



1) Schránky fosilních rozsivek ze sedimentu Číhaná, světelný mikroskop, zvětšení 1000×. Foto Markéta Fránková.

Cestování skrze prameny západočeského lázeňského trojúhelníku až do doby ledové II.



Markéta Fránková, Markéta Gabriela Soukupová a Přemysl Bobek, Oddělení paleoekologie, Botanický ústav AV ČR, v. v. i. a Jana Kulichová, Katedra botaniky, PříF Univerzity Karlovy v Praze

V minulém čísle jste se dočetli, jak jsme odbírali sedimenty vybraných minerálních pramenů Slavkovského lesa a našli v nich fosilní pylová zrna, rostlinné makrozbytky, mikroskopické uhlíky a spory hub, jejichž prostřednictvím jsme nahlédli do podoby minerálních pramenů a jejich okolí hluboko v minulosti. V některých případech až do doby ledové. V dnešním díle vám více přiblížíme další biologické corpus delicti dávných časů, a sice rozsivky – organismy mikroskopických rozměrů, avšak velkého významu.

Rosivky jsou nejrozmanitější, široce rozšířenou skupinou řas s šedesáti tisíci popsányými (včetně vyhynulých) a až dvě stě tisíce odhadovanými v současnosti žijícími druhy (Mann et al. 2016). Pro planetu Zemi mají největší význam jako primární producenti ve vodních ekosystémech. V této disciplíně jsou velmi úspěšné. Při procesu fotosyntézy vytvářejí kyslík pro každý náš pátý nádech, někteří autoři uvádějí dokonce i smělejší čísla (Spaulding et al. 2021). Rosivky jsou významnou součástí potravních řetězců.



2) Železité ionty vytváří v Kramolínském kyselce rezavé povlaky, v nichž se daří druhu *Pinnularia ferrophila*. Foto Jana Kulichová.

Důležité jsou i z biogeochemického hlediska, protože se významnou měrou podílejí na globálním cyklu uhlíku (až z 20 %) a křemíku (Nelson et al. 1995). Rozsivky jsou jednobuněčné hnědé řasy s dvoudílnou křemičitou schránkou pestrých tvarů a ornamentace, o velikosti 2–500 μm ($\approx 0,5 \text{ mm}$). Morfologická variabilita jejich skleněných schránek vypovídá nejen o charakteru vodního prostředí (např. slané či sladkovodní prostředí), ale i o habitatech, ve kterých žijí (např. volně ve vodním sloupci nebo přichycené k substrátu). Jednotlivé druhy rozsivek lze identifikovat na základě tvaru, velikosti a znaků na povrchu schránek (obr. 1). Díky svým specifickým nárokům vůči prostředí jsou vynikajícími bioindikátory. V Evropě je využití rozsivek pro biomonitoring, konkrétně hodnocení jakosti sladkých vod, zakotveno v Rámcové směrnici o vodách – Water Framework Directive. Jelikož rozsivkové schránky mohou být uchovány

v sedimentech po tisíce až miliony let, lze přítomné druhy využít v paleoekologických studiích pro rekonstrukci charakteru dávného prostředí a jeho vývoje – např. eutrofizaci, acidifikaci a kolísání vodní hladiny, salinity či teploty. Zastoupení a hojnost indikačních, vzácných a ohrožených druhů v jednotlivých vzorcích sedimentů různého stáří od báze až k povrchu poskytuje obrázek o vývoji vodního ekosystému – změnách nebo naopak stabilitě v čase.

Jak už jsme psali v minulém čísle Arniky, pramenné vývěry Slavkovského lesa jsou pro organismy specifickým prostředím s malým množstvím živin a vysokými koncentracemi minerálů, na něž musejí být adaptované (tzv. specialisté), nebo být vůči nim tolerantní (tzv. generalisté). Nehostinné podmínky jsou příčinou toho, že v minerálních pramenech lze najít především specializované druhy sinic a řas. Tato skutečnost přitahovala zájem algologů (vědců zabývajících se studiem řas) již od první poloviny 19. století. Nález řas z Karlových Varů uvádí např. významný švédský botanik a algolog Agardh v roce 1827. V roce 1863 byl z karlovarského pramene Vřídlo, dosahujícího teploty až 73 °C, popsán nový druh termofilní sinice *Mastigocladus laminosus* (Cohn 1863). Mezi paleoekologií dosáhla největšího věhlasu lokalita Soos. První nález rozsivek z křemeliny Soosu (tj. hornina tvořená sedimentovými schránkami rozsivek někdejšího jezera) oznámil v roce 1836 lékárník Fischer z Karlových Varů na Berlínské Akademii věd. Své vzorky tehdy předal významnému německému biologovi Ehrenbergovi, jemuž se staly podnětem k dalším výzkumům nejen u nás, ale po celém světě (Rajdlová 2011).

Vrátíme se zpět k našemu výzkumu rozsivkových společenstev, který byl zaměřen na vyhodnocení stability a změn vodního prostředí minerálních kyselek Slavkovského lesa. Pro časové porovnání jsme využili fosilní společenstva různého stáří a recentně žijící rozsivky. Fosilní společenstva byla zastoupena schránkami uloženými v různých hloubkách sedimentů (tj. existovala v různých obdobích minulosti). Recentní vzorky pocházely z odběrů v současnosti žijících rozsivek.

Co se týče variability v rámci lokalit, tak fosilní společenstva mohla být směsicí společenstev pocházejících z různých substrátů i stanovišť, jelikož na dno sedimentovaly schránky rozsviek z různorodých míst a i tenká vrstva analyzovaného sedimentu mohla být záznamem mnohaleté minulosti. Současná společenstva byla odebrána pouze z jednoho typu dostupného substrátu (epipelon, epilítion, nebo perifyton), který byl ponořený ve vodě vyvěrající z prameniště, a představují mnohem kratší časové období života společenstev než fosilní vzorky.

Rozsvíková analýza odebraných organických sedimentů byla provedena celkem ze 7 lokalit, které jsou zdrojem minerálních vod bohatých na ionty železa (Tabulka 1, obr. 2).

Rozsvíky jsou hojné v obou základních typech vodních stanovišť (**habitátů**), kterými je volná voda (**plankton**) a vrstva prosvětleného dna (**bentos**). Specifickými adaptacemi pro život rozsviek v planktonu jsou například tvorba kolonií a menší míra ukládání křemíku do buněčných stěn, aby bylo klesání buněk ve vodním sloupci co nejpomalejší. Život v bentosu je u mnoha rodů vázán na specifický typ substrátu, ke kterému jsou pevně přichycené, nebo se v něm volně pohybují (posouváním po povrchu objektů) pomocí specifického útvaru zvaného **rafe**. V případě, kdy jsou buňky pevně přichycené celou svou schránkou nebo pomocí slizových stopek k pevnému podkladu, jako je povrch kamenů, je společenstvo nazýváno **epilítion**. Rozsvíky spojené s mechorosty, cévnatými rostlinami či vláknitými řasami mohou být ke svému substrátu pevně přichyceny – **epifyton**, případně mohou být přichycené krajní buňkou kolonie či jsou buňky rozsviek zachycené ve slizu a biomase fotosyntetizujících organismů – **perifyton**. Pohyblivé rozsvíky, které netvoří kolonie ani nejsou pevně přichycené k substrátu, jsou častými obyvateli dna, kde je vrstva organického sedimentu (bahýnka) – **epipelon**.

Ve všech mikroskopovaných vzorcích bylo celkově determinováno 111 taxonů rozsviek s druhovou bohatostí 1–35 druhů ve vzorku. Ve vzorcích recentních společenstev byla rozmanitost rozsviek obdobná. Celkem bylo identifikováno 103 taxonů s 15–37 druhy na vzorek, odebráno bylo 6 lokalit (Novoveská kyselka chybí, jelikož je čerpána pod zemí a v blízkosti sedimentů není rozliv).

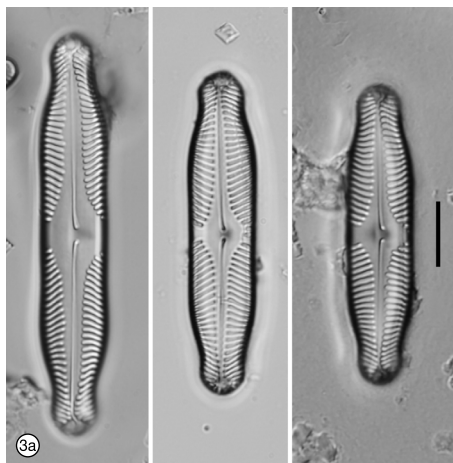
O cennosti lokality nevypovídá jen druhové bohatství, ale také nález ohrožených a vzácných druhů. Pro ČR bohužel nebyl vytvořen referenční seznam ohrožených a vzácných taxonů sinic a řas, proto jsme pro srovnání využili Červený seznam rozsviek Německa (Lange-Bertalot 1996). Co jsme však měli k dispozici pro přímé posouzení historické cennosti lokalit, byl vlajkový druh železitých kyselek, *Pinnularia ferrophila* (obr. 3a, 3b). Tento druh byl popsán v roce 2000 na základě materiálu odebraného ve Slavkovském lese už v roce 1917 (Krammer 2000). Díky výzkumu zaměřenému na mikrobiotu Slavkovského lesa, byl výskyt druhu *P. ferrophila* na tomto území potvrzen po téměř 90 letech (Šubrt 2006). Následné odběry vzorků z dalších vývěřů železitých kyselek vedly k nálezu nových lokalit, kde se tato endemická rozsvíka vyskytuje (Tájek et al. 2017). Doposud se však nevědělo, zda v oblasti tento druh žil už v dávné minulosti. Tuto otázku rozlousknul náš tým, když druh *P. ferrophila* našel na lokalitě Číhaná v nejstarších sedimentech (stáří 10 400 let) a v dalších 11 vzorcích napříč rašelinným profilem. Kromě Číhané byl vlajkový druh železitých kyselek nalezen ještě ve fosilním záznamu Koňského pramene, Kramolínské kyselky a Liščích pramenů, jejich sedimenty nás však do tak dávné minulosti už nezavedly (Liščí prameny “pouze” 3 000 let zpátky a zbylé dvě lokality 500 let zpátky, Tabulka 1). Recentní výskyt druhu *P. ferrophila* se s jeho fosilními nálezy překrýval jen částečně. Shoda byla v případě Číhané a Kramolínské kyselky, v Liščích pramenech ani Koňském prameni recentně nalezen nebyl, zato byl nalezen na lokalitách Čiperka a Babické rosnatkové jezírko.

Do minulosti námi nejdetailněji prozkoumaný byl profil z **Číhané**, který zároveň patřil k těm nejstarším. Ve 20 vzorcích z hloubek 300 až 100 cm pod povrchem, což odpovídá stáří 10 400 až 8 900 let a období starého Holocénu, bylo nalezeno celkem 66 taxonů rozsivek, z toho 13 taxonů Červeného seznamu. Počet vzácných/ohrožených druhů se pohyboval od 1 do 8 na vzorek a rostl směrem k hlubším, tj. starším vrstvám. Zajímavým nálezem byl druh *Rexlowea navicularis* (obr. 4), což je severský druh početný ve sladkovodních sedimentech doby meziledové, hojný v mechorostech při pH kolem 7. Druhovú bohatost kolísala od 2 do 27 taxonů na vzorek. Druhově nejbohatší a zároveň nejpočetnější byla rozsivková společenstva v hloubce 292 až 242 cm obsažená v hnědé zrašelinělé slatině. Zároveň se zde vyskytovaly čistobytné druhy typické pro biotopy s nižším obsahem živin (obr. 5a, 5b). Naopak nejnižší počet rozsivek byl v úseku 100 až 132 cm (slatina s vysokým podílem nerozložených listů). Je pravděpodobné, že na vině byl nedostatek vody, možná až zazemnění, které mohl provázet anoxický stav umocněný opadem listů ze stromů. Kombinace těchto faktorů prakticky znemožnila život rozsivek. Vyskytoval se zde především silně ohrožený druh *Eunotia nymanniana* (obr. 6), což je aerotolerantní rozsivka (s nižšími nároky na obsah vody v biotopu) osidlující např. pouze vlhké, nikoliv ponořené mechorosty. Vývoj Číhané zásadně ovlivnily dvě události. První z nich byl požár před cca 10 000 lety, který měl podle pylové analýzy velký vliv na vegetaci a jeho vliv se projevil i na rozsivkovém společenstvu. Následkem požáru zřejmě došlo nejen k obohacení o živiny, ale i k celkové změně charakteru vodního prostředí, což vedlo k postupnému mírnému poklesu druhové bohatosti rozsivek. Muselo zde také dojít ke změnám v koncentracích rozpuštěných iontů, začaly se totiž ve větších počtech objevovat druhy jako *Epithemia adnata* a *Rhopalodia acuminata* (obr. 7a, 7b) snášející vyšší vodivost až zasolení. Druhou událostí byla expanze smrku cca před 9 200 lety. Zatímco po požáru byl úbytek druhů jen mírný, změna charakteru lesních porostů

rozsivkové společenstvo do velké míry utlumila, a to na druhovou bohatost pouhých 2 až 4 druhů na vzorek. Důvodem mohl být vyšší zástin způsobený hustým zápojem korun stromů v okolí tůň, ale především změna či zánik původního biotopu, tedy částečné odvodnění lokality, s výskytem spíše podmáčené půdy než volných tůň. Dva z přítomných druhů – *Eunotia nymanniana* a *Hantzschia abundans*, jsou totiž aerotolerantní. Jehlice smrku navíc biotop okyselovaly. Na základě recentních hydrochemických měření a složení současného společenstva rozsivek lze Číhanou, v místech tůň probublávaných plynnými vývěry z hlubin země, charakterizovat jako živinově chudou lokalitu s vyššími koncentracemi iontů a mírně kyselou reakcí vody, kde se dobře daří druhu *Pinnularia ferrophila*.

Nejstarším sedimentem, datovaným do závěru poslední doby ledové (12 950 let), se pyšní **Novoveská kyselka**. Byly zde provedeny dva vrty, vzorky z obou patří k těm druhově bohatším (21 a 23 druhů na vzorek), a opět obsahují významný podíl vzácných a ohrožených druhů. Při pohledu na rozsivková společenstva z této kyselky je to jako kdyby rozsivkář otevřel šperkovnici a kochal se safíry a smaragdy, jež představují např. *Eunotia bidens* či *Eunotia prearupta* (obr. 8a, 8b). Ve vzorku z druhého vrtu se navíc objevily planktonní druhy, v místě tudíž zřejmě bylo v té době jezírko. Na druhou stranu vzorky z obou vrtů obsahovaly i aerotolerantní druhy, proto lze uvažovat o kolísání vodní hladiny (obr. na zadní straně obálky). Celkově se ve vzorcích vyskytovaly čistobytné rozsivky, což svědčí o výborném stavu biotopu v minulosti.

Vzorky z báze **Číperky** patří do období středního Holocénu (6 600 let). Druhovým složením fosilních i recentních společenstev rozsivek se lokalita podobá Číhané. V sedimentech však překvapivě chybí *Pinnularia ferrophila*, přestože se na lokalitě vyskytuje v recentních vzorcích. Vzorek z hloubky 180 cm byl s 15 druhy středně bohatý, druhý z analyzovaných vzorků (110 cm pod povrchem) byl druhově nejbohatším fosilním vzorkem ze všech analyzovaných lokalit. Přítomny byly 4 druhy rozsivek se statusem ohrožený a jeden



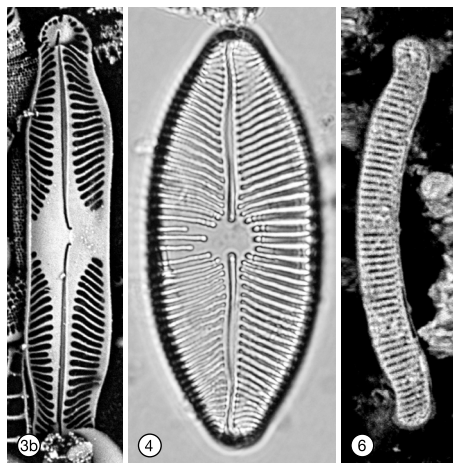
3a) Variabilita křemičitých schránek recentních populací druhu *Pinnularia ferrophila* z lokalit Číhaná a Čiperka, světelný mikroskop, zvětšení 1000 $\times$. Foto Jana Kulichová.

3b) Vnitřní strana schránky rozsivky *Pinnularia ferrophila*, fosilní sediment Číhané, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 4300 $\times$. Foto Markéta Fránková.

4) *Rexlowea navicularis*, světelný mikroskop, zvětšení 1000 $\times$. Foto Markéta Fránková.

5a) Čistobytný druh *Cymbopleura subaequalis*, fosilní sediment Novoveské kyselky, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 6000 $\times$. Foto Markéta Fránková.

5b) Čistobytný druh *Cymbopleura subcuspidata*, fosilní sediment Novoveské kyselky, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 3000 $\times$. Foto Markéta Fránková.



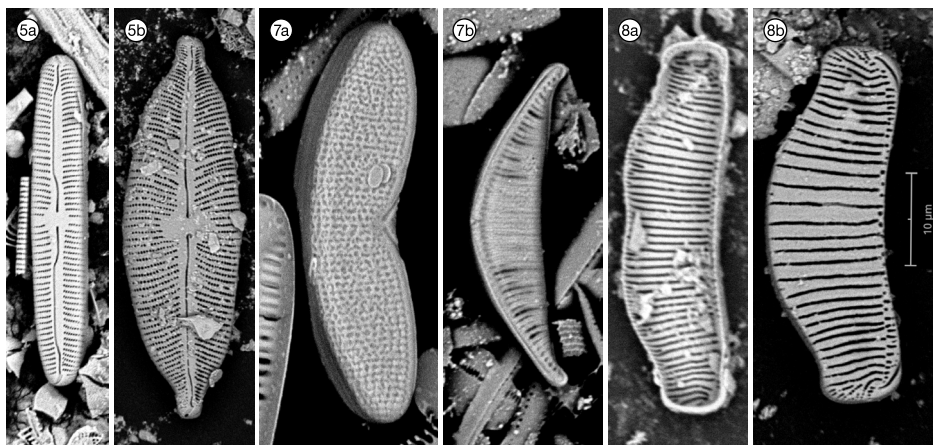
6) *Eunotia nymanniana*, fosilní sediment Lišších pramenů, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 4500 $\times$. Foto Markéta Fránková.

7a) *Epithemia adnata*, fosilní sediment Číhané, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 5000 $\times$. Foto Markéta Fránková.

7b) *Rhopalodia acuminata*, fosilní sediment Číhané, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 5000 $\times$. Foto Markéta Fránková.

8a) Vnitřní strana schránky druhu *Eunotia bidens*, fosilní sediment Novoveské kyselky, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 4000 $\times$. Foto Markéta Fránková.

8b) *Eunotia praeurupta*, fosilní sediment Novoveské kyselky, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 4000 $\times$. Foto Markéta Fránková.





9) Rozsivky rodů *Diploneis*, *Gomphonema* a *Planothidium* žijící přisedle, fosilní sediment Liščích pramenů, rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 4000×.
Foto Markéta Fránková.

se statusem ustupující. Vzorky z obou vrtů obsahovaly slanomilné druhy, z nichž některé lze najít i na Soosu.

Vzorky z **Liščích pramenů a Babického rosnatkového jezírka** mají stáří obdobné, kolem 3 000 let. Avšak zatímco Liščí prameny byly rozsivkově nadprůměrné co do počtu druhů i jedinců, Babické rosnatkové jezírko hostilo nízký počet (kyselomilných) druhů. Nižší druhová pestrost rosnatkového jezírka byla zřejmě daná i kolísáním vodní hladiny či vysycháním (hojný výskyt *Eunotia nymaniانا*). Zajímavé je na obou lokalitách srovnání fosilních vzorků s recentními. V Liščích pramenech žily v minulosti druhy s přisedlým způsobem života – zřejmě přichycené k mechorostům, což lze vyčíst z přítomnosti rodu *Diploneis* (obr. 9). Naproti tomu při odběru živých vzorků nebyl rostlinný substrát nalezen, a tak byl vzorek odebrán z jemného sedimentu. *Pinnularia ferrophila* v recentních vzorcích nalezena nebyla, ale vyskytovala se v záznamu z minulosti. Její nepřítomnost

může souviset s nedostupností vhodného habitatu. Odebraný jemný sediment nebyl totiž ve vhodném prostředí, kterým je stojatá voda nebo tišina v rámci tekoucí vody (rod *Pinnularia* není pevně přichycen k substrátu, jeho buňky tak mohou být snadno odneseny proudící vodou). Recentní vzorky se od fosilních lišily i v Babickém rosnatkovém jezírku. Ty současně byly překvapivě druhově bohaté včetně řady vzácných a ohrožených druhů, které jsou charakteristické pro mokřady s rašelinovým litorálem. Nalezení schránek druhu *P. ferrophila* ve vzorcích odebraných v současnosti je pravděpodobně spojeno s akumulací buněk tohoto druhu pocházejících z jiných lokalit. Vzorky Babického rosnatkového jezírka byly totiž odebrány z perifytonu, jehož součástí jsou i mrtvé buňky. Pro udržení buněk rozsivek v tomto typu stanoviště není nezbytné pevné přichycení k substrátu pomocí slizu produkovaném živými buňkami. Malý vliv tekoucí vody, která by nepřichycené buňky z jezírka odnášela, usnadnil akumulaci schránek, které mohly být přeneseny do jezírka opakovaně různými vektory šíření, například stékající vodou po deštích, větrem, nebo vodním ptactvem. V současnosti je Babické rosnatkové jezírko výrazně jiným typem habitatu než jsou železité minerální kyselky, jelikož jsou ve vodě obsaženy nízké koncentrace iontů (včetně železa a hydrogenuhličitanů), a vyskytují se zde druhy rozsivek, které jsou charakteristické pro společenstva mírně kyselých mokřadů.

Nejmladšími lokalitami byly **Kramolínská kyselka a Koňský pramen** (stáří max. 500 let). Vzorek z Kramolínské kyselky se svými celkem 30 druhy je po Čiperce druhý nejbohatší fosilní vzorek z kyselek Slavkovského lesa. Vyskytovaly se zde indikátory čistých, kyselých vod s nízkým obsahem živin, mechoví obyvatelé – druhy rodu *Diploneis*, ale také aerotolerantní druhy. Významné procento opět tvořily druhy Červeného seznamu. Druhově bohaté bylo i recentní rozsivkové společenstvo. Od historie po dnešek si zde lebedí i *Pinnularia ferrophila*. Koňský pramen na rozsivky druhově chudý jak ve fosilním záznamu, tak v živých vzorcích.

	počet vrtů	nejvyšší dosažená hloubka (cm)	odhadované nejvyšší stáří profilu (let)	počet vzorků*	průměrný počet druhů na vzorek*
Číhaná	3	302	> 8 000	20 / 3	15 / 22
Čiperka	2	186	> 6 000	2 / 2	20 / 20
Košský pramen	2	290	< 500	4 / 1	4 / 22
Liščí prameny	1	85	~ 3 000	1 / 2	22 / 26
Novoveská kyselka	2	190	> 12 000	2 / 0	21 / 0
Babické rosnatkové jezírko	1	90	~ 3 000	1 / 2	6 / 33
Kramolínská kyselka	1	84	< 500	1 / 1	30 / 28

Tabulka 1.

Struktura odběrů vzorků, jejich nejvyšší stáří a průměrné druhové bohatství fosilních a recentních společenstev rozsivek.

* fosilní / recentní

Závěry

Vyhodnocení fosilních a recentních vzorků rozsivek poukázalo na jedinečnost jednotlivých pramenů, na které v jejich historii působily odlišné vlivy měnícího se prostředí. V rámci této studie jsme odhalili přítomnost vzácných, ohrožených a čistobytných druhů (včetně vlajkového druhu *Pinnularia ferrophila*) jak v dávných dobách, tak v současnosti. Pokud chceme tyto druhy v pramenech Slavkovského lesa uchovat, musíme chránit jejich životní prostředí, tedy biotop, ve kterém se nacházejí. Náš výzkum ukazuje, že pro zachování biodiverzity pramenů je nezbytné, aby vývěry mohly tvořit přirozené rozlivy v bezprostřední blízkosti zdroje minerální vody. Citlivé zásahy, které by vedly k navrácení pramenných vývěrů do stavu přírodě bližšího, především úpravy truh, kterými voda proudí příliš rychle, by tedy pramenům mohly pomoci.

Rozsivky jsou sice mikroskopické organismy, které jsou bez použití techniky lidskému oku neviditelné, v rámci našeho výzkumu však byly nalezeny druhy cenné pro český, ale i středoevropský prostor. Uchvejme je tedy šetrným zacházením i pro příští generace. ■

Poděkování:

Projekt byl podpořen z dotačního titulu Ministerstva životního prostředí ČR – Program péče o krajinu.

Použitá literatura:

- Agardh C. A. (1827): Aufzählung einiger in den österreichischen Ländern gefundenen Gattungen und Arten von Algen; nebst ihrer Diagnostik und beigefügten Bemerkungen Jahr. X, Nr. 40, Bd. 2. – Flora, Regensburg.
- Cohn F. (1863): Über die Algen des Carlsbader Sprudels mit Rücksicht auf die Bildung des Sprudelsinters. – Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cultur 42: 37–55.
- Krammer K. (2000): The Genus *Pinnularia*. In: Lange-Bertalot, H. [ed.] (2000): Diatoms of Europe. Gantner Verlag, Ruggell, 703 pp.
- Lange-Bertalot H. (1996): Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 633–677.
- Mann D. G., Crawford R. M. et Round F. E. (2016): Bacillariophyta. In: Archibald J. M., Simpson A. G. B. et Slamovits C. H. [eds.] (2016): Handbook of the Protists. Springer, Berlin, 1657 pp.
- Nelson D. M., Tréguer P., Brzezinski M. A., Leynaert A. et Quéguiner B. (1995): Production and dissolution of biogenic silica in the ocean: revised global estimates, comparison with regional data and relationship to biogenic sedimentation. – Global Biogeochemical Cycles 9: 359–372.
- Rajdlová H. (2011): Kvartérní paleoekologická analýza NPR SOOS. [Dipl. práce, depon in: Ústav geologie a paleontologie PRF UK, 120 pp.] <https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/48006>
- Spaulding S. A., Potapova M. G., Bishop I. W., Lee S. S., Gasperak T. S., Jovanoska E., Furey P. C. et Edlund M. B. (2021): Diatoms.org: supporting taxonomists, connecting communities. – Diatom Research 36: 291–304.
- Šubrt, D. (2007): Tajemná řasa pramenů železitých kyselek Karlovarského kraje – Arnika, přírodou a historií Karlovarského kraje 2/2007: 18–22.
- Tájek P., Vrbová K. et Kulichová J. (2017): Nové nálezy vzácné endemické rozsivky *Pinnularia ferrophila*. – Arnika 2/2017: 30–34.



Rozsivky z fosilního sedimentu Novoveské kyselky, uprostřed aerotolerantní druh *Hantzschia abundans* (str. 7). Rastrovací elektronový mikroskop, zvětšení 2500×.
Foto Markéta Fránková.