

Biologická fakulta Jihočeské univerzity  
České Budějovice



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# Rozsivková analýza sedimentů zaniklého jezera Švarcenberk

Tomáš Bešta  
2004

vedoucí práce: RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.

BEŠTA T. (2004): Rozsivková analýza sedimentů zaniklého jezera Švarcenberk  
[The diatom analysis of sediments from the former Lake Švarcenberk. Bc. thesis, in Czech]  
University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences, České Budějovice. 19pp.

Anotace:

*As an additional study to previous paleolimnological researches from the former Lake Švarcenberk, a diatom analysis of the main-core sediments was accomplished and confronted with pollen and chemical record. The diatom analysis was limited particularly due to the lack of available material, therefore more detailed processing of data wasn't possible. There were identified 95 species of diatoms. For the stadium of final terestralization and peat bog, diatom-inferred index of saprobity was calculated. Comparison of diatoms found in sediment from the former Lake Švarcenberk with diatoms registred in sediment from diatomit mine Borovany was performed.*

Prohlašuji, že jsem uvedenou práci vypracoval samostatně, jen s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 7.5.2004



## *Poděkování*

*Tímto odstavcem bych rád vyjádřil své díky všem lidem, se kterými jsem se během tvorby této bakalářské práce setkal. Zaslouží si uznání především za svoji bezbřehou trpělivost s mou osobou procházející především během fáze dokončování práce nezvyklými psychickými změnami. Zvláštní dík patří Petru Pokornému a Václavu Houkovi za cenné konzultace, Ing. Bartuškově z borovanského diatomitového dolu za ochotu, poskytnutý materiál a dokumenty a povedenému kolektivu naší algologické laboratoře za existenci.*

*Zcela největší dík tímto vyjadřuji školiteli Janu Kaštovskému za péči téměř otcovskou a rodině za umožnění studia a celkovou podporu.*

*Díky*

## Obsah:

1. Úvod	str.1
1.1 Současný stav výzkumu paleolimnologie rozsivek	str.1
1.2 Popis vlastní lokality	str.4
1.3 Cíle práce	str.4
2. Materiál a metody	str.5
2.1 Materiál	str.5
2.2 Metody	str.5
3. Výsledky	str.8
4. Diskuse	str.9
4.1 Úsek nepůvodních rozsivek	str.9
4.2 Úsek nízkých četností rozsivek	str.10
4.3 Úsek původních rozsivek	str.11
4.4 <i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> a <i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>pinata</i>	str.12
4.5 Flotace	str.12
5. Závěr	str.13
6. Seznam literatury	str.14



## 1. Úvod

### 1.1. Současný stav výzkumu paleolimnologie rozsivek

Rozsivky se pro svojí bioindikační schopnost používají jako významný paleoekologický, paleolimnologický a archeologický nástroj zhruba od poloviny minulého století. Druhové složení, četnosti jednotlivých taxonů event. přítomnost či nepřítomnost rozsivek odráží stav vodního prostředí dané lokality v době tvorby sedimentu. Kombinací radioizotopového datování, chemických analýz a analýz biogenických residuí (rozsivky, pyl, rostlinné makrozbytky etc.) jednotlivých vrstev sedimentu potom získáme velmi podrobnou informaci o vývoji lokality a jejího okolí v historickém měřítku. Velkého pokroku v použití dat získaných rozsivkovou analýzou bylo dosaženo stanovením robustních kvantitativních transférových funkcí pro celkový fosfor (např. ANDERSON et al., 1993; WUNSAM & SCHMIDT, 1995; BENNION et al., 1996; LOTTER et al., 1998; SCHÖNFELDER et al., 2002; TIBBY, 2004). Hodnoty TP (celkový fosfor) získané chemickou analýzou vody jsou porovnány s rozsivkovou analýzou sedimentu odpovídající stejnému období. Výsledkem statistických analýz jsou potom data přiřazující jednotlivým taxonům kvantitativní hodnoty pro TP, umožňující historickou rekonstrukci kvantitativního obsahu TP podle abundance jednotlivých taxonů v sedimentu. Podobný typ studií byl prováděn rovněž ve vztahu k pH (např. BIRKS et al., 1990; MARCHETTO & SCHMIDT, 1993; KORSMAN & BIRKS, 1996; CAMERON et al., 1999; LARSEN, 2000) a salinitě (např. FRITZ et al., 1991; CUMMING ET AL., 1995; WILSON et al., 1996; GASSE et al., 1997).

Množství výzkumů provedených v oblasti rozsivkové analýzy jezerních sedimentů a jejich aplikací je obrovský. Následující několik odstavců je proto pouze stručným přiblížením několika prací tohoto zaměření pocházejících z celého světa.

Tradičně hojně jsou využívána evropská jezera. Rekonstrukce vodních podmínek a nejbližšího okolí italského jezera Lago D`Averno je postavena především na rozsivkové a pylové (dále použity Mollusca, Ostracoda, Foraminifera) analýze sedimentů. Vývoj jezerního společenstva v období 800 BC- 800 AD dokládá postupný přechod vulkanického jezera se sladkovodním prostředím k slanému jezeru s vodou brakického až mořského charakteru. Tyto změny jsou zasazeny do širších historických souvislostí s důrazem na přítomnost člověka a jeho činnost

v oblasti po celé toto období (GRÜGER & THULIN, 1998). V centrální Itálii byly intenzivně studovány organické sedimenty kráterového jezera Albano. Porovnání obsahu pigmentů, rozsvivek a uhlíkových izotopů v organickém materiálu s detailními geochemickými studii poskytl kritická data zachycující reakci vodního systému na změny okolního prostředí v průběhu holocénu (ARIZTEGUI et al., 2001). Další výzkum sedimentů tohoto jezera porovnávající statisticky obsah organického materiálu, hustotu vysušeného sedimentu, fotosyntetické pigmenty řas a sinic, rozsvivky a perloočky s ekvivalentními analýzami poměrně vzdáleného kráterového jezera Nemi ukázal vliv spíše regionálních než lokálních změn prostředí na obě jezera (GUILIZZONI et al., 2002). Na jezeru Maggiore byla dlouhodobá limnologická (chemická i biologická) data zaznamenávána od roku 1950. Naměřené výsledky byly porovnány s výsledky získanými analýzou sedimentů (rozsvivky, fotosyntetické pigmenty a *Chiromonideae*) tohoto jezera (MARCHETTO et al., 2004). Pro zpracování dat získaných rozsvivkovou analýzou těchto sedimentů bylo užito již zmiňovaných kvantitativních transférových funkcí pro celkový fosfor (WUNSAM & SCHMIDT, 1995; WUNSAM et al., 1995). Z iberského poloostrova pochází studie sedimentů jezera Laguna Lucenza. Pylový a rozsvivkový záznam ukazuje odpověď na palaeoenvironmentální podmínky za posledních cca 10 000 let. Nápadný je pokles koncentrace rozsvivkových schránek, zvýšení abundance druhu *Fragilaria exigua* a snížení abundance druhu *F. construens* f. *venter* kolem roku 8 300 BP. Ekologické nároky obou druhů (FLOWER et al., 1996; PIENITZ et al., 1995; PATRICK & REIMER, 1966-1975; KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991; BROWN et al., 1994; WILSON et al., 1997) společně s výsledky pylové analýzy indikují celkové ochlazení klimatu v tomto období (LEIRA & SANTOS, 2002). Detailní výzkum usazenin německého jezera Holzmaar je příkladem moderního multidisciplinárního přístupu (rozsvivková analýza, geochemie, poměr stabilních izotopů uhlíku v organickém materiálu). Tato studie demonstruje, že klimatické a antropogenní vlivy byly dvěma klíčovými faktory zodpovědnými za fyzikálně-chemické a biologické procesy v tomto sladkovodním jezeru v průběhu středního a pozdního holocénu (BAIER et al., 2004).

Množství prací pochází také z afrického kontinentu. Na jezeru Viktoria je větrem způsobená cirkulace vodního sloupce považována za hlavní faktor ovlivňující chemické parametry a dostupnost živin ve vodě. To silně ovlivňuje i rozsvivky (TALLING, 1966; Hecky & KLING, 1987). Při poklesu cirkulace vodního sloupce jsou rozsvivky s menším poměrem povrch/objem (*Aulacoseira* sp.) vystřídány rozsvivkami (dlouhé formy rodu *Nitzschia*), které mají tento poměr

větší (SMOL et al., 1984). Uvedeného předpokladu využívají dvě studie z blízkých lokalit (STAGER et al., 1997; STAGER et al., 2003) k rekonstrukci klimatických změn v tropické Africe během posledních 11400 resp. 10 000 let. Jezero Ossa je mělké jezero nacházející se v jedné z nejdešivějších oblastí tropické Afriky (rovníkový Kamerun). Specifické podmínky jeho vodního režimu způsobují významné změny pH v přímé závislosti na množství spadlých srážek. V průběhu suchých období také dochází k větrnému transportu rozsivek ze saharských čtvrtohorních zdrojů do jezera (NGUETSOP, 1997). Rozsivkovou analýzou získaná data byla použita k rekonstrukci klimatických změn pozdního holocénu (NGUETSOP et al., 2004).

Studie sedimentů jezera Cuitzeo provedené v mexickém vulkanickém pásu spojuje složení rozsivkové flóry s dobře prozkoumanou geologií této lokality. Výsledkem je obraz vývoje okolní krajiny v období neogénu až holocénu (ALCANTARA, 1997). Rozsivková a pylová analýza byly použity k nastínění přírodních podmínek jezerní oblasti Zacapu (Mexiko). Doplnily tak významně předchozí archeologické práce z této lokality zabývající se lidským osídlením oblasti v období holocénu (ARNAULD et al., 1997).

Jezera Severoamerického kontinentu byla podrobena velmi pečlivému výzkumu. Dvě následující studie jsou pouhým příkladem z obrovského množství prací aplikujících multidisciplinární přístup k analýze jezerních sedimentů této oblasti. Moon Lake se nachází na severu Velkých plání v severní Dakotě. Jeho sedimenty byla aplikována pylová a rozsivková analýze. V rámci rozsivkové analýzy byly použity transférové funkce pro salinitu, které se aplikují v uzavřených (slaných) jezerech k odvození poměru množství spadlých srážek a výparu. Dále byla zkoumána geologie, geochemie stopových prvků a stabilní izotopy sedimentu. Na základě získaných výsledků byla rekonstruována hydrologická historie jezera a z ní potom odvozena vlhkost a změny prostředí na severu Velkých plání v období holocénu (VALERO-GARCÉS et al., 1997). Podobná studie a rekonstrukce postglaciálního klimatu byla provedena na Velkém jezeru v kanadské Britské Kolumbii (BENNETT et al., 2001).

## 1.2 Popis vlastní lokality

Popisovaná lokalita se nachází v jižních Čechách v ploché krajině třeboňské pánve. Písčité a jílovité křídové sedimenty lokálně převrstvené tercierními sedimenty tvoří základní geologický substrát. Deprese jsou vyplněny čtvrtohorními náplavy bahna a šterku, vátými písky a především rašeliništi. Obsah jílu v půdách obecně vzrůstá s hloubkou a díky tomu klesá půdní provzdušněnost. Obsah půdních živin je nízký: běžný je deficit uhličitánu vápenatého, draslík je přítomen v dostatečných množstvích pouze v hlubokých půdních horizontech, obsah dusíku je nízký a obsah fosforečnanů střední (HUSÁK & HEJNÝ, 1978).

Vlastní zaniklé jezero, jeho bezprostřední okolí a historii charakterizoval Petr Pokorný ve své disertační práci (POKORNÝ, 2000). Jezero Švarcenberk mělo v době svého vzniku plochu asi 51 ha a maximální hloubku okolo deseti metrů. Napájely ho silné prameny artézské vody, vystupující podél tektonického zlomu. Jezero se odvodňovalo do nedaleké řeky Lužnice a jeho povodí nebylo příliš rozsáhlé, přibližně 5 km<sup>2</sup>. Již samotný proces vzniku jezera před téměř 17 000 lety byl velmi neobvyklý. Souvisel s klimatickými podmínkami konce vrcholného glaciálu v kombinaci s příhodnými místními faktory. Maximální ochlazení posledního glaciálu bylo na našem území provázáno přítomností trvale zmrzlé půdy-permafrostu. Místy permafrost dosahoval hloubek několika desítek metrů. Artézská voda tlačící se zespu do trvale zmrzlého jílovito-písčitého substrátu vytvořila rozměrnou, na povrchu vypouklou čočku podzemního ledu (útvár shodný s dnešními arktickými „pingo“). Následující oteplení dalo vzniknout nevelkému, ale poměrně hlubokému jezeru („alas“).

Zaniklého jezero byly objeveno asi 4 km jižně od města Veselí nad Lužnicí (49°9'N, 14°42'E) v nadmořské výšce 412 m. Limnické sedimenty jsou překryty vrstvou rašeliny, která se vytvořila až po konečném zazemnění jezera asi před 5 500 lety. V současnosti je bývalé jezero téměř kompletně překryto rybníkem zbudovaným v letech 1698-1701.

## 1.3 Cíle práce

- rozsivková analýza dochovaných vzorků se sedimentů zaniklého jezera Švarcenberk.
- porovnání výsledků rozsivkové analýzy s výsledky ostatních paleoekologických analýz.
- otestování nové metody oddělení schránek rozsivek od ostatního sedimentu (flotace).

## **2. Materiál a metody**

### **2.1. Materiál**

K rozsivkové analýze byly použity vzorky sedimentů v rozmezí od 990 cm do 130 cm hlavního profilu (HP). Tyto vzorky byly odebrány v rámci disertační práce P. Pokorného, přičemž jednotlivé vzorky byly původně odebrány po každých cca 25 cm bez ohledu na stratigrafii sedimentu. Množství sedimentu se v jednotlivých vzorcích lišilo, protože s rozsivkovou analýzou se v době odběru počítalo pouze jako s doplňující a uchování odpovídajícího množství materiálu se nevěnovala dostatečná pozornost, některé vrstvy se nedochovali vůbec. Tuto skutečnost nejlépe vystihuje Graf č.1. Po konzultaci s P. Pokorným byla zavržena možnost provést další vrt k doplnění chybějícího materiálu. Hlavním důvodem byla nedostatečná přesnost, se kterou byla zaznamenána poloha vrtu HP. Získaná data by potom nedostatečně korelovala s již provedenými analýzami.

Kvůli tomuto nestandardnímu materiálu nebylo možno provést podrobnější statistické zhodnocení množství rozsivek v jednotlivých vrstvách sedimentu, mohli jsme zachytit pouze trend četností. Ilustrativní je srovnání vzorků 970 cm a 226 cm HP. První z nich vážil 0,065g, tedy množství, ze kterého je možné udělat vysoký počet preparátů. Množství schránek po důkladném prohlédnutí 10 preparátů z 970 HP je 2, z toho jedna neúplná. Naopak ve vzorku z 226 HP bylo nalezeno 151 kusů schránek a přitom veškerý materiál stěží vystačil na zhotovení 3 preparátů.

### **2.2 Metody**

Při hledání vhodné metody extrakce rozsivek ze Švarcenberských sedimentů musel být brán ohled zejména na malý objem dochovaného materiálu.

K úpravě získaného materiálu bylo použito čištění v 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hlavním výhodou této metody je šetrnost ke schránkám rozsivek, které nejsou po stovkách let strávených v sedimentu vždy ve stavu dovolujícím účinnější zpracování v anorganických kyselinách. V tomto případě byl zvolen postup maximálně zjednodušující jednotlivé kroky a zabraňující tak zbytečným ztrátám již tak malého množství materiálu.

Do sedimentu uloženého v mikrozkuhavce ( $V = 1,5 \text{ cm}^3$ , Eppendorf) se přidalo malé množství 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ , lehce promíchalo a nechalo zreagovat s organickými zbytky. Po doznění oxidace se obsah mikrozkuhavky ještě jednou důkladně promíchal a nechal usazovat. Za několik hodin (2-3), v době kdy už sedimentace bezpečně proběhla i u nejmenších schránek, se plastovým kapátkem opatrně odebrala povrchová vrstva sedimentu (u vzorků s malým množstvím materiálu byl odebrán všechn vyčištěný sediment). Ta byla přenesena na důkladně vyčištěné podložní sklo, kde byla nad plamenem lihového kahanu zbavena zbytku  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Na podložní sklo se poté nanasla kapka Pleuraxu (FOTT, 1954) rozpuštěného v acetonu a vzorek byl přikryt krycím sklem. Takto připravené preparáty se nechaly měsíc zatvrdnout v pokojové teplotě.

Při tvorbě preparátů z borovanské křemeliny prakticky neomezené množství výchozího materiálu dovovalo použít postup popsany Houkem (HOUK, 2003). Vzorek se nejprve zkoncentruje centrifugací v 10 ml zkuhavce. Poté se do zkuhavky přidá 1-3 ml 35%  $\text{H}_2\text{O}_2$  a několik krystalů dichromanu draselného ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Obsah zkuhavky se nejprve zbarví hnědofialově, poté začne vařit díky probíhající exotermní reakci. Po krátkém (5-10 minut) varu se barva obsahu změní na žlutou a oxidace je dokončena. Vyčištěný sediment musí být rychle vyprán destilovanou vodou. To je provedeno v centrifugační zkuhavce. Po odebrání supernatantu je přidána destilovaná voda a celý proces se opakuje ještě nejméně čtyřikrát. Kapka takto připraveného materiálu je umístěna na krycí sklo a vysušena při pokojové teplotě. Krycí sklo je poté namontováno (v našem případě Pleuraxem v acetonu) na důkladně vyčištěné podložní sklo.

Různě velké rozsivkové schránky mají velmi rozdílné sedimentační rychlosti: největší rozsivky se usadí společně s pískovými částicemi, 30-60  $\mu\text{m}$  penátní rozsivka klesá ve vodě rychlostí asi 1 cm za 10 minut a rozsivky menší než 10  $\mu\text{m}$  asi 1 cm za 2 hodiny (HOUK, 2003), proto je jejich úplné oddělení od pískové a jílové frakce tímto způsobem nemožné. Namísto klasického postupu, tj. sedimentace, byla na pokusných vzorcích z jiných lokalit otestována extrakce rozsivek pomocí flotace za použití těžké kapaliny polytungstátu sodného ( $[\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})\text{H}_2\text{O}]$ ). Tato netoxická sloučenina s relativně nízkou viskozitou a vysokou hustotou přináší dobré výsledky v mikropaleontologii při separaci konodontů (KRUKOWSKI, 1988; SAVAGE, 1988), v petrologiii při separaci zrn minerálů (CALLAHAN, 1987), v palynologii (MUNSTERMAN & KERSTHOLD, 1996) a při separaci fytolitů ze sedimentů (MILLER-ROSEN, 1992; 1995). Pro účely separace rozsivek byla použita jednoduchá metoda extrakce opálových fytolitů se sedimentů (MADELLA et al., 1998):



- 1) umístíme 2-4g sedimentu do 100ml kádinky a přidáme 25ml 7% ho roztoku kyseliny chlorovodíkové (HCl)
- 2) vložíme kádinku se vzorkem do pískové lázně o teplotě 40<sup>0</sup> C. Necháme odpařit zhruba na 5ml. Kádinku vyjmeme z lázně a dáme vychladnout
- 3) zbývající kapalinu z kádinky nalijeme do 15ml zkumavky se šroubovým kohoutkem a doplníme do 15ml destilovanou vodou
- 4) jemně zamícháme zkumavku na vortexu, poté centrifugujeme po dobu 3 minut na 1000 otáček za minutu
- 5) po zcentrifugování pečlivě odejmeme supernatant, doplníme destilovanou vodou na 15ml, jemně zamícháme a centrifugujeme 3 minuty na 1000 otáček za minutu (tento krok opakujeme, dokud je supernatant nažloutlý)
- 6) odejmeme supernatant, doplníme na 15ml 5%<sub>m</sub> (váhová procenta) roztokem hexametafosfátu sodného ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) a necháme stát přes noc
- 7) jemně zamícháme a centrifugujeme 3 minuty na 1000 otáček za minutu, odebereme supernatant (tento krok opakujeme dvakrát)
- 8) přidáme 33% (objemová procenta) peroxid vodíku, lehce zamícháme, necháme stát přes noc nebo alespoň 8 hodin při teplotě 30<sup>0</sup>C. Zkumavku neuzavíráme, abychom umožnili únik plynu
- 9) lehce zamícháme a centrifugujeme po dobu 3 minut na 1000 otáček za minutu; odebereme supernatant (tento krok opakujeme dvakrát)
- 10) přidáme 10ml roztoku polytungstátu sodného [Na<sub>6</sub> (H<sub>2</sub>W<sub>12</sub>O<sub>40</sub>)H<sub>2</sub>O] o hustotě 2,35g/ml, jemně zamícháme a necháme centrifugovat po 3 minuty na 1000 otáček za minutu
- 11) plovoucí frakci odebereme Pasteurovou nebo automatickou pipetou a přeneseme do nové zkumavky; jemně zamícháme a centrifugujeme zbývající suspenzi po 3 minuty na 1000 otáček za minutu a znovu ji odebereme
- 12) zkumavku s odebranou kapalinou doplníme destilovanou vodou na 15ml a centrifugujeme po 3 minuty na 1500 otáček za minutu
- 13) vylijeme supernatant a ponecháme pouze zbytek na dně zkumavky
- 14) přidáme metanol, jemně zamícháme a centrifugujeme po 3 minuty na 1500 otáček za minutu; odebereme supernatant (tento krok opakujeme dvakrát)
- 15) vzorek je připraven k použití nebo ke skladování

Vzorky byly pozorovány v optickém mikroskopu Olympus CX 40 s digitální kamerou DP 10. Jako determinační literatura bylo použito (ŘEHÁKOVÁ 1980; KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991). Rody *Coscinodiscus* a *Cyclostephanos* byly sjednoceny do jedné kategorie *Coscinodiscus/Cyclostephanos* sp. z důvodu složité determinace většinou velmi poškozených schránek.

Pro výpočet saprobního indexu celého rozsivkového společenstva v vrstvách 130 – 376 cm HP byly jednotlivým taxonům přiřazeny hodnoty individuálního saprobního indexu a použit vzorec dle (SLÁDEČEK & SLÁDEČKOVÁ, 1996).

$$S = \frac{\sum(h \cdot Si)}{\sum(h)}$$

S - saprobní index celého společenstva Si – individuální saprobní index druhu h – abundance druhu
---

### 3. Výsledky

Na lokalitě bylo nalezeno celkem 95 druhů, poddruhů, forem a variet rozsivek ve 26 rodech – viz Tab. 1

Z hlediska rozsivkové analýzy se dá sediment rozdělit na 3 odlišné na sebe navazující úseky:

1. Vrstvy 990-650 cm HP (tj. časově odpovídající zhruba období pozdní pleniglaciálu a pozdně glaciální interstadiály (POKORNÝ 2000)) jsou typické přítomnostní allochtonních rozsivek. Dominantní jsou zde planktonní centrické rozsivky rodů *Coscinodiscus/Cyclostephanos* sp. a druhu *Thalassiosira* cf. *visurgis*, které jsou netypické pro biotopy sladkovodních jezer. Rody *Coscinodiscus/Cyclostephanos* sp. jsou rody mořské, *Thalassiosira* cf. *visurgis* obvykle obývá ústí řek. Zaznamenány byly lokálně zvýšené četnosti druhů *Mastogloia smithii* var. *lacustris* v 826 cm HP a *Fragilaria pinnata* var. *pinnata* v 800 cm HP. Typičtí zástupci viz Obr. 1: 1-7.
2. Vrstvy 626-400 cm HP (tj. zhruba období mladšího dryasu až preboreálu (POKORNÝ 2000)) neobsahují téměř žádné rozsivky. Zaznamenány byly chlorokokální řasy rodu *Pediastrum*.
3. Vrstvy od 376 do 130 cm HP (tj. přibližně boreál až atlantik). 376-226 cm HP odpovídají období finálního zazemňování tj. cca 8-5 tisíc let BP. Vrstvy 226- 130 cm HP odpovídají již stadiu



oligotrofního rašeliniště tj. cca 5-4 tisíce let BP (POKORNÝ 2000). Obě tyto skupiny vrstev již obsahují autochtonní rozsivky zastoupené převážně bentickými druhy rodů *Fragillaria*, *Gomphonema* a *Navicula* a dále planktonními centrickými druhy *Aulacoseira ambigua* a *A. granulata*. Dominantní druhy těchto vrstev jsou alkalifilní a preferují meso až eutrofní vody. Pro tuto část sedimentu byl z vypočten saprobní index. Jeho hodnoty se pohybují v rozmezí 1,1-1,4 což odpovídá oblasti oligosaprobity (SLÁDEČEK & SLÁDEČKOVÁ, 1996). Typičtí zástupci viz Obr.1: 8-14.

Pro srovnání druhového spektra nepůvodních rozsivek z vrstev 990-650 cm HP byl analyzován vzorek tercierního diatomitu (rozsivkové zeminy) z ložiska v Borovanech ležícího rovněž v třeboňské pánvi. Vzdálenost lokality zaniklého jezera Švarcenberk a borovanského povrchového dolu vzdušnou čarou je cca 24 km. V borovanském diatomitu bylo nalezeno celkem 19 druhů, forem a variet rozsivek v 10 rodech viz. Tab. 2. Typičtí zástupci viz Obr.2: 1-6.

#### 4. Diskuse

V této kapitole jsou diskutovány výsledky rozsivkové analýzy i ve vztahu k provedeným chemickým a pylovým analýzám, zonaci a dataci sedimentu. Pro lepší orientaci jsou přiloženy Obr.3 a Obr.4 převzaté z (POKORNÝ, 2000)

##### 4.1 Úsek nepůvodních rozsivek

V oblasti 900-726 cm HP byly mj. nalezeny početní zástupci velkých centrických rodů. Rody *Coscinodiscus/Cyclostephanos* sp. jsou mořské. *Thalassiosira* cf. *visurgis* je sladkovodní až brakický druh typický pro ústí řek. K pochopení přítomnosti těchto rodů v sedimentech oligotrofního jezera nám pomůže náhled do historie třeboňské pánve. Po dlouhém období denudace, spojené s vystupováním Českého masívu, došlo v oligocénu (37,5-22,5 mil.let BP) k novému snížení jižní části masívu, a tím v jižních Čechách k rozsáhlé mělkovodní jezerně-říční sedimentaci. Miocénní (22,5-5 mil.l BP) sedimentace se vyznačuje občasným spojením s mořem alpsko-karpatské čelní hlubiny. Krátké opakující se ingrese do oblastí jihočeských pánví potvrzuje rozsivková flora i petrografická povaha uloženin (NESROVNAL et al., 1991). Původ těchto rozsivek proto může být přímo vázán na podloží jezera. Z něho mohli být rozsivky vynášeny působením artézských pramenů a ukládány společně s nově vznikajícím sedimentem.

Této teorii ale odporuje velmi snížená četnost těchto rodů ve dvou nejstarších vzorcích (970 a 990 cm HP) a v následujícím úseku hiátu (626-400 cm HP), protože i v těchto obdobích byly zdrojem vody Švarcenberku artézské prameny (POKORNÝ, 2000). Druhým možným vysvětlením je navátí nepůvodních rozsivek do jezera společně s erodovanou půdou z více či méně vzdáleného okolí. Tento jev již byl v minulosti popsán (NGUETSOP, 1997). Možnost přenosu větrem je pravděpodobnější i vzhledem k záznamu přítomnosti velkého množství třetihorních pylů v jezerních sedimentech ze stejného období (POKORNÝ, 2000). Při analýze nejbližšího ložiska křemeliny v Borovanech bylo nalezeno 19 druhů rozsivek. Pouze 7 druhů je ale totožných s druhy v inkriminovaných vrstvách sedimentu jezera Švarcenberk. Navíc relativní zastoupení borovanských druhů neodpovídá relativnímu zastoupení v diskutovaných vrstvách jezera Švarcenberk. V borovanské křemelině výrazně dominuje rod *Aulacoseira*, zatímco v sedimentech Švarcenberka velké centrické rody *Coscinodiscus/Cyclostephanos* sp. a *Thalassiosira*.

Domnívám proto, že borovanské ložisko navzdory blízké poloze není zdrojem nepůvodních rozsivek v tomto úseku sedimentu a rozsivky byly pravděpodobně naváty do jezera společně s tercierními pyly z jiného zdroje. Borovanské ložisko leží téměř přesně na jih od zkoumané lokality. Pokud stejně jako dnes převažoval v pozdním pleniglaciálu a pozdně glaciální interstadiále západní směr větrů, bude třeba zdroj těchto rozsivek hledat více na západ, přičemž vzdálenost není evidentně rozhodující proměnnou (NGUETSOP 1997). Druhy *Aulacoseira ambigua* a *Aulacoseira granulata* byly nalezeny ve vrstvách s vysokým obsahem původních (376-130 cm HP) i ve vrstvách s vysokým obsahem nepůvodních (990-650 cm HP) rozsivek. Přítomnost těchto druhů v sedimentu společně s původními druhy a ve vrstvách 376-130 cm HP a nepřítomnost v úseku hiátu (626-400 cm HP) ukazuje na jejich původnost v těchto vrstvách. V případě vrstev 900- 650 cm HP mohly být oba druhy původní. Vyloučeno však není ani jejich zanesení do jezera společně s třetihorními rozsivkami. Právě kvůli nejasnému původu rozsivek z těchto vrstev bylo upuštěno od výpočtu saprobního indexu pro tento úsek sedimentu.

#### 4.2 Úsek nízkých četností rozsivek

Kvantitativní výpočty absolutní četnosti není možno v této studii kvůli nestandardním vzorkům (viz dříve) používat pro komplikovanější statistické zhodnocení. Na první pohled je ale velice

nápadný pokles rozsivkových schránek ve vrstvách 400- 626 HP. Zatímco počet nalezených rozsivek ve většině ostatních vrstev překračoval nejméně 100 ks, pro tuto oblast bylo zaznamenáno obvykle 3-9, maximálně však 17 kusů na vrstvu.

Snížení počtu schránek může mít několik příčin:

1. Chemická likvidace schránek: Jejich eventuelní chemické rozpouštění je závislé především na hodnotách pH, alkalitě a tvrdosti vody (BRUGAM, 1983). Jezero Švarcenberk sice prošlo v oblasti přechodu z úseku třetihorních rozsivek do úseku hiátu (kolem 750 HP) snížením pH cca o 1 stupeň a změnou obsahu K a Ca (POKORNÝ, 2000). Přibližně stejné hodnoty těchto veličin byly ale naměřeny i v úseku původních rozsivek (376-130 HP), ze kterého pochází největší množství schránek.

2. Konec impaktu nepůvodních rozsivek a kvůli velké hloubce jezera dosud nevyvinuté společenstvo původních bentických a epifytických druhů. To ale nevysvětluje nízký počet jedinců planktonních druhů (např. *Aulacoseira ambigua*, *Tabellaria flocculosa*) nalezených v tomto úseku sedimentu.

3. Snížení abundance rozsivek v důsledku kompetičního tlaku ostatních složek vodního ekosystému. Oblast hiátu odpovídá období vysoké produktivity jezera. V této oblasti je zaznamenán vyšší obsah fosforu (POKORNÝ, 2000) než v následujícím úseku původních rozsivek. V eutrofnějších podmínkách mohou být rozsivky vytlačeny zelenými řasami a zejména sinicemi (WETZEL, 1975). Analýza fosilních pigmentů, která by podala potřebné informace o přítomnosti sinic a řas provedena nebyla, přesto se toto vysvětlení jeví jako nejpravděpodobnější, protože v této oblasti byly zaznamenány velmi početné chlorokokální řasy rodu *Pediastrum*.

#### 4.3 Úsek původních rozsivek

Průběh saprobního indexu byl vypočten pouze pro poslední úsek (376-130 cm HP), protože v prvním nelze s jistotou oddělit allochtonní a autochtonní druhy a ve druhém nebyl nalezen dostatečný počet schránek. V tomto úseku se saprobní index pohybuje v rozmezí 1,1 - 1,4, viz Graf č.2, což odpovídá oblasti oligosaprobity (SLÁDEČEK & SLÁDEČKOVÁ, 1996). Poslední hodnota saprobního indexu spočítaná pro 130 cm HP je nejvyšší a mírně vybočuje z řady předcházejících hodnot. Nárůst je způsoben faktem, že tato poslední vrstva již je považována

za rybníční sediment nebo s ním minimálně byla v přímém kontaktu (POKORNÝ, 2000). To mohlo vést ke kontaminaci této vrstvy rybníčními rozsivkami. Nasvědčuje tomu i výrazně zvýšená abundance planktonického eutrofního druhu *Aulacoseira granulata* v této vrstvě.

Úsek původních rozsivek dobře odpovídá zónám S6 a S7 (POKORNÝ, 2000). Zóna S6 (cca 360cm-250cm HP) je zde označována za stadium eutrofní rákosové bažiny. Druhy rozsivek dominujících v úseku odpovídajícímu této zóně jsou považovány za alkilifilní, eutrafenické (VAN DAM et al, 1994). Mladší zóna S7 (cca 250-130 cm HP) již odpovídá stádiu oligotrofního kyselého rašeliniště (POKORNÝ, 2000). Druhové složení rozsivek v úseku odpovídajícímu této zóně se však prakticky nemění od předchozího úseku. Nebyly nalezeny typické rašelinné druhy rozsivek. Vzhledem k předpokládané izolaci rašeliniště od artézských pramenů (POKORNÝ, 2000) je nepravděpodobné, že se tyto schránky rozsivek dostaly do sedimentu ze spodních vrstev. Možné vysvětlení je tedy impakt schránek průsakem vody ze subrecentního rybníčního sedimentu nebo jejich přežívání v pro ně netypickém prostředí oligotrofního rašeliniště.

#### **4.4 *Mastogloia smithii* var. *lacustris* a *Fragilaria pinnata* var. *pinata***

Pozoruhodným jevem je masový výskyt druhu *Mastogloia smithii* var. *lacustris* v 826 HP, který se v dalších vrstvách již prakticky vůbec neobjevuje (u 676 H.P. se našli ještě 3 kusy). Existují dvě možnosti interpretace této skutečnosti. Druh mohl být nepůvodní. Tuto teorii podporuje přítomnost jiných, nepůvodních druhů v 826 cm HP a skutečnost, že *M. smithii* var. *lacustris* je považována za brakicko-sladkovodní druh (VAN DAM ET AL., 1994). Je ale krajně nepravděpodobné, že by se v tak hojném počtu objevil pouze v 826 HP a v následujících obdobích jeho distribuce do jezera ustala, zatímco ostatní třetíhorní nejezerní rody byly nadále ukládány do sedimentu. V následující vrstvě 800 cm HP je pro změnu nejpočetnějším druhem *Fragilaria pinnata* var. *pinata*, který se objevuje v okolních vrstvách v mnohem menších koncentracích. Vysvětlení tohoto jevu je zatím nejasné.

#### **4.5 Flotace**

Za účelem oddělování rozsivkových schránek od zbytku sedimentu byla otestována flotace za použití netoxické těžké kapaliny (MADELLA, POWERS-JONES & JONES, 1998). Opálové

extrakce aplikované na rozsivky vyčistila vzorek tak, že obsahoval pouze rozsivky, fytolity a relativně malé množství jiných částic sedimentu. Množství materiálu ze Švarcenberka, který byl k dispozici, bylo ale pro tuto metodu příliš malé. Nejmenší původní hmotnost sedimentu zpracovávaného touto metodou je totiž 2g. Nejobjemnější vzorky ze Švarcenberka ale nedosahovali ani desetinové hmotnosti. Jako jediná možná se tedy nakonec ukázala klasická sedimentační frakcionace.

Budoucnost této metody spočívá především v zavedení standardních podmínek při extrakci rozsivek ze stanoveného objemu materiálu a tím možnost aplikace kvantitativních metod. Tato otestovaná metoda bude užita při zpracování sedimentů z nově objeveného zaniklého jezera v lokalitě Velanská cesta.

## 5. Závěr

Ve 28 dochovaných vrstvách sedimentu bylo nalezeno celkem 26 rodů rozsivek čítajících 95 druhů, poddruhů, forem a variet. Sediment byl na základě analýzy rozsivkové flóry rozdělen na 3 odlišné na sebe navazující úseky. První (990-650 cm HP) odpovídá období pozdního pleniglaciálu a pozdně glaciální interstadiály. Je typický přítomností nepůvodních rozsivek zanesených do jezera pravděpodobně větrem společně s tercierními pyly. Druhý úsek (626-400 cm HP), je datován do období ranného holocénu. V něm počet nalezených schránek nepřesahuje 20 ks na vrstvu. Tento fakt je pravděpodobně způsoben kompetičním tlakem zelených řas a sinic v období vysoké produkce jezera. Třetí úsek (376-130 cm HP) je typický nálezem původních jezerních druhů a spadá do období boreálu a atlantiku. V této fázi probíhalo finální zazemňování jezera. Vypočtený saprobní index se pohybuje v oblasti oligosaprobity, dominantní druhy jsou alkalifilní, meso až eutrafenické. Jejich přítomnost koreluje s fází eutrofní rákosové bažiny popsané pro toto období (POKORNÝ, 2000) a neodpovídá následujícímu stádiu oligotrofního rašeliniště.

Kromě obvyklé sedimentační metody separace rozsivkových schránek od substrátu byla vyzkoušena i flotační metoda. Pro zkoumané vzorky z jezera Švarcenberk se nehodila kvůli malému objemu dochovaných vzorků, ale ukazuje se jako slibná metoda pro následující výzkumy.

## 6. Seznam literatury

- ALCANTRA I. I. (1997): Neogene diatoms of Cuitzeo lake, central sector of the trans-mexican volcanic belt and their relationship with the volcano-tectonic evolution. *Quaternary international*, 43/44: 137-143.
- ANDERSON N. J., RIPPEY B. & GIBBSON C. E. (1993): A comparison of sedimentary and diatom-inferred phosphorus profiles: implications for defining pre disturbance nutrient conditions. *Hydrobiologia*, 253: 357-366.
- ARIZTEGUI D., CHONDROGIANNI C., LAMI A., GUILIZZONI P. & LAFARGUE E. (2001): Lacustrine organic matter and the Holocene paleoenvironmental record of Lake Albano (central Italy). *Journal of Paleolimnology*, 26: 283-292.
- ARNAULD CH., METCALFE S. E. & PETREQUIN P. (1997): Holocene climatic change in the Zacapu lake basin, Michoacán: Synthesis of results. *Quaternary International*, 43/44: 173-179.
- BAIER J., LÜCKE A., NEGENDANK J. F. V., SCHLESER G.-H. & ZOLITSCHKA B. (2004): Diatom and geochemical evidence of mid- to late Holocene climatic changes at Lake Holzmaar, West-Eifel (Germany). *Quaternary International*, 113: 81-96.
- BENNET J. R., CUMMING B. F., LEAVITT P. R., CHIU M., SMOL J. P., & SZEICZ J. (2001): Diatom, pollen, and geochemical evidence of Postglacial climatic change at Big Lake, South-Central British Columbia. *Quaternary Research*, 55: 332-343.
- BENNION H., JUGGINS S. & ANDERSON N. J (1996): Predicting epilimnetic phosphorus concentrations using an improved diatom-based transfer functions and its application to lake eutrophication management. *Environmental Science & Technology*, 30: 2004-2007.
- BIRKS H. J. B., LINE J.M., JUGGINS S., STEVENSON A. C. & TER BRAAK C. F. J. (1990): Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B 327: 263-278.
- BROWN K. M., DOUGLAS M. S. U & SMOLL J. P. (1994): Siliceous microfossils in a Holocene high arctic peat deposit (Nordvestö, northwestern Greenland). *Canadian Journal of Botany*, 72: 208-216.



- BRUGAM R. B. (1983): The relationship between fossil diatom assemblages and limnological conditions. *Hydrobiologia*, 98: 223-225
- CALLAHAN J. (1987): A non-toxic heavy liquid and inexpensive filters for separations of mineral grains. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57: 765-766.
- CAMERON N. G., BIRKS H. J. B., JONES V. J., BERGE F., CATALAN J., FLOWER R. J., GARCIA J., KAWECKA B., KOINIG A., MARCHETTO A., SÁNCHEZ-CASTILLO P., SCHMIDT R., ŠIŠKO M., SOLOVIEVA N., ŠTEFKOVÁ E. & TORO M. (1999): Surface sediment and epilithic diatom pH calibration sets for remote European mountain lakes (AL:PE Project) and their comparison with the Surface Water Acidification Programme (SWAP) calibration set. *Journal of Paleolimnology*, 22: 291-317
- CUMMING B. F., WILSON S. E., HALL R. I. & SMOLL J. P. (1995): Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients and other limnological variables. *Bibliotheca Diatomologica*, 31. J. Cramer, Stuttgart. 207 pp.
- FLOWER R. J., JONES V. J. & ROUND F. E. (1996): The distribution and classification of the problematic *Fragilaria (virescens v.) exigua* Grun./*Fragilaria exiguiformis* (Grun.) Lange-Bertalot: a new species or new genus? *Diatom Research*, 11:41-57.
- FOTT B. (1954): Pleurax, synthetická pryskyřice pro preparaci rozsivek. *Preslia* (Praha), 26: 163-194.
- FRITZ S. C., JUGGINS S., BATTARBEE R. W. & ENGSTROM D. R. (1991): Reconstruction of past changes in salinity and climate using a diatom-based transfer function. *Nature*, 352: 706-708.
- GASSE F., BARKER P., GELL A. P., FRITZ S. C. & CHALIÉ F. (1997): Diatom-inferred salinity from palaeolakes: an indirect tracer of climate change. *Quaternary Science Reviews*, 16: 547-563.
- GRÜGER E. & THULIN B. (1998): First result of biostratigraphical investigation of Lago D'Averno near Naples relating to the period 800 BC - 800 AD. *Quaternary International*, 47/48: 35-40.
- GUILIZZONI P., LAMI A., MARCHETTO A., JONES V., MANCA M. & BETTINETTI R. (2002): Palaeoproductivity and environmental changes during Holocene in central Italy as recorded in two crater lakes (Albano and Nemi). *Quaternary International*, 88: 57-68.
- HECKY R. E. & KLING H. J. (1987): Phytoplankton ecology of the great lakes of the rift valleys of Central Africa. *Archiv für Hydrobiologie*, 25: 197-228.
- HUSÁK Š. & HEJNÝ S. (1978): General characteristics of the Třeboň Basin and Lednice region. In: DYJKOVÁ D. & KVĚT J. (eds), *Pond litoral ecosystems. Ecological Studies*, 28. pp 13-95.

- HOUK V. (2003): Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions-Part 1 Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. *Czech Phycology supplement*, 1. pp. 1-27.
- KORSMAN T. & BIRKS H. J. B. (1996): Diatom based reconstruction from northern Sweden: a comparison of reconstruction techniques. *Journal of Paleolimnology*, 15: 65-77.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1986): *Bacillariophyceae (Naviculaceae)*. In: Ettl H., Gerloff J., Heinig H. & Mollehnauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa, (2 (1)), Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 876 pp.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1988): *Bacillariophyceae (Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surireallaceae)*. In: Ettl H., Gerloff J., Heinig H. & Mollehnauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa, (2 (2)), Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 596 pp..
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1991a): *Bacillariophyceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae)*. In: Ettl H., Gerloff J., Heinig H. & Mollehnauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa, (2 (3)), Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 576 pp.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1991b): *Bacillariophyceae (Achnanteaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolateae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis)*. In: Ettl H., Gerloff J., Heinig H. & Mollehnauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa, (2 (4)), Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 437 pp.
- KRUKOWSKI S. T. (1988): Sodium metatungstate: a new heavy mineral separation medium for the extraction of conodonts from insoluble residues. *Journal of Palaeontology*, 62: 314-316.
- LARSEN J. (2000): Recent changes in diatom inferred pH, heavy metals and spheroidal carbonaceous particles in lake sediments near an oil refinery at Mongstad, western Norway. *Journal of Paleolimnology*, 23: 343-363.
- LEIRA M. & SANTOS L. (2002): An early Holocene short climatic event in the northwest Iberian Peninsula inferred from pollen and diatoms. *Quaternary international*, 93/94: 3-12.
- LOTTER A. F., BIRKS B. J. H., HOFMANN W. & MARCHETTO A. (1998): Modern diatom, cladocera, chironomid and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. II. Nutrients. *Journal of Paleolimnology*, 19: 443-463.



- MADDELLA M., POWERS-JONES A. H. & JONES M. K. (1998): A simple method of extraction of opal phytoliths from sediments using a non-toxic heavy liquid. *Journal of Archeological sciences*, 25: 801-803.
- MARRCHETTO A. & SCHMIDT R. (1993): A regional calibration data set to infer lake water pH from sediment diatom assemblages in alpine lakes. *Memorie dell'Istituto Italiano Idrobiologia*, 51:115-125.
- MARCHETTO A., LAMI A., MUSAZZI S., MASSAFERRO J., LANGONE L. & GUILIZZONI P. (2004): Lake Maggiore (N. Italy) trophic history: fossil diatom, plant pigments, and chironomids, and comparison with long-term limnological data. *Quaternary international*, 113: 97-110
- MILLER-ROSEN A. (1992): Preliminary identification of silica skeleton from Near Eastern archeological sites: an anatomical approach. In: G. RAPP JR. & S. C. MULHOLLAND (eds), *Phytolith systematics. Emerging Issues*. Plenum Press, New York, pp. 129-147.
- MILLER-ROSSEN A. (1995): Phytolith evidence for Mousterian and Epipalaeolithic plant exploitation at Hayonim Cave, Israel. Paper presented at 60th Annual Meeting of Society of American Archeology. Minneapolis, Minnesota
- MUNSTERMAN D. & KERSTHOLD S. (1996). Sodium polytungstate, a new non-toxic alternative to bromoform in heavy liquid separation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91: 417-422.
- NESROVNA I., MANNOVÁ D., LAŇAR M., FORST J., VACH J., FORSTOVÁ J., ŠTROUF R., ZIMA K. & KEBRT N. (1991): Závěrečná zpráva úkolu Ledenice-Borovany. Manuscript GMS a.s. Praha. 83 pp.
- NGUETSOP V. F. (1997): Evolution des environnements de l'Ouest Cameroun depuis 6000 ans d'après l'étude des diatomées actuelles et fossiles dans le lac Ossa. Implications paléoclimatiques. Ph.D. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 228 pp.
- NGUETSOP F. N., SERVANT-VILDARY S. & SERVANT M. (2004): Late Holocene climatic changes in west Africa, a high resolution diatom record from equatorial Cameroon. *Quaternary Science Reviews*, 23: 591-609.
- PATRICK R. & REIMER C. W. (1975, 1966): The Diatoms of the United States. Academy of Natural Sciences, Philadelphia.
- PIENITZ R., SMOL J. P. & BIRKS H. J. B. (1995): Assessment of freshwater diatoms as quantitative indicators of past climatic change in the Yukon and Northwest Territories, Canada. *Journal of Paleolimnology*, 13: 21-49.

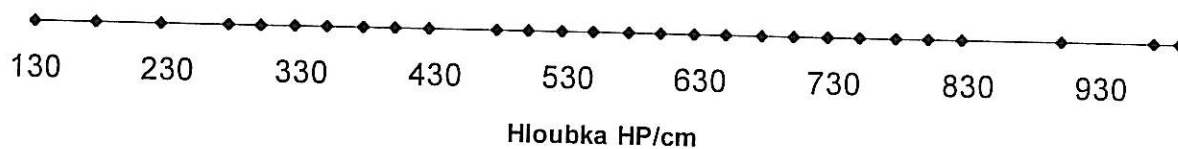
- POKORNÝ P. (2000): Paleoekologie bývalého jezera Švarcenberk a vývoj okolní krajiny v pozdním glaciálu a holocénu. Doktorská disertační práce. 108 pp.
- ŘEHÁKOVÁ, Z. (1980): Süßwasserdiatomeenflora des oberen Miozäns in der Tschechoslowakai. *Paleontologie, Sborník geologických věd*, 23: 83-182.
- SAVAGE N. M. (1988): The use of sodium polytungstate for conodont separations. *Journal of Micropalaeontology*, 7: 39-40.
- SCHÖNFELDER I., GELBRECHT J., SCHÖNFELDER J. & STEINBERG C.E.W. (2002): Relationships between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology*, 38: 66-82.
- SLÁDEČEK V. & SLÁDEČKOVÁ A. (1996): Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod. ČVVS Praha. 351 pp.
- SMOLL J. P., BROWN S. R. & MCINTOSH H. J. (1984): A hypothetical relationship between differential algal sedimentation and diatom succession. *Verh. Internationale Vereinigung Limnologie*, 22: 1361-1365.
- STAGER J. C., CUMMING B. & MEEKER L. (1997): A high resolution 11 400-yr diatom record from Lake Victoria, South Africa. *Quaternary Research*, 47: 81-89.
- STAGER J. C., CUMMING B. F. & MEEKER L. D. (2003): A 10 000-year high-resolution diatom record from Pilkington Bay, Lake Victoria, East Africa. *Quaternary Research*, 59: 172-181.
- TALLING J. F. (1966): The annual cycle of stratification and phytoplankton growth in Lake Victoria (East Africa). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 51: 545-621.
- TIBBY J. (2004): Development of diatom-based model for inferring total phosphorus in southeastern Australian water storages. *Journal of Paleolimnology*, 31 (1): 23-36.
- VALERO-GARCÉS B. L., LAIRD K. R., FRITZ S. C., KELTS K., ITO E. & GRIMM E. C. (1997): Holocene climate in the Northern Great Plains inferred from sediment stratigraphy, stable isotopes, carbonate geochemistry, diatoms and pollen at Moon Lake, North Dakota. *Quaternary Research*, 48: 359-369.
- VAN DAM H., MARTENS A. & SINKELDAM J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117-133.
- WETZL R. G. (1975): Limnology. Saunders Co., Philadelphia, USA. 743 pp.

- WILSON S., CUMMING B. & SMOL J. P. (1996): Assessing the reliability of salinity inference models from diatom assemblages: an examination of a 219 lake dataset from western North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 1580-1594.
- WILSON S. E., SMOL J. P. & SAUCHYN D. J. (1997): A Holocenepalaeosalinity diatom record from southwestern Saskatchewan, Canada: Harris lake revisited. *Journal of Paleolimnology*, 17: 23-31.
- WUNSAM S. & SCHMIDT R. (1995): A diatom-phosphorus transfer function for Alpine and pre-alpine lakes. *Memorie dell'Istituto Italiano Idrobiologia*, 53: 85-99.
- WUNSAM S., SCHMIDT R. & KLEE R. (1995): Cyclotella-taxa (Bacillariophyceae) in lakes of alpine region and their relationship to environmental variables. *Aquatic Sciences*, 57 (4): 360-386.

# **Přílohy**

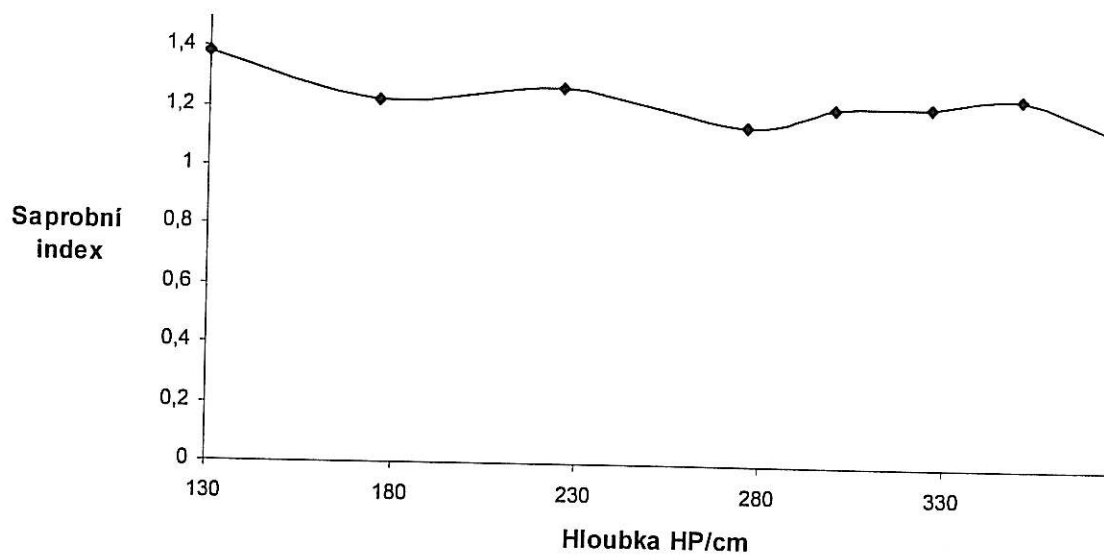
### Graf č.1

Bod na ose označuje dochovaný vzorek, první vzorek je ze 130 cm HP, poslední z 990 cm HP



### Graf č.2

Průběh saprobního indexu ve vrstvách 376-130 cm HP









vrstva hlavního profilu (HP) v cm	130	176	226	276	300	326	350	376	400	426	476	500	526	550	576	600	626	650	676	700	726	750	776	800	826	900	970	990
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith 1856	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia cf. dactylus</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia cf. nodosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia cf. subcapitata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia cf. vinctis</i>	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitsch) Ehrenberg 1843	2	1	2	5	1	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützinger 1844	10	4	5	23	15	2	2	13	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnantes</i> sp.	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4	0	1	0
<i>Amphora</i> sp.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> sp.	21	6	2	0	24	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	7	0	0	5	0	0	0	0	4	30	0
<i>Centrales</i> sp.	0	0	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	36	0	17	24	0	4	0
<i>Coconeis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> sp.	0	1	1	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	4	7	3	4	17	0	7	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Fragilaria</i> sp.	102	52	21	42	154	133	10	20	0	2	0	2	0	2	0	2	0	12	0	0	0	0	0	0	13	72	11	9
<i>Gomphonema</i> sp.	5	1	0	2	1	3	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hantzschia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirela</i> sp.	1	4	1	2	8	3	0	3	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	8	0	4	0	7	1	0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3	0
<i>Naviculaceae</i> sp.	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0
<i>Nitschia</i> sp.	11	2	4	10	6	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0
<i>Pinnularia</i> sp.	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria</i> sp.	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Součet nalezených schránek	474	195	151	405	594	482	132	129	0	3	13	17	4	2	6	9	8	100	11	3	183	2	132	432	334	302	2	2
Součet rozsvívek určených do úrovně druhu nebo cf.	324	118	107	344	368	332	102	96	0	3	7	9	0	1	5	3	2	62	7	1	96	2	92	316	291	249	1	2

Rozsvívky jsou rozděleny do 3 skupin, v nich jsou řazeny abecedně:

- sk.1-centrické rozsvívky určené do úrovně druhu nebo cf.
- sk.2-penální rozsvívky určené do úrovně druhu nebo cf.
- sk.3-rozsvívky určené do úrovně řádu, čeledi nebo rodu

pozn.-čísla označují počet kusů schránek

Vrstvy jsou rozděleny do 3 skupin na základě rozsvívkové analýzy:

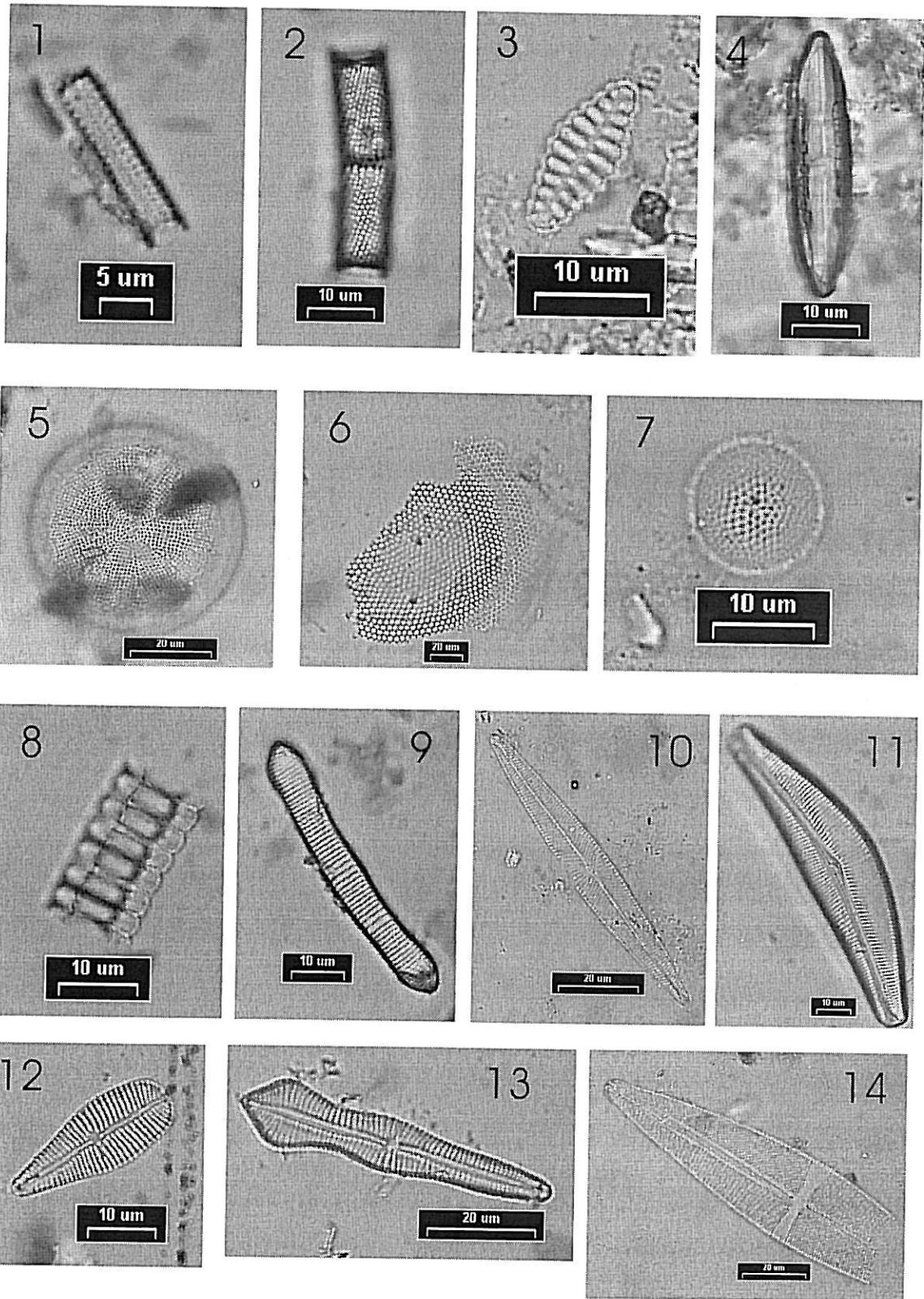
	úsek původních rozsvívek
	úsek malého počtu rozsvívek
	úsek nepůvodních rozsvívek



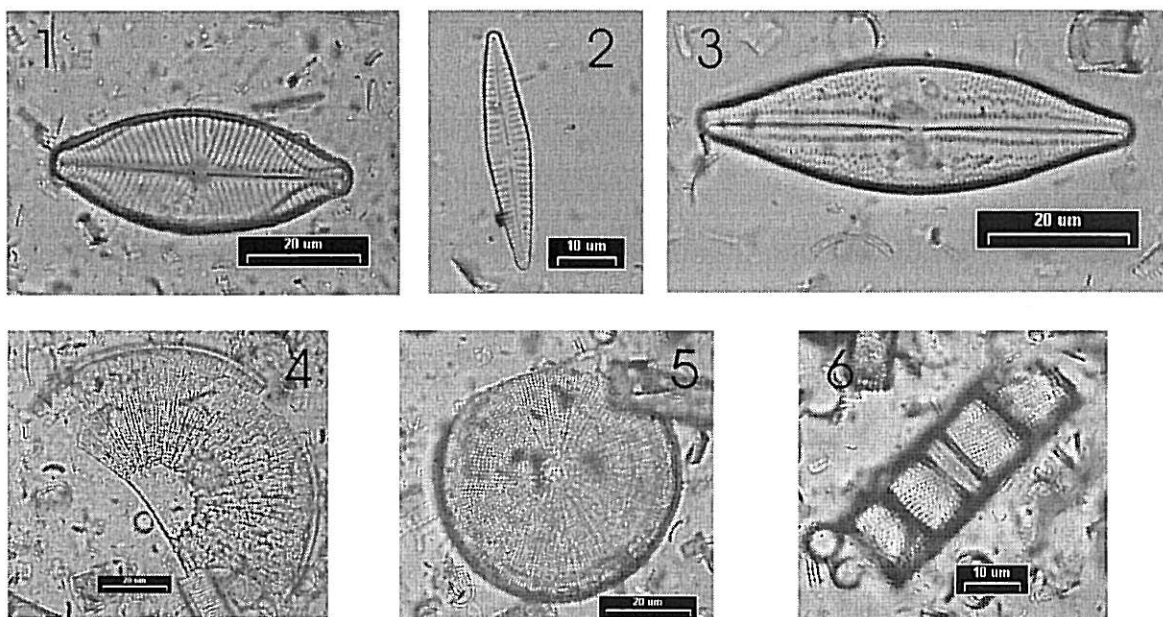
**Tab.2-Rozsivky nalezené v borovanské křemelině**

<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> f. <i>sculpta</i> (Ehrenberg) Krammer 1985
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen 1979
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979
<i>Caloneis westii</i> (W. Smith) Hendey 1964
<i>Coscinodiscus</i> sp.
<i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>cymbiformis</i> Agardth 1830
<i>Cymbella sturi</i> Grunow 1882
<i>Eunotia</i> cf. <i>bilunaris</i>
<i>Eunotia</i> cf. <i>implicata</i>
<i>Fragilaria construens</i> f. <i>construens</i> (Ehrenberg) Hustedt 1957
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1864
<i>Gomphonema</i> cf. <i>parvulum</i>
<i>Hyalodiscus striolatus</i> Řeháková 1980
<i>Navicula placentula</i> (Ehrenberg) Kützing 1844
<i>Navicula pupula</i> var. <i>pupula</i> Kützing 1844
<i>Navicula radiosa</i> Kützing 1844
<i>Pinnularia esox</i> Ehrenberg 1843
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith 1853
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitsch) Ehrenberg 1843

Obr. 1



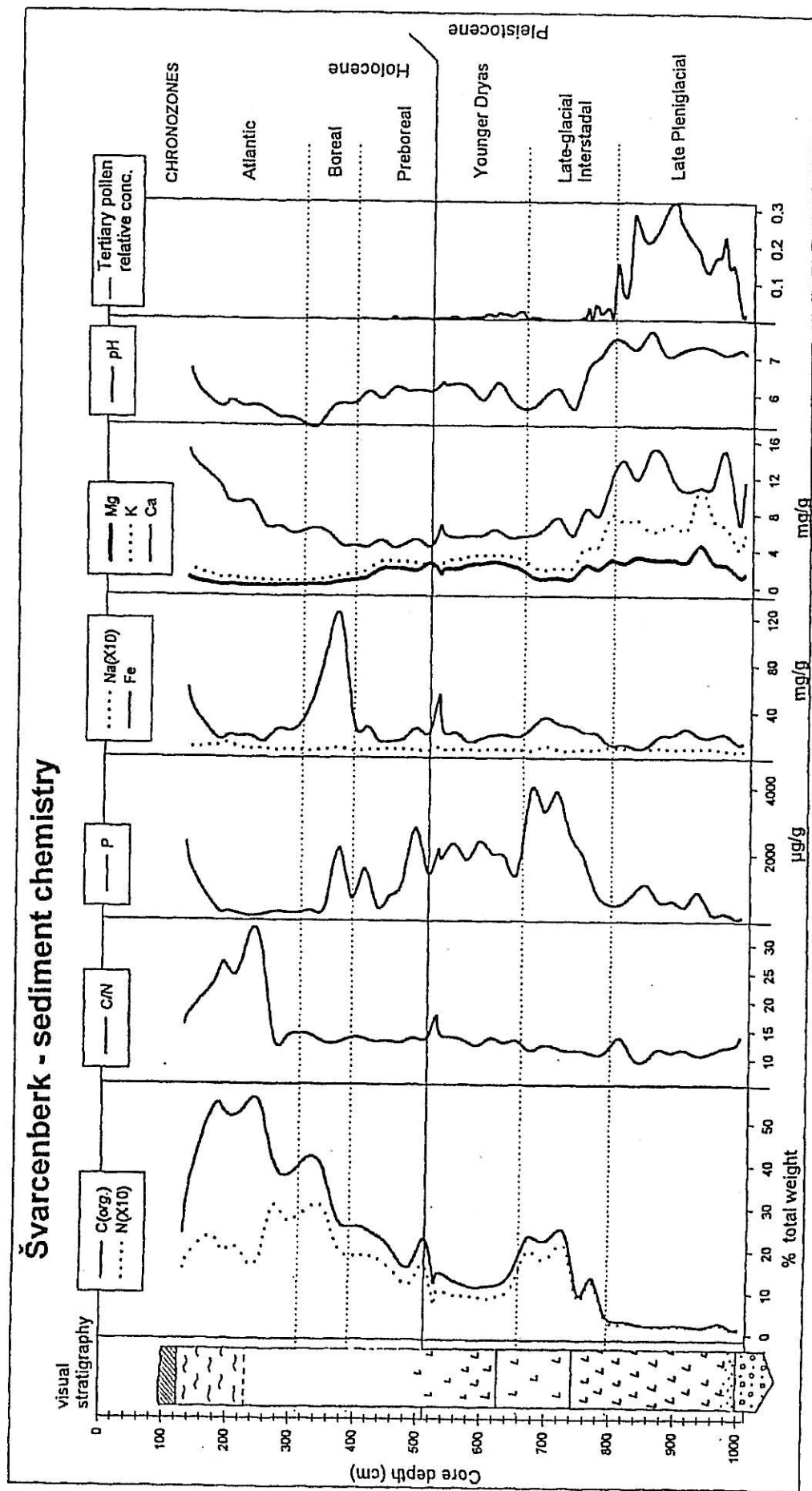
Obr.2



Obr.1: 1-7: Zástupci rozsivek z 900-650 cm HP Švarcenberka (1-*Aulacoseira granulata*; 2-*Aulacoseira ambigua*; 3-*Fragilaria pinnata* var. *pinnata*; 4- *Mastogloia smithii* var. *lacustris*; 5-*Coscinodiscus* sp.; 6-*Cyclostephanos* sp.; 7-*Thalassiosira* cf. *visurgis*)  
8-14: Zástupci rozsivek z 376-130 cm HP Švarcenberka (8-*Fragilaria construens* f. *construens*; 9-*Eunotia formica*; 10-*Navicula radiosa*; 11-*Cymbella aspera*; 12-*Gomphonema truncatum*; 13-*Gomphonema acuminatum*; 14-*Stauroneis phoenicenteron*)

Obr.2: 1-6: Zástupci tercierných rozsivek z borovanského diatomitu (1-*Navicula placentula*; 2-*Gomphonema angustatum*; 3-*Anomooneis sphaerophora*; 4-*Hyalodiscus striolatus*; 5-*Coscinodiscus* sp.; 6-*Aulacoseira ambigua*)

**Obr.3** – Složení sedimentu hlavního profilu (HP) korelované s hlavními obdobími pleistocénu a holocénu -převzato z (POKORNÝ, 2000)



Obr.4- Složení sedimentu hlavního profilu (HP) korelované s pylovou zonací- převzato z (POKORNÝ, 2000)

