšší ($0,7 \text{ mg.l}^{-1}$). Tato skutečnost je patrně způsobena celkově horšími kyslíkovými poměry v jezeře (sníženými či nulovými koncentracemi kyslíku) a v důsledku stabilního zvrstvení vodního sloupce (homotermie). Podobný chod vykazovala také koncentrace dusičnanových aniontů (v zimě jsme naměřili velmi vysokou hodnotu $2,87 \text{ mg.l}^{-1}$). Obsah bazických kationtů byl oproti dříve zmiňovaným lokalitám zvýšený. Obsah síranů byl nadprůměrný (v zimě naměřena koncentrace $3,3 \text{ mg.l}^{-1}$).

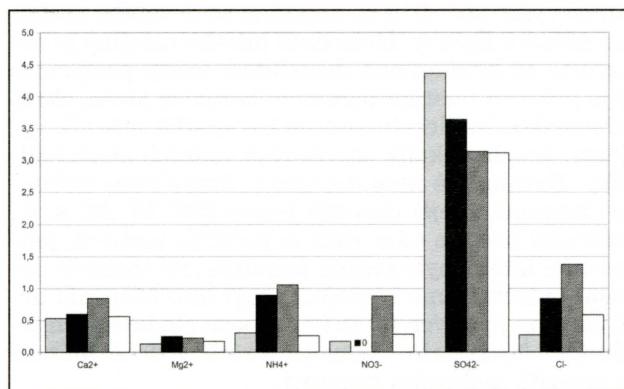
4.3 Rašeliniště Na Čihadle (Jizerské hory)

Rašeliniště Na Čihadle je nejvýznamnějším vrchovištěm hřebenové části Jizerských hor. Nalezneme jej v sedle mezi Jizerou, Černou a Smědavskou horou ve výšce 970-980 m n. m. Na rašeliništi pramení potok Jedlová, levostranný přítok Kamenice. Vrchoviště je syceno podzemní vodou stékající z úbočí Sněžných věžiček. Podkladem holocénního ložiska rašeliny je těleso krkonošsko-jizerského žulového masivu. Rašelinná louka je ukloněna k seve-

ovlivňovala přítomnost mocné vrstvy ledu, je třeba ji brát spíše jako orientační). Nejvyšší hodnoty jsme naměřili na jaře (jasno, teplota vzduchu $15,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, měřeno v podvečer) – v celém vodním sloupci $12,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Konduktivita jezera je extrémně nízká. V létě jsme u hladiny zjistili hodnotu $11,9 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$, na jaře dokonce pouze $7,6 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$. Podzimní hodnota byla zjištěna pouze v laboratorních podmínkách ($55,4 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$) a s ostatními je nesouměřitelná.



Obr. 17 – Batymetrická mapa největšího jezera na rašelinšti Na Čihadle (poblíž vyhlídkové věže). Hloubkové stupně v metrech; a – holé rašelinné plochy.



Obr. 18 – Iontové složení vody v jezeře poblíž vyhlídkové věže na rašelinšti Na Čihadle. Osa x – iontové složení vody, osa y – koncentrace (mg/l). Sloupce zleva: 9.7.2003, 30.10.2003, 18.2.2004, 7.6.2004.

větší počet menších tůň.

Základní fyzikální parametry vody v jezeře poblíž vyhlídkové věže jsou znázorněny na obrázku 18. Jezero poblíž vyhlídkové věže jsme zkoumali ve třech ročních obdobích: 9.7.2003, 30.10.2003, 18.2.2004 a 7.6.2004. Teplota v celém vodním sloupci byla podobně jako u ostatních rašelinistních jezer výrazně závislá na okamžité povětrnostní situaci. Za zmínku stojí zimní měření, při němž bylo jezero kryto 45 cm mocnou sněhovou pokrývkou a téměř v celém vertikálním profilu bylo zamrzlé. Teplota vodního sloupce (ve výkopu) se pohybovala kolem $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato hodnota je však zkrácena přítomností ledu.

Konduktivita jezera byla ve sledovaném období extrémně nízká, kolísala mezi $9,2\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (léto) a $26,8\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (zima). Koncentrace kyslíku byla vý-

ru (nejsevernější jezero se nachází řádově o několik metrů níže než jezera ve střední části ložiska) a je oplocena. Rašelinisté je bezlesé, původní smrčiny byly v 70.–80. letech 20. století poškozeny imisemi škodlivých plynů z tepelných elektráren v Žitavské pánvi a následně byly vykáceny. Detailní batymetrická měření a odběry jsme uskutečnili u dvou největších jezer: z jezera u vyhlídkové věže a jezera na severním okraji louky. U ostatních jezer byla změřena maximální a střední hloubka.

Podrobná půdorysná a batymetrická měření jsme uskutečnili dne 7.6.2004. Jezera jsou relativně malá, ale hluboká (největší jezero 400 m^2 a $1,7\text{ m}$). U severního jezera (obr. 17) je patrné zazemňování a zarůstání břehů vodní vegetací. Ostatní vodní plochy (flarky) jsou vesměs protáhlé ve směru JZ-SV (ve směru vrstevnic). Jejich maximální hloubka se pohybuje od 50 cm do 115 cm. Střední části flarků jsou v mnoha případech mělké, takže se pomalu rozpádají na

znamně ovlivněna aktuálním stavem počasí. Nejnepríznivější kyslíkové poměry v jezeře jsme vysledovali v období zámruzu (tedy na podzim a v zimě), kdy jsme zaznamenali anoxické podmínky. Jarní rozložení koncentrací kyslíku ve vodním sloupci již bylo zcela typické: u hladiny vysoké hodnoty ($8,4 \text{ mg.l}^{-1}$, 81 % rovnovážné koncentrace), u dna nízké ($5,1 \text{ mg.l}^{-1}$, 48 % nasycení). Průhlednost byla ve všech termínech do dna (0,8 m), barva v průběhu roku kolísala mezi odstíny 20-19-19-19 (léto-podzim-zima-jaro).

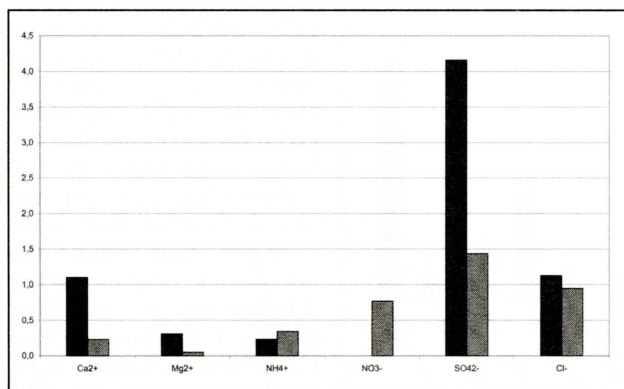
Téměř všechny sledované hydrochemické parametry byly výrazně odlišné od hodnot naměřených na ostatních lokalitách. Na lokalitě jsme naměřili celkově nejvyšší hodnoty pH – 4,73 (jaro) až 5,43 (podzim). Ve všech ročních obdobích kromě jara jsme navíc na tomto jezeře zjistili vůbec nejvyšší koncentrace amonných iontů (maximální hodnota $1,06 \text{ mg/l}$ byla zjištěna v zimě). Vysoké koncentrace jsme zjistili také v případech dusičnanů. Nejvyšší hodnotu ($0,88 \text{ mg/l}$) jsme naměřili opět v zimě. Za zmínku stojí nulová koncentrace NO_3^- v podzimním období. Koncentrace Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+ kationtů byly v tomto jezeře v některých termínech nejvyššími naměřenými hodnotami vůbec. Také koncentrace síranů, chloridů a fluoridů výrazně převyšovaly hodnoty zjištěné u ostatních jezer.

4.4 Velké Jeřábí jezero (Krušné hory)

Lokalita Velké Jeřábí jezero (též Jeřábí slatina) se nachází asi 5 km severozápadně od Přebuzi v nadmořské výšce 950–970 m, západně od Jeřábího vrchu. Na rašelinisti pramení jeden z přítoků Rolavy. Holocénní ložisko rašeliny je obklopeno tělesem ze středně zrnité až hrubozrnné dvojslídne, místy porfyrické žuly. Vnitřní část rašelinisti je pokryta hustým porostem borovice kleče, okrajové části pak smrčínami a vřesovišti. Na Jeřábí slatině lze spatřit několik vývojových fází rašelinističních jezer. Je zde několik otevřených vodních ploch i silně zazemněné jezerní pánvičky. Rašelinisti není dotčeno průmyslovou těžbou. Při terénních měřeních jsme zkoumali zdejší největší jezero ($50^\circ 24' 24''$ s. š., $12^\circ 35' 23''$ v. d.). Jeho batymetrický plán se nám však nepodařilo sestavit, jelikož při měření pomocí kalibrované latě nebylo možné jednoznačně stanovit polohu dna. Vodní plocha je malá – plochu jsme s pomocí programu MapInfo určili na 340 m^2 , délku břehové čáry na pouhých 69 m (v souboru sledovaných jezer nejmenší naměřená hodnota). Maximální hloubka jezera v době měření činila 0,9 m. Jezero pozvolna zarůstá mokřadní vegetací.

Fyzikální parametry jezerní vody jsme sledovali 20.10.2003, 22.3.2004 a 24.5.2004 (letní měření nebylo provedeno). Ve vodním sloupci jsme ve všech hloubkách naměřili přibližně stejné hodnoty sledovaných parametrů. Teplota vody odpovídala okamžitému stavu počasí. Nezvykle nízké teploty vody (kolem $6,3^\circ \text{C}$) jsme změřili na jaře (oblačné počasí, teplota vzduchu $6,4^\circ \text{C}$), v zimě byla hodnota ovlivněna existencí rozbředlé, 10 cm mocné vrstvy ledu (teplota byla záporná: $-0,1^\circ \text{C}$). Spolehlivá měření konduktivity byla provedena jen v zimě a na jaře. V zimě jsme zjistili konduktivitu kolem $20 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$, na jaře pak $38 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$. Podzimní hodnota ($65 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$) byla určena pouze v laboratoři. Koncentraci kyslíku jsme určili pouze na podzim, v ostatních případech nefungovalo měřicí čidlo. Při hladině se tehdy vyskytoval kyslík v koncentraci $6,8 \text{ mg.l}^{-1}$ (53 % rovnovážné koncentrace). Průhlednost byla ve všech případech do dna a barva byla hnědá až tmavě hnědá – odstíny č. 21-21-22 (podzim-zima-jaro).

Při hodnocení hydrochemických parametrů (obr. 19) jsme měli k dispozici výsledky ze dvou odběrových termínů – podzimního a zimního. Z výsledků je



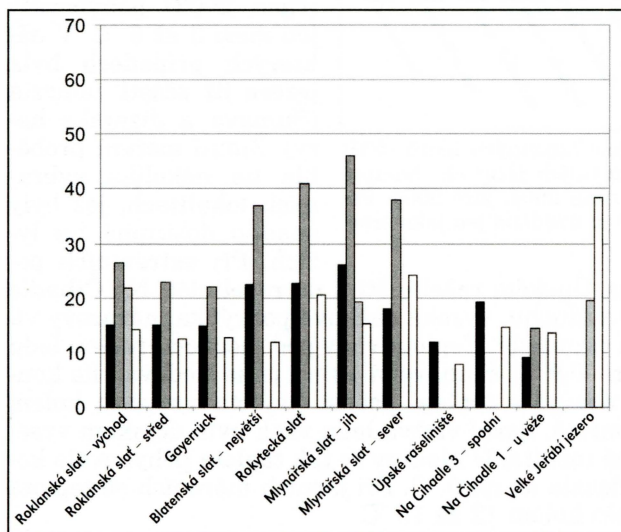
Obr. 19 – Iontové složení vody v největším jezeře NPR Velké Jeřábí jezero. Osa x – iontové složení vody, osa y – koncentrace (mg/l). Sloupce zleva: 20.10.2003, 22.3.2004. Letní a jarní hodnoty nebyly k dispozici.

noty 0,8 mg.l⁻¹. Zastoupení bazických kationtů bylo vyšší než činil průměr všech jezer (u hořčíku jsme naměřili vůbec nejvyšší koncentraci – 0,3 mg.l⁻¹). Podzimní koncentrace síranů dosahovala hodnot naměřených v Jizerských horách a Krkonoších, zimní však byla nižší. Obsah chloridů a fluoridů byl nadprůměrný.

5. Shrnutí fyzikálně-chemických parametrů vrchovištních jezer

5.1 Fyzikální parametry vod rašeliništních jezer

Vzhledem k absenci podobně zaměřených limnologických studií rašeliništních jezer nebylo dopředu možné odhadnout parametry jezerních pánví.

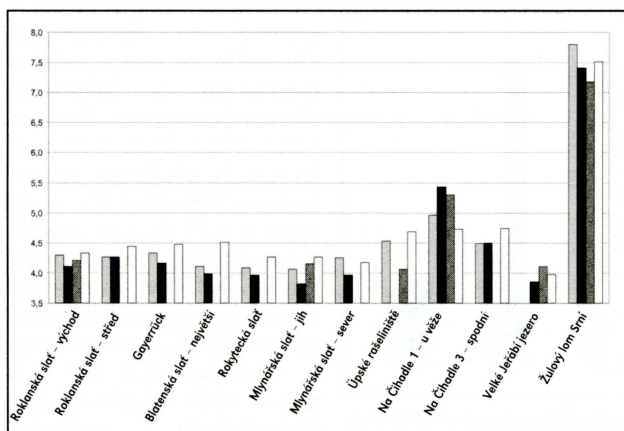


Obr. 20 – Roční chod konduktivity vody v rašeliništních jezerech. Hodnoty byly určeny konduktometrem přímo v terénu. Osa x – jezera, osa y – konduktivita (μS.cm⁻¹). Sloupce zleva: léto 2003, podzim 2003, zima 2004, jaro 2004.

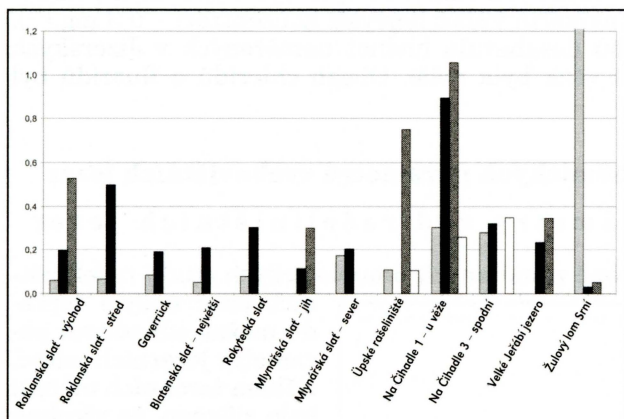
patrné, že chemickým složením se voda podobá jizerským a krkonošským jezerům. Reakce vody však byla výrazně kyselější. Hodnoty se pohybovaly mezi 3,85 (podzim) a 4,11 (konec zimy). Koncentrace amonných iontů byla v důsledku rozkladu organické hmoty zvýšená, hodnotami v rozmezí 0,2 až 0,3 mg.l⁻¹ však výrazněji nepřevyšovala průměr. Koncentrace dusičnanů byla na podzim nulová, v zimě však dosáhla hodnoty 0,8 mg.l⁻¹.

Během terénních měření bylo zjištěno, že všechna sledovaná jezera jsou velmi mělká, což má v kombinaci s podobnou genezí jezer za následek velmi podobné fyzikální vlastnosti. Díky malé hloubce se ve vodním sloupci rašeliništních jezer nevytvářejí typické vrstvy metalimnion ani hypolimnion.

Teplota úzce koresponduje s okamžitými povětrnostními podmínkami v době měření. Největší rozdíly teplot ve vodním sloupci jsme vesměs zaznamenali v let-



Obr. 21 – Roční chod pH ve vodách sledovaných rašeliništních jezer. Sloupce zleva: léto 2003, podzim 2003, zima 2004, jaro 2004. Poslední lokalita (žulový lom Srní) je uváděna jen jako srovnávací.



Obr. 22 – Roční chod koncentrace amonných iontů (NH_4^+ v mg.l^{-1}) ve sledovaných rašeliništních jezerech. Sloupce zleva: léto 2003, podzim 2003, zima 2004, jaro 2004. Poslední lokalita (žulový lom Srní) je uváděna jen jako srovnávací.

ve větrnostních podmínkách na Úpském rašeliništi a na rašeliništi Na Čihadle v únoru 2004 (nízké teploty vzduchu, vysoká sněhová pokrývka, nárazový vítr) byla jezera téměř do dna promrzlá. Teplota vody pod mocnou vrstvou ledu a sněhu byla záporná, kolem $-0,9^\circ\text{C}$. Šumavská jezera jsme sledovali na konci zimy (březen 2004) při nezvykle teplém počasí (teplota vzduchu kolem 11°C). Jezera byla ještě zamrzlá, horní vrstva ledu však byla účinkem vysokých teplot vzduchu částečně roztátá. U hladiny se tak teplota pohybovala kolem 2°C , směrem ke dnu klesala až na 0°C . Při jarních měřeních se teplota v jezerech pohybovala vesměs kolem 12 až 15°C .

Konduktivita všech sledovaných rašeliništních jezer je obecně velmi nízká. Jelikož jsou jezera velmi mělká, ve vertikálním profilu k významným změnám jejích hodnot, jak tomu bývá u hlubokých jezer, nedochází. V ročním chodu jsme zaznamenali nejnížší hodnoty vesměs na jaře (těsně po roztátí sněhu),

ním období (červenec a srpen 2003), kdy se vrstvy vody při hladině díky vysokým teplotám vzduchu výrazně ohřívaly (mnohdy až na 25°C), u dna však byly teploty až o 6°C nižší. Tyto hodnoty jsme naměřili na šumavských vrchovištích (Modravských slatích). Jezera v Krkonoších (na Úpském rašeliništi) a Jizerských horách (Na Čihadle) byla v době letního odběru vzhledem k nižším teplotám vzduchu celkově chladnější. Teplota v celém vodním sloupci byla přibližně stejná. Možnou příčinou je větrnější a celkově drsnější klima obou lokalit, jež mají za následek výraznější promíchávání vrstev vody. Vzhledem k poloze jezer v nejvyšších částech našich hor se podzimní teploty vody (říjen 2003) pohybovaly jen mezi 3 až 6°C . V některých případech byla jezera již zčásti zamrzlá (Šumava a Jizerské hory). Zimní měření proběhla na několika vybraných lokalitách, jež byly snadno dostupné na lyžích. Při extrémních po-

nejvyšší pak nejčastěji na podzim při nízkých vodních stavech. Nejnižší hodnota vůbec byla zjištěna v jarním období na Úpském rašeliništi ($7,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, stanoveno v terénu), nejvyšší pak na Velkém Jeřábím jezeře během podzimního odběru ($65,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, stanoveno v laboratoři). Hodnoty naměřené v terénu byly v průměru o třetinu nižší. Variabilita hodnot v průběhu roku je ve srovnání s konduktivitou jiných genetických typů jezer jen velmi malá. Např. v relativně čistém antropogenním vápencovém jezeře Velká Amerika v Českém krasu se konduktivita ve stejném období pohybovala mezi 370 a $470 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Roční průběh konduktivity zjišťované v laboratoři je uveden v souhrnném obrázku 20.

Kyslíkové poměry do velké míry závisejí na atmosférických podmínkách a s nimi související intenzitě biologických procesů. Koncentrace rozpuštěného kyslíku byla u většiny jezer v teplém období roku závislá na hloubce měření. Zatímco u hladiny převládaly dobré kyslíkové poměry, u dna jsme zjistili buď velmi nízké koncentrace či zcela anoxické podmínky. Tento stav je patrně podmíněn rozložením převládajících procesů ve vodním sloupci: u hladiny převládá fotosyntéza (kyslík je do vody uvolňován), při dně je kyslík naopak spotřebováván (jednak na rozklad organické hmoty a jednak při dýchání vodních organismů). Na podzim a v zimě, kdy byla jezera z části nebo zcela zamrzlá, jsme zaznamenali velmi nízké koncentrace kyslíku (případně zcela anoxické podmínky).

Průhlednost rašelinných jezer je ve většině případů shodná s maximální hloubkou v měřeném bodě. „Skutečnou“ průhlednost se nám podařilo určit jen u několika jezer, zejména v letním období. Hodnoty se pohybovaly kolem 90–100 cm (změřeno na Roklanských slatích na Šumavě). Tato relativně nízká hodnota je způsobena velkým množstvím nerozpuštěných, zejména organických látek a hnědou barvou.

Barva vody byla žlutohnědá (odstín č. 19 ve Forel-Uleově škále) až tmavě hnědá (č. 22). Celkově nejtemnější barvu mělo severní jezero na Mlýnářské slati (odstíny č. 21–22), nejsvětější odstín pak jezero Gayerrück (odstíny 19–20). Je však třeba si uvědomit, že určení barvy pomocí barevné stupnice je velmi subjektivní záležitost, která závisí na pozorovacích schopnostech limnologa.

5.2 Hydrochemické parametry

Vzhledem k podobné genezi byly hydrochemické parametry sledovaných jezer velmi podobné. Přesto lze soubor sledovaných vodních ploch rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří šumavská rašelinná jezera v komplexu Modravských slatí. Tato jezera se vyznačují relativně nízkým pH. Hodnoty se pohybují mezi 3,82 (jezero „Mlýnářská slať – jih“) a 4,51 (Blatenská slať). Druhým typickým rysem jsou nízké koncentrace všech základních iontů (NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- a F^-). Druhá skupina jezer je charakteristická menší kyselostí (pH v rozmezí 4,07 a 5,43) a zároveň vyššími koncentracemi zmiňovaných iontů. Do této skupiny patří krkonošská a jizerská rašeliništní jezera. Jediný zástupce krušnohorských rašelinišť (Velké Jeřábí jezero) stojí na pomezí obou skupin: hodnoty pH byly relativně nízké (3,85 až 4,11), mineralizace byla však naopak zvýšená. Důležitým parametrem pro takovouto klasifikaci rašelinných jezer by nepochybně byly též koncentrace organických iontů (koloidních huminových látek apod.). Obsah těchto látek však vzhledem k velkému množství odebraných vzorků nebyl zjišťován.

Při celkovém hodnocení jsme měli kompletní výsledky vesměs ze 2 odběrů – letního a podzimního. Výsledky zimních odběrů jsme měli k dispozici ales-

poň u jednoho jezera z každého pohoří. Výsledky jarních měření byly v době psaní článku k dispozici pouze na několika lokalitách. Data ze všech ročních období jsme měli pouze v případě jezera „Na Čihadle – u věže“.

Jak již bylo uvedeno, pH vod bylo velmi nízké. Důvodem je jednak velké množství komplexních koloidních sloučenin (kyselých huminových látek) a zároveň nízká koncentrace kationtů, jež by tyto kyselé látky neutralizovaly. Celkově nejnižší hodnoty vykazovala jezera v NPR Velké Jeřábí jezero a Mlynářská slat – jih, nejvyšší pak jednoznačně jezero „u věže“ na rašeliništi Na Čihadle. Tyto výsledky potvrzují i sumy bazických kationtů, jejichž maximální a minimální hodnoty byly zjištěny ve stejných vodních plochách. Roční chod pH je zachycen na obrázku 21.

Koncentrace amonných iontů vykazovala u všech jezer výrazný roční chod. Z obrázku 22 je zřejmé, že nejvyšší hodnoty NH_4^+ byly zjištěny v zimním období. Letní koncentrace byly oproti očekávání relativně nízké. Dusičnanové ionty, jež se ve vodě vyskytují zejména v důsledku nitrifikace a oxidace amonných kationtů, vykazovaly obdobný trend: nízké (resp. nulové) hodnoty v létě a naopak vysoké hodnoty na podzim a v zimě (kolem $1\text{--}2,5 \text{ mg.l}^{-1}$). Vzhledem k tomu, že v chladném období roku byla jezera téměř celá zamrzlá (nedocházelo k promíchávání vodního sloupce) a vládly zde anoxické podmínky, oxidace amonných iontů mohla probíhat jen v omezené míře. Dusičnanové ionty tedy zřejmě nejsou produktem nitrifikace a oxidace amonných iontů, ale jsou jiného původu. Vyšší koncentrace amonných iontů byly zřejmě způsobeny rozkladem usazeného fytoplanktonu a v důsledku zimní stagnace. Koncentrace NH_4^+ jsou vůči ostatním typům jezer relativně vysoké (zvláště v zimě).

Koncentrace bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ a K^+) na rašeliništních jezerech byly extrémně nízké. Zatímco se hodnoty u jiných genetických typů jezer pohybovaly v řádu desítek mg.l^{-1} , u rašelinných vod to bylo v řádu desetin či setin mg.l^{-1} . Vliv nízkých koncentrací na pH byl již zmíněn.

Koncentrace síranových aniontů vykazovaly regionální rozdíly. Zatímco v jezerech na Modravských slatích byly zjištěny relativně nízké hodnoty, u rašelinných jezer v Krkonoších, Jizerských a Krušných horách byly ve sledovaných termínech hodnoty vyšší. Tyto vyšší koncentrace jsou zřejmě způsobeny většími vstupy SO_4^{2-} z atmosféry do vody. Nižší koncentrace síranů na Šumavě vysvětluje Hruška (1999) vysokou schopností zdejších půd poutat sírany na jílovitých částicích, nikoliv nižšími imisemi síranů. Povrchové vody v oblasti Modravských slatí jsou tak díky půdám chráněny před vstupem síranů. Vzhledem k vyšším koncentracím SO_4^{2-} (a zároveň NO_3^-) v rašelinných jezerech Jizerských hor (jezero „Na Čihadle – u věže“) by se dalo předpokládat velmi nízké pH (nižší než na Šumavě). Jelikož jsou však ve vodě zároveň větší koncentrace bazických kationtů, zvýšená kyselost vody zde nebyla zaznamenána. Celkově jsou koncentrace SO_4^{2-} ve srovnání s hodnotami naměřenými na jiných typech jezer opět výrazně nízké. Např. v zatopeném žulovém lomu Srní u Hlinska jsme ve stejném období naměřili hodnoty kolem 20 mg.l^{-1} (při hladině).

Chloridy a zejména fluoridy byly ve vodách rašeliništních jezer zastoupeny jen ve velmi malém množství. Koncentrace chloridů se pohybovala v rozmezí $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ (Mlynářská slat – jih) až $2,0 \text{ mg.l}^{-1}$ (Úpské rašeliniště), což byly zhruba šedesátinásobně nižší hodnoty proti běžným jezerům nerašelinné povahy. Obsah fluoridů v jezerech byl buď velmi zanedbatelný, či nulový.

6. Závěr

Rašeliništní jezera jsou velmi svérázným genetickým typem jezer. Obecně platí, že organogenní jezera jsou velmi malá (řádově stovky m² až 1 ha) a mělká (max. 2 m). Ze shromážděných dat o vlastnostech rašelinných ložisek navíc vyplývá, že větší hloubka mnohých jezer je vzhledem k malé mocnosti rašeliny nemyslitelná. Tyto skutečnosti v kombinaci s podobnou genezí jezer mají za následek velmi podobné fyzikální a chemické vlastnosti vody. Je zřejmé, že takovéto malé vodní plochy jsou do velké míry ovlivňovány okolními atmosférickými podmínkami. Tuto skutečnost potvrzují i výsledky fyzikálních a chemických měření: Zatímco v teplém období roku se vodní sloupec jezer výrazně prohřívá, v chladném období byl v řadě případů až do dna zamrzlý. Tyto stavy se pak odrážely zejména v kyslíkových poměrech a chemickém složení vody. Díky malé hloubce se ve vodním sloupci rašeliništních jezer nevytvářejí typické vrstvy metalimnion ani hypolimnion.

Vzhledem k časové náročnosti práce byla data v rámci jednoho ročního období získána mnohdy až s měsíčním zpožděním. V horských podmínkách tak byla data za zimní období naměřena mnohdy až na konci března. Je třeba poznamenat, že i když množství odebraných vzorků vody nebylo malé, pro pochopení „života“ těchto dynamických ekosystémů je potřeba dlouhodobějších a hlavně kontinuálnějších měření (kompletnost časové řady ovlivňovala nedostupnost lokalit v zimním období a časté poruchy měřicích terénních i laboratorních přístrojů).

Literatura:

- Databáze rašelinišť ČR – výběr. CD-ROM. Data z archivu rašeliništního fondu ČR. VÚMOP, Praha 2004.
- DOHNAL, Z., KUNST, M., MEJSTRÍK, V., RAUČINA, Š., VYDRA, V. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. Nakl. ČSAV, Praha, 336 s.
- HRUŠKA, J. (1999): Kyselé deště a horská rašeliniště. Vesmír, 78, č. 8, Praha, s. 438-444.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České republiky – současný stav geografického výzkumu. PřF UK, Praha, 216 s.
- KŘÍŽ, V. (1971): Limnologie Mechových jezírek u Rejvízu. Campanula, č. 2, Ostrava, s. 47-78.
- MELICHAR, V. (1998): Dynamika reliéfu a vegetace Rašelinišť Rolavy v Krušných horách. Diplomová práce, PřF UK Praha, katedra botaniky, 114 s.
- MRAŽKOVÁ, I., SKUHRAVÝ, V. (1999): Borovice kleč (*Pinus mugo*) na rašeliništích Modravských slatí na Šumavě. Ochrana přírody, 54, č. 10, s. 298-299.
- NEVRLÝ, M. (1962): Topografie živých rašelinišť Jizerských hor. Sborník Severočeského muzea – přírodní vědy, Liberec, č. 2, s. 33-84.
- OULEHLE, F. (2002): Limnologie a hydrochemismus v NPR Rejvíz. Diplomová práce, PřF UK Praha, Ústav pro životní prostředí, 84 s.
- PITTER, P. (1990): Hydrochemie. SNTL, Praha, 568 s.
- POŠTA, P. (2004): Organogenní jezera v České republice. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 120 s.
- POŠTA, P. (2003): Organogenní jezera v ČR. In Janský, B., Šobr, M. (eds.): Jezera České republiky – současný stav geografického výzkumu. PřF UK, katedra fyz. geogr. a geologie, Praha, s. 71-92.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Studia geographica, 16, Geografický ústav ČSAV, Brno, 82 s.
- SPIRHZANZL, J. (1951): Rašelina, její vznik, těžba a využití. Přírodověd. nakladatelství, Praha, 356 s.

BOG POOLS IN CZECHIA

As a part of research into lakes in Czechia, this paper presents the results of chemical analyses and morphometric as well as physical measurement of water in raised-bog lakes. Research was conducted on a representative sample of locations with bog pools, selected on the basis of previous field investigations. The sample included several lakes in the Bohemian Forest (Šumava), Giant Mountains (Krkonosé), Jizerské Mountains, and Krušné Mountains.

Field investigations revealed that raised-bog lakes tend to be small. While their typical area was under 1 000 sq m, the values, obtained from the Surfer software, ranged from 340 sq m (Velké Jeřábí Lake in the Krušné Mountains) to 2 200 sq m (Rokytecká slat' Lake); an exceptional value was measured for the lake on Chalupská slat' (9 300 sq m). Given the low mean volumetric depth (between 0.5 and 1.2 m), the volume of the surveyed lakes is not very large. The volumes are in the order of hundreds of cubic metres, while only in a few of them exceeded 1 500 cu m (the largest volume is that of the lake on Chalupská slat' – approx. 10 500 cu m).

As the lakes are very similar in terms of morphometry and genetics, the properties established were also very similar. The entire water column is well mixed by wind. Therefore, the physical and chemical parameters of water are significantly dependent on weather conditions and hydrological regime (in particular temperature and conductivity). Water temperature turned out to be the most dependent, as it mimicked air temperature. Thus, in winter, some of the lakes were frozen nearly to the bottom. The conductivity of the lakes was extremely low, ranging between $7.6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ and $65.2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Oxygen concentrations largely depend on atmospheric conditions and the related intensity of biological processes. Thus, in the warm period of the year, good oxygen conditions prevailed near the water surface, while the water was nearly anoxic at the bottom. In winter, the lakes were largely frozen and covered with a layer of snow, which resulted in low or zero oxygen concentrations.

In terms of chemistry, the lakes may be divided into two groups, using particularly water acidity. One includes the Bohemian Forest bog pools in the area of Modravské slatě and the Velké Jeřábí Lake in the Krušné Mountains, which have low pH values (from 3.82 to 4.51). The other group is characterized by slightly higher pH values (from 4.07 to 5.43). This group includes bog pools in the Giant and Jizerské Mountains.

It was found that NH_4^+ concentrations are relatively high when compared with other types of lakes (approx. $1\text{--}2.5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), particularly so in winter. Concentrations of basic cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , and K^+) in bog pools were extremely low (only hundredths to tenths of mg/l), which is related to the low pH. Concentrations of sulphate anions varied regionally. While comparatively low values were established in the Modravské slatě Lakes, the values for the lakes in the Giant, Jizerské and Krušné Mountains were higher. Higher concentrations in North-eastern Bohemia are probably a result of higher SO_4^{2-} inputs from the atmosphere into water. Generally, however, the SO_4^{2-} concentrations, when compared with measurements in other lake types, are very low. For chlorides and especially fluorides, only trace quantities were recorded in the bog pools.

Initially in the research we assumed that the bog pools have variable physical and chemical properties, given their diverse physical-geographical conditions. It turned out, however, that the variability is minimal. The reason behind it is the similar genesis and morphometry in the different lake basins.

Measurements for each season of the year from the surveyed locations were repeatedly carried out in time spans of up to one month. In future, it would therefore be useful to have a more homogeneous and continuous data series to facilitate a better understanding of how this unique and vulnerable environment develops.

Fig. 1 – Location of monitored lakes in the Modravské slatě area in the Šumava Mountains (Bohemian Forest). 1 – Rokytecké slatě, 2 – Přední Mlynářská slat', 3 – slat' Gayerrück, 4 – Roklanské slatě, 5 – Blatenská slat'. Map after: Mrázková, Skuhřavý (1999).

Fig. 2 – Temperature profile in the "Roklanská slat'-east" lake (changes of temperature in dependence on the depth). Axis x: temperature ($^{\circ}\text{C}$), axis y: depth (m).

Fig. 3 – Water conductivity in the "Roklanská slat'-east" Lake. Axis x: conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), axis y: depth (m).

- Fig. 4 – Oxygen conditions in the “Roklanská slat-east” Lake. Axis x: concentration of dissolved oxygen (mg.l^{-1}), axis y: depth (m).
- Fig. 5 – Ionic composition of water in the “Roklanská slat-east” Lake. Axis x: type of ion in water, axis y: concentration (mg.l^{-1}), columns from the left: summer, autumn, winter, spring.
- Fig. 6 – Bathymetric map of the “Roklanská slat-east” Lake. Depth degrees in metres.
- Fig. 7 – Bathymetric map of the largest lake on the Blatenská slat Peatland. Depth degrees in metres; a – bare peatland areas or overgrowing parts of the lake.
- Fig. 8 – Bathymetric map of the largest lake on the Rokytecké slatě Peatlands. Depth degrees in metres; a – bare peatland areas or overgrowing parts of the lake.
- Fig. 9 – Temperature profile in the “Mlynářská slat-south” Lake (changes of temperature in dependence on the depth). Axis x: temperature ($^{\circ}\text{C}$), axis y: depth (m).
- Fig. 10 – Water conductivity in the “Mlynářská slat-south” Lake. Axis x: conductivity ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), axis y: depth (m).
- Fig. 11 – Oxygen conditions in the “Mlynářská slat-south” Lake. Axis x: concentration of dissolved oxygen (mg.l^{-1}), axis y: depth (m).
- Fig. 12 – Ionic composition of water in the “Mlynářská slat-south” Lake. Axis x: type of ion in water, axis y: concentration (mg.l^{-1}).
- Fig. 13 – Bathymetric map of the “Mlynářská slat-jih” Lake. Depth degrees in metres; a – bare peatland areas
- Fig. 14 – Bathymetric map of the lake in the Chalupská slat Peatland. Depth degrees in metres; a – peninsulas and islands.
- Fig. 15 – Bathymetric map of the largest lake in the Czech part of the Úpské rašeliníště Peatland. Depth degrees in metres.
- Fig. 16 – Ionic composition of water in the largest lake in the Czech part of the Úpské rašeliníště Peatland. Axis x: type of ion in water, axis y: concentration (mg.l^{-1}).
- Fig. 17 – Bathymetric map of water in the largest lake in the Czech part of the Peatland Na Čihadle (near the observation tower). Depth degrees in metres; a – bare peatland areas.
- Fig. 18 – Ionic composition of water in the lake near the observation tower on the “Na Čihadle” Peatland (Jizerské Mountains). Axis x: type of ion, axis y: concentration (mg.l^{-1}).
- Fig. 19 – Ionic composition of water in the largest lake in the National Nature Reserve Velké Jeřábí Lake in the Krušné Mountains. Axis x: type of ion in water, axis y: concentration (mg.l^{-1}).
- Fig. 20 – Water conductivity in the bog pools throughout the year. The values were measured by terrain equipment on the localities. Axis x: localities, axis y: conductivity ($\mu\text{S.cm}^{-1}$). Columns from the left: summer 2003, autumn 2003, winter 2004, spring 2004.
- Fig. 21 – Value of pH in waters of the monitored peatbog lakes throughout the year. Columns from the left: summer 2003, autumn 2003, winter 2004, spring 2004.
- Fig. 22 – Ammonium concentrations (NH_4^+ v mg.l^{-1}) in the monitored peatbog lakes throughout the year. Columns from the left: summer 2003, autumn 2003, winter 2004, spring 2004.

(Autor je postgraduálním studentem na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2, e-mail: petrposta@centrum.cz.)

Do redakce došlo 29. 6. 2005