



Študentská vedecká konferencia



ŠVK
2019



FPV UMB V BANSKEJ BYSTRICI

FPV UKF V NITRE

ŠTUDENTSKÁ VEDECKÁ KONFERENCIA 2019

ZBORNÍK

RECENZOVANÝCH

PRÍSPEVKOV

Študentská vedecká konferencia 2019

Fakulty prírodných vied UKF v Nitre

a

Fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici

Zborník recenzovaných príspevkov

Dátum a miesto konania: 09. apríl 2019,
Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

Editori: Mgr. Jan Francisti
PaedDr. Katarína Zverková
prof. RNDr. Radoslav Omelka, PhD.

Vydavateľ: Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici

Vydanie: prvé

Rozsah strán: 453

Edícia: Prírodovedec č. 703

ISBN: 978-80-558-1433-9



9 78 80 55 8 1 43 3 9

Metodika výskumu fosílnych jazerných rozsievok

Research methods of the limnic fossil diatoms

Vanesa Vlčeková

Školiteľ: Radovan Kyška Pipík

Katedra geografie a geológie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01, Banská Bystrica

vanesa.vlcekova@gmail.com, pipik@savbb.sk

Abstrakt

Klimatické a ekologické zmeny, ktoré sa odohrali po ústupe ľadovca po wümskej dobe ľadovej je možné analyzovať vďaka sedimentom, ktoré sa uchovali v jazeroch. V pohorí Vysokých Tatier vznikli alpské jazerá - plesá v morénových a karových depresiách vytvorených po ústupe ľadovca. V týchto sedimentačných bazénoch dochádzalo ku klastickej a organogénnej sedimentácii. Štúdium druhového zastúpenia fosílnych rozsievok zachovaných v týchto sedimentoch je veľmi nápomocné pri paleoekologickom výskume. Tieto eukaryotické riasy citlivo reagujú na zmeny teploty vody, pH, obsah živín a svetla a umožňujú analyzovať ekologické podmienky v jazere, ktoré sú priamo ovplyvňované vonkajším prostredím.

Kľúčové slová: paleoekológia, paleoklimatológia, plesá, rozsievky

Abstract

The climatic and ecological changes that took place after the ice retreat after the würm ice age can be analyzed thanks to the sediments that have been preserved in the lakes. Alpine lakes were formed in the High Tatras mountains - they melt in moraine and morphology depressions created after the retreat of glaciation. In these sedimentation pools, clastic and organogenic sedimentation occurred. The study of the species representation of fossil diatoms preserved in these sediments is very helpful in palaeoecological research. These eukaryotic algae respond sensitively to changes in water temperature, pH, nutrient and light content, and allow the analysis of ecological conditions in the lake that are directly affected by the external environment.

Key Words: paleoecology, paleoklimatology, lakes, diatoms

Úvod

Klimatické zmeny, ktorými prechádza naša planéta, si vyžadujú čoraz viac pozornosti nielen vedeckej

komunity, ale aj celej ľudskej populácie. Klíma planéty sa neustále mení, avšak súčasné štúdie ukazujú, že sa mení výrazne po celom svete - zvýšenie priemernej teploty ovzdušia, zmena hladiny morí, ústup ľadovca z arktických oblastí, a pod. Avšak databáza zmien a výkyvov počasia vznikla až v polovici 19. storočia. Porovnaním s geologickým časom vývoja planéty je to zanedbateľné obdobie. Pre predpoveď budúcich klimatických zmien preto nestačia len informácie zaznamenané za posledné desaťročia klimatológmi a ekológmi. Je potrebné poznať minulosť našej planéty, aby sme dokázali predpovedať model vývoja klimatických zmien a dokázali tak odhadnúť zmeny životného prostredia do budúcnosti [1]. Pre rekonštrukciu klimatického modelu Zeme je potrebné mať prístup k materiálom, ktoré zachovali dôkazy o týchto ekologických alebo klimatologických zmenách v krajine, ktorej sme dnes súčasťou. Materiál, obsahujúci tieto cenné informácie je zachovaný predovšetkým v jazerných sedimentoch. Jazerá sa vytvárajú v depresiách reliéfu a sú vhodným kolektorom pre usadzovanie organického a anorganického materiálu - klasty hornín a minerálov, schránky živočíchov, dreviny, pele a pod. Sedimentačný záznam, ktorý sa tvoril na dne týchto jazier vie odhaliť odpovede na otázky o zmenách, ktoré sa odohrávali počas niekoľko tisíc rokov.



Obr. 1. Zelené pleso Kežmarské (1546 m n. m.), holocénne karovo-morénové pleso.

Zdroj : [23].

Geologické a geomorfologické údaje naznačujú, že na území Tatier bolo počas kvartéru najmenej osem období zaľadnenia" [2]. Počas posledného glaciálneho maxima, ktoré dosiahlo svoj maximum pred 22 tis. rokmi [3], počas würmskej doby ľadovej klimatické pomery v tatranskej oblasti kolísali, s čím súviseli aj zmeny nadmorskej výšky snežnej čiary, ktorá zostupovala najnižšie vo würme, a to až o 1000-1100 m ako je dnes (2450-2550 m n.m.). Priemerná letná teplota bola asi o 10°C nižšia a priemerné zrážky asi o 60% nižšie ako dnes, čo viedlo aj k najväčšiemu rozsahu zaľadnenia v Tatrách [3]. Analýzou sedimentov odobratých z tatranských plies je možné sledovať paleoklimatické a paleoekologické zmeny vo Vysokých Tatrách od konca pleistocénu a v holocéne (približne posledných 10 tis. rokov). Toto obdobie je charakteristické zvýšenou aktivitou reliéfortvorných procesov, migráciou nových druhov, zmenami ekosystému, zvratmi druhového zastúpenia a tvarovaní krajinej pokrývky, ktoré sa odohrali v súvislosti s prechodom od arktickej klímy k dnešnej klíme mierneho pásma.

V posledných rokoch stúpol počet štúdií paleoekologických zmien založených na niekoľkých typoch dát získaných z jazerných sedimentov, tzv. multi-proxy štúdie [4]. Takáto multi-proxy štúdia je veľmi vhodná pri rekonštrukcii rôznych vlastností ekosystémov a má potenciál vytvoriť predstavu o odpovedi ekosystému jazera na klimatickú zmenu [5]. Základným rysom multi-proxy prístupu je použitie niekoľkých typov stratigrafických zástupných dát na sledovanie spoločného cieľa. Každá proxy – biotická alebo abiotická - môže byť použitá na rekonštrukciu inej vlastnosti ekosystému.

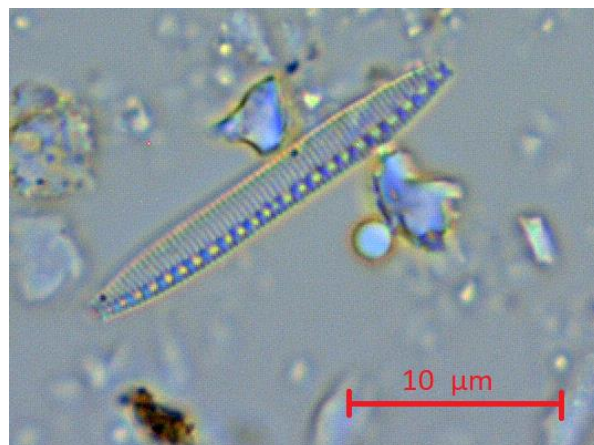
Medzi biotické proxy dáta patria údaje o subfosílnych spoločenstvách fauny (lastúrnice, pakomáre, perloočky, mäkkýše) a flóry (rozsievky, peľe, rastlinné zvyšky, plody). Skombinovaním týchto údajov sa získa komplexnejšie výsledky, ako pri vyhodnotení všetkých osobitne [1].

1 Rozsievky ako indikátor ekologických zmien

Rozsievky sú eukaryotické mikroskopické jednobunkové riasy. Bunky rozsievok sú voľným okom neviditeľné, môžu však utvárať hnedé škvrny, resp. povlaky na dne. Zaradujú sa do triedy Bacillariophyta [6]. Hlavným znakom rozsievok je špecifická štruktúra ich bunkovej steny, ktorá je tvorená z perforovaného hydroxidu kremičitého ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) [7]. Vyskytujú sa v slaných morských vodách ale aj sladkých vodách, v stojatej aj tečúcej vode, niekedy aj v pôde, sú

dominantnou súčasťou fytoplanktónu a fyto bentosu, sú kozmopolitné. Vyskytujú sa jednotlivito alebo usporiadané do kolónií rôznych tvarov. Rozsievky patria medzi dominantné riasy v našich vodách, a preto sa im pripisuje kľúčový význam pri bioindikácii, teda hodnotení ekologickej kvality a jej zmien vo vodnom prostredí [1]. Zmeny v druhovom zložení jazerných spoločenstiev sú dôležité pri zostavovaní modelu paleoekologických zmien. Na základe zmien ich schránky, ktorá je v sedimentoch veľmi dobre zachovaná, je možné určiť ekologické faktory, ktoré ovplyvňovali ich život [1].

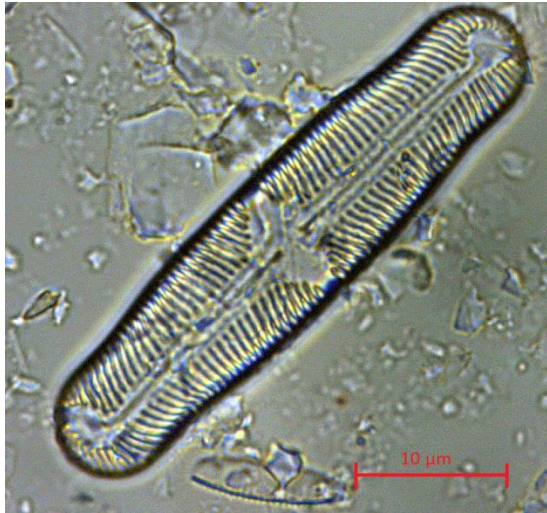
Každý druh rozsievok má individuálne požiadavky na biotopy. Sladkovodné druhy, neprežijú v mori a naopak, morské druhy zas v sladkovodných jazerách. Niektoré druhy sa vyskytujú len v kyslých biotopoch (*Encyonema perpusillum*), iné zas znesú len alkalické prostredie (*Nitzschia amphibia*, obr. 2.)



Obr. 2 *Nitzschia amphibia* je rozsievka indikujúca dobrú a stabilnú ekologickú kvalitu vôd jazera.

Zdroj: [1].

Niektoré prežívajú v chladnejších vodách (*Cymboplectra cuspidata*), alebo len počas oteplenia (*Fragilaria mesolepta*). Rozsievky sú citlivé aj na intenzitu prúdov, niektoré prežívajú len v riekach (*Navicula cryptotenella*), iné zas prežívajú v stojacich až močaristých vodách (*Cavicola pseudiscutiformis*). Podobne to je aj so salinitou vody, druhy ako napríklad *Neidioromorpha binodis* alebo *Surirella amphioxys* prežívajú len vo vodách s vyššou salinitou, oproti druhu *Eunotia subherkiniensis*, ktorý neznesie vysokú salinitu. Zaradenie jednotlivých druhov podľa týchto kritérií je veľmi dôležité pri ekologickom a paleoekologickom sledovaní zmien študovaných biotopoch [1].



Obr. 2: *Pinnularia* sp., indikátor dobrej ekologickej kvality vody.

Zdroj: [1].

1.1 Fyzikálne faktory ovplyvňujúce rozsievky

Aj nepatrná zmena fyzikálnych faktorov ako sú zmena teploty, nedostatok alebo prebytok svetla, obsah živín vo vodnom stĺpci dokáže ovplyvniť ich druhové zastúpenie, početnosť jedincov alebo veľkosť ich schránky.

Všetky štúdie preto poukazujú na potenciál rozsievok zaznamenávať teplotné zmeny, avšak zmena teplôt má vplyv aj na iné fyzikálno-chemické faktory jazera, ako uvádzajú Battarbee, alebo Anderson [8], [26]. Teplota ovplyvňuje aj zamrznutie jazera, stratifikáciu vody, pH, dostupnosť živín, ktoré sa menia individuálne pri každom jazere [8].

Množstvo svetla je hlavným komponentom vo fotosyntéze, práve preto zohráva dôležitú úlohu pri produktivite rias a pri určovaní druhového zastúpenia v jazere [9]. V plytkých vodách majú rozsievky vhodné podmienky pre proces fotosyntézy, ale s úbytkom svetla do hĺbky sa tieto podmienky zhoršujú. Rôzne druhy rozsievok majú odlišné požiadavky na množstvo slnečného žiarenia, príkladom môže byť *Eunotia curtagrunowi*, ktorá preživa vo vodách s dostatkom svetla, čo môže vplývať na celkovú biomasu planktónu alebo komunitu bentosu [10].

Rozpustnosť organického uhlíka je ďalší z faktorov vstupujúci do vývoja rozsievok, a to predovšetkým v boreálnych jazerách [11],[12]. Týmto spôsobom je možné kvalitatívne zhodnotiť zmeny klímy, kde sú známky po eutrofizácii, ktorá spôsobuje zvýšenie množstva rias vo vodnom stĺpci [10]. Zloženie taxónov môže ovplyvniť aj turbulencia prúdov, pri ktorej môže dôjsť k zamiešaniu bentických taxónov do vodného

stĺpca. Vzhľadom na to, že planktonické rozsievky nie sú pohyblivé, k miešaniu ich taxónov dochádza častejšie, preto si vyvinuli životné cykly, aby dokázali prežiť tieto zmeny [9].

Ľadový pokryv na jazere ovplyvňuje rozsievky priamym, ale aj nepriamym spôsobom. Ľad ovplyvňuje prienik svetla do vodného stĺpca, čo môže brániť rastu rozsievok [13]. Príkladom môže slúžiť jazero Bajkal v Rusku, kde si rozsievky vyvinuli životný cyklus, ktorý závisí od pokrytia vodnej hladiny ľadom [14]. Nepriamy vplyv ľadovej pokrývky sa prejavuje zmenami obsahu kyslíka na rozmedzí bahna a vody, kde prebieha regenerácia živín a vznik alkálií, čím môže meniť chemické zloženie vôd jazera [15]. V extrémnych prípadoch môže ľad zotrvať na vodnej hladine počas celého roku, čo vedie k výrazným zmenám v druhovom zastúpení rozsievok, rovnako ako k zmenám veľkosti frustúl planktonických alebo bentických druhov. Na základe tohto faktu je možné určiť trvanie a rozsah ľadových pokrývok jazier v minulosti [16].

1.2 Chemické faktory ovplyvňujúce rozsievky

Okrem fyzikálnych činiteľov je nutné brať do úvahy aj chemické činitele. Rozsievky sú výborným indikátorom zmeny pH vody, na ktoré reaguje druhové zastúpenie už pri nepatrnej zmene. Podľa Hustedta je pravdepodobne najdôležitejším komponentom pH. [27]. Zatiaľ neexistuje žiadne chápanie toho, ako pH ovplyvňuje rast a možnú prevahu určitých rozsievkových taxónov, však pH ovplyvňuje mnohé chemické a biochemické procesy a reakciu, ako napríklad dostupnosť živín pre riasy, rozpustnosť kovov, hlavne toxických a aktivitu špecifických enzýmov ako sú fosfatázy [10]. Používa sa pH klasifikácia taxónov rozsievok alebo je možné využitie rozsievok na rekonštrukciu paleolimnologických zmien a zmien pH v jazerách [17], [18], [19]. Modernejšie štúdie však dokazujú, že dochádza ku konštantnej zmene druhov v priebehu zmien pH, preto klasifikovať rozsievky iba v kategórii s pH nie je vhodné. Mohlo by to viesť k anomáliám pri rekonštrukcii pH jazera [10].

Salinita typu „athalassic“, označujúca vnútrozemské soľné jazerá, sa prejavuje hlavne v prostrediach, kde dominuje uhličitan. Ako uvádza Gasse [28], rozsievky sú ovplyvňované väčšinou obsahom iónov, teda salinitou resp. vodivosťou vody. Pri štúdiu klimatických zmien poskytujú taxóny rozsievok užitočné informácie o soľných jazerách, aj keď tie môžu byť obmedzené z dôvodu zlého zachovania rozsievok v sedimentoch [20], [21]. Druhý typ salinity, thalassic, je používaný ako ukazovateľ salinity a zmeny hladiny morí v pobrežných

oblastiach. V mnohých prípadoch pomáha rozbor spoločností rozsievok k identifikácii transgresívnych a regresívnych cyklov a k určeniu indexových bodov pre zostavenie relatívnych zmien morskej hladiny [22].

2. Terénne práce a laboratórna metodika výskumu

Pre štúdium paleoekologických zmien nestačí odobrať sedimentačný materiál len s povrchu dna horského jazera. Jedným z hlavných cieľov pracovnej skupiny pre výskum plies v Tatrách je odber sedimentov – jadrovania - pomocou limnickej plošiny, ktorému predchádza výskum dna sonarmi. Tie poskytnú obraz o hrúbke sedimentárnej výplne, topografii dna a pomôžu vybrať najvhodnejšie miesto na jadrovanie. Limnická plošina (obr. 3) pomocou, ktorej sa hydraulicko-mechanickým spôsobom odoberajú jadrá s dĺžkou až 2 m, a to zatlačaním jadrovača do dna jazera.



Obr. 3 Limnologická plošina na brehu Trojrohého plesa. Zdroj : [23]

Z dôvodu technologickej straty sedimentu medzi dvoma jadrami je potrebné vykonať ďalší paralelný vrt, z dôvodu prekrytia prechodov medzi jednotlivými časťami jadier, čím sa odstránia aj prípadné iné chyby jadrovania (napr. premiešanie vrstiev). Odobraté jadrá je potrebné uchovať v chlade pri 4°C, aby sediment nevyschol alebo inak neznehodnotil plesňami. Celé jadrá sú analyzované tomografom, pomocou ktorého sa odhalí vrstevnatosť, laminácia, prítomnosť väčších kusov driev alebo klastov a minerálov alebo technologické chyby jadrovania. Pravidelné striedanie vrstiev, ak je prítomné, vypovedá o neporušenom sedimentačnom zázname jadra. Nasleduje rozrezanie jadra na dve polovice, označenie jadra skratkou plesa, vyznačenie metráže, fotografické zdokumentovanie jadier a opis sedimentárneho záznamu.

Nasleduje odber vzoriek pre radiometrické datovanie, najčastejšie fosílnych zvyškov rastlín, a odber vzoriek pre biotické a abiotické proxy s krokom 1 cm, ale môže byť aj väčší pre (obr. 4). Pre analýzu rozsievok so Zeleného plesa sa odoberal 1 cm sedimentu každých 10 cm po celej dĺžke jadra.



Obr. 4 Pozdĺžne prerezané jadrá ZEP-2-1 zo Zeleného plesa Kežmarského. Výplň tvoria vrstevnaté piesčité a prachovité sedimenty, ich farba je odrazom rôznej koncentrácie fosílny organickej hmoty. Zdroj: [24].

2.1 Laboratórne metódy prípravy rozsievok

Na spracovanie sedimentov, za účelom determinácie rozsievok je možno použiť viacero laboratórných metód. Podľa Battarbee [25] však platí kombinácia viacerých metód, ktoré sa musia určiť experimentálne pri jednotlivých skúmaných vzorkách. Predovšetkým je potrebné zohľadniť krehkosť frustuly rozsievok, ktorá je veľmi náchylná na zlomenie [1].

Použitím veľmi presných digitálnych váh sa odváži 1g mokrého sedimentu, ktorý sa následne vloží do sklenenej skúmavky. Pri suchom sedimente postačí 0,5g sedimentu. K tejto hmotnostnej zmene je potrebné prispôsobiť aj množstvá neskôr pridávaných chemických látok [1].

Pre odstránenie nepotrebného organického materiálu sa vleje do sklenených skúmaviek 20 ml 30% roztoku H₂O₂, pričom dochádza k reakcii, pri ktorej sa rozpúšťa organický materiál. Sklené skúmavky s H₂O₂ a sedimentom je potrebné variť pre dokonalé odstránenie všetkého organického materiálu. Dĺžka varenia vzoriek je 1 až 2 hodiny v závislosti od množstva organického materiálu v danej vzorke. Pri práci so sedimentom zo Zeleného plesa Kežmarského bola zvolená dĺžka varenia 2 hodiny z dôvodu vysokého obsahu organickej hmoty. Sediment bol na konci varenia béžovo až svetlo hnedý (obr. 5).



Obr. 5 Odstránenie organického materiálu za prítomnosti H_2O_2 .

Zdroj: [1].

V prípade sedimentov, ktoré môžu obsahovať karbonáty, je vhodné aplikovať do preparátu malé množstvo 10% roztoku HCl a následne nechať 15 minút odstáť pre rozpustenie karbonátu [10].

V nasledujúcom kroku sa preleje suspenzia do centrifugačných skúmaviek so zahroteným koncom (skúmavka PP Falcon so zahroteným koncom, 14 ml) [1]. Aby nedošlo k poškodeniu schránok rozsievok, musia sa centrifugovať pri nízkych otáčkach. Pri práci so vzorkami zo Zeleného plesa Kežmarského bolo zvolených $800 \text{ ot.} \cdot \text{s}^{-1}$ počas 10 minút. Tento proces sa opakoval trikrát, po každom cykle bola vymenená destilovaná voda za čistú. Po poslednom odstredovaní sa destilovaná voda ešte raz vymení a preparát je pripravený na kvapkanie na podložné sklíčko [1].

Označenie podložného sklíčka tvorí názov plesa, číslo jadra, označenie konkrétnej časti jadra, hĺbka v centimetroch a dátum prípravy.



Obr. 6 Systém označovania podložných skiel pre štúdium rozsievok.

Zdroj : [1].

Na podložné sklíčko položíme krycie sklíčko s priemerom 18 mm, na ktoré sa za pomoci automatickej pipety aplikuje $300 \mu\text{l}$ destilovanej vody, do ktorej sa pridá rôzne množstvo suspenzie v závislosti od hustoty suspenzie obsahujúcej rozsievky. Pri analýze rozsievok zo sedimentov Zeleného plesa Kežmarského bolo použité 50 a $30 \mu\text{l}$ suspenzie. Suspenzia musí byť aplikovaná na krycie sklíčko rovnomerne, aby došlo k rovnomernému rozdeleniu rozsievok po sklíčku. Takto pripravený preparát sa nechá 24 hodín sušiť pri izbovej teplote, aby sa odparila voda a na krycom sklíčku zostal len jemný neporušený biely sediment. Krycie sklíčko pripevníme na podložné za pomoci živice s vysokým indexom lomu svetla, ako je napríklad Naphrax alebo Hyrax [10].

Naphrax je živica s indexom lomu 1,65, po zohriatí na podložnom sklíčku dosahuje index lomu 1,73. Pri práci s Naphraxom je nutné dbať na bezpečnosť. Keďže sa jedná o zápachajúcu a toxickú chemickú látku, je potrebné s ním pracovať pod digestorom. Silný zápach spôsobuje obsah toluénu, ktorý v Naphraxe slúži ako rozpúšťadlo. Pri použití Naphraxu sa kvapne jedna kvapka na krycie sklíčko s vysušeným sedimentom a pomocou pinzety sa položí na podložné sklíčko. Krycie aj podložné sklíčko sa spolu nahrievajú nad horúcou platňou pri teplote asi $130 \text{ }^\circ\text{C}$ v priebehu pár minút pre odstránenie toluénu v Naphraxe [10]. Tesne pred odobratím sklíčka z horúcej platne je potrebné, aby Naphrax dosiahol bod varu, čím sa odstránia vzduchové bubliny pod krycím sklíčkom. Po vychladnutí, ktoré trvá asi 3 až 4 hodiny, je krycie sklíčko pevne prilepené o podložné sklo. Pripravený preparát sa pozoruje pod svetelným mikroskopom pri prechádzajúcom svetle a pri zväčšení 1000x, ojedinele pri väčších jedincech sa

použije zväčšenie 400x. Pre zlepšenie kvality obrazu sa na sklíčko aplikuje imerzný olej (Zeiss, Immersol 518F, 1,518 pri 23°C), ktorým sa v optickej mikroskopii zväčšuje numerická apertúra objektívov. Zároveň obmedzuje prípadné nezrovnalosti na sklíčku ako sú jemné škrabance a podobne. Postačí jedna kvapka imerzného oleja a následné spojenie objektívu s touto kvapkou, po zaostrení a prispôbení intenzite svetla nasleduje samotná determinácia a počítanie jedincov [1].

3. Diskusia

Na území Vysokých Tatier prebieha v súčasnosti výskum v rámci projektu Deglacácia a postglaciálny klimatický vývoj zaznamenaný v jazerných sedimentoch Vysokých Tatier. Cieľom je štúdium časovej postupnosti zániku ľadovca vo vysokohorskom pásme po poslednom zaľadnení pred 10 000 rokmi. Tento projekt sa zameriava na prechod medzi glaciálnou a postglaciálnou sedimentáciou a rýchlosťou a intenzitou ekologických zmien po ústupe ľadovca.

Sedimenty z plies sú analyzované viacerými proxy dátami, ktorých kombináciou vznikne určitý model zmien v krajine.

Jedným z fosílnych proxy Zeleného plesa Kežmarského sú rozsievky, ktoré citlivo reagujú na zmeny fyzikálnych a chemických faktorov, a to zmenami v abundancii jedincov a druhov a zmenami v diverzite spoločenstiev. Rozsievky môžu byť ovplyvnené počas ich životného cyklu priamo ako aj nepriamo zmenou kvality alebo teploty vody. Vzhľadom k týmto skutočnostiam sa rozsievky používajú pomerne často ako indikátory proxy dát klimatických a ekologických zmien.

Záver

Zmeny, ktorým podliehala naša krajina pri a po ústupe posledného zaľadnenia je možné študovať zo sedimentov odobratých z tatranských plies. Podrobná analýza spoločenstiev dokáže identifikovať paleoklimatické a paleoekologické zmeny počas holocénu. Rozsievky ako jedny z proxy dát predstavujú využiteľný a cenný bioindikátor takýchto zmien.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory Agentúry pre vedu a výskum, projekt APVV-15-0292 Deglacácia a postglaciálny klimatický vývoj zaznamenaný v jazerných sedimentoch Vysokých Tatier. PodĎakovanie patrí môjmu školiteľovi Dr. Radovanovi Kyška- Pipíkovi za

odborné konzultácie a usmernenie v práci. Vďaka patrí aj Marine Vidhya za konzultácie a spoluprácu pri laboratórnych prácach.

Použitá literatúra

- [1] Vlčeková V. (2018) Rozsievky (diatomaceae) tatranských plies, biológia, systematika, ekológia a metodika výskumu. (Bakalárska práca) fakulta Prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica
- [2] LINDNER, L., DZIERZEK, J., MARCINIÁK, B., NITYCHORUK, J. 2003: Outline of Quaternary glaciations in the Tatra Mts.: their development, age and limits. *Geol. Quar.*, 47, 3, 269-280
- [3] Lindner, L., Dzierzek, J., Marciniak, B., Nitychoruk, J., (2003): Outline of Quaternary glaciations in the Tatra Mts.: their development, age and limits.
- [4] Battarbee R.W., 2000. *Quat. Sci. Rev.*, 19, 107-124. Rajec P., Mátel L., Orechovská J., et al. (1996) *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 208(2), p. 477
- [5] Cohen A.S., 2003. *Paleolimnology, The History and Evolution of Lake Systems.* Oxford University Press, Oxford-New York, 500 pp.
- [6] ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M., MANN, D. G. 1990: *The diatoms Biology and morphology of the genera.* Cambridge: Cambridge University Press, 1-747
- [7] Bayer C., Mielniczuk J, Martin- Neto L., Ernani P.R. (2002) Stocks and humification degree od organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil., v. 238, s. 133.
- [8] BATTARBEE, R. W., (2000), *Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record.* *Quat. Sci. Rev.*, 19, 197.
- [9] REYNOLDS, C. S., (1984), *The ecology of freshwater phytoplankton.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [10] Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M. (eds), (2001a), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3 Terrestrial, algal and siliceous indicators.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 371.
- [11] SCHINDLER, D. W., BAYLEY, S. E., PARKER, B. R., BEATY, D. R., CRUIKSHANK, E. J., FEE, E. U., SCHINDLER, M., STAITON, P., (1996), *The effects of climate warming on the properties of boreal lakes and streams at the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario.* *Limnol. Oceanogr.*, 41, s 1004.

- [12] VINEBROOKE, R. D., LEAVITT, P. R., (1996), Effects of ultraviolet radiation in an alpine lake. *Limnol. Oceanogr.*, 41, s 1035
- [13] SMOL, J. P., (1988), Paleoclimate proxy data from freshwater arctic diatoms. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 23, 837-844.
- [14] JEWSON, D. H., (1992), Size reduction, reproductive strategy and the life-cycle of a centric diatom *Phil. Trans. r. Soc., Lon. B*, 336, 191-213.
- [15] PSENNER, R., (1988), Alkalinity generation in a soft-water lake: watershed and in-lake processes. *Limnol. Oceanogr.*, 33, s 1463.
- [16] DOUGLAS, M. S. V., SMOL, J. P., BLAKE, W., (1994), Marked post-18th century environmental change in high Arctic ecosystems. *Science*, 266, s 416.
- [17] NYGAARD, G., (1956), Ancient and recent flora of diatoms and chrysophyceae in Lake Gribssø, *Studies on the humic acid lake Gribssø. Folia limnol. Scand.*, 8, s 32.
- [18] MERILAINEN, J., (1967), The diatom flora and the hydrogen ion concentration of the water. *Ann. bot. fenn.*, 4, s 51.
- [19] RENBERG, I., HELLBERG, T., (1982), The pH history of lakes in southwestern Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments. *Ambio*, 11, s 30.
- [20] BARKER, P., FONTES, J. C., GASSE, F., DRUART, J. C., 1994: Experimental dissolution of diatom silica in concentrated salt solutions and implications for paleoenvironmental reconstruction. *Limnol. Oceanogr.*, 39, s 99.
- [21] REED, J. M., (1998), Diatom preservation in the recent sediment record of Spanish lakes: implications for palaeoclimate study. *J. Paleolim.*, 19, s 129.
- [22] SHENNAN, I. M. J., TOOLEY, M. J., HAGART, B. A., 1983: Analysis and interpretation of Holocene sea-level data. *Nature*, 302, 404-406.
- [23] J., Šurka, fotodokumentácia (2017)
- [24] D., Starek fotodokumentácia (2017)
- [25] BATTERBEE, R. W. 1986: Diatom analysis, *Handbook of Holocen Paleocology and Paleohydrology.*
- [26] ANDERSON, N. J., 2000: Diatoms, temperature and climate change. *Eur. J. Phycol.*, 35, 4, 307-314.
- [27] HUSTEDT, F., 1930: Bacillariophyta (Diatomaceae). In Pascher, A. *Die Süßwasser-flora Mitteleuropas Heft 10.* Jena: Gustav Fischer Verlag., 466.
- [28] GASSE, F., 1986: East African diatoms: taxonomy, ecological distribution. *Cramer, Stuttgart*, 201.