

Biologická fakulta Jihočeské univerzity  
České Budějovice  
Katedra botaniky



Magisterská diplomová práce

# **Rozsivková analýza sedimentů zaniklého jezera Velanská cesta**

Tomáš Bešta  
2007

vedoucí práce: RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.  
konzultant: RNDr. Václav Houk

BEŠTA T.(2007): Rozsivková analýza sedimentů zaniklého jezera Velanská cesta  
[The diatom analysys of sediments from the former Lake Velanská cesta (Czech Republic)  
Mgr. Thesis, in Czech]. – 52pp., Faculty of Biological Sciences, The University of South  
Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

**Anotace:**

As a part of multiproxy study from the former Lake Velanská cesta, a diatom analysys of the main-core sediments was accomplished. Index of trophic state and salinty were calculated for the major part of the profile. TP, pH and TOC were derived for analogous sections of the main-core using diatom based transfer functions. Comparison of diatom and macroremains analyses from the site was performed and developement of the lake during Late Pleistocene and Preboreal was outlined.

Tato práce byla provedena v rámci grantu : GAAV B32-614 14 05

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 4.1. 2007

.....

Tomáš Bešta

## **Poděkování:**

Děkuji všem, zejména však některým. Veliké děkuji patří především školiteli Janu Kaštovskému za školení, konzultantu Vašku Houkovi za konzultace, rodičům a státnímu podniku Povodí Vltavy za zázemí (materiální i sociální). Další neméně velké díky náleží Kačce a Honzovi Novákovým za komplexní výpomoc a především za to, že mě poprvé a naposled vzali do terénu. Za cenné rady a nezištně poskytnuté informace děkuji Jitce Šafránkové, RNDr. Petru Marvanovi, CSc., RNDr. Petru Pokornému, Ph.D, PhDr. Jaromíru Benešovi, Ph.D., RNDr. Petru Šmilauerovi, Ph.D., RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc., Ing. Jiřímu Kopáčkovi, Ph.D. a Pavlu Hrouzkovi. Na místě posledním v pořadí, nikoliv však významem děkuji osazenstvu algologické i archeobotanické laborky za strpení. Pokud jsem snad na někoho zapomněl (a to se klidně mohlo stát), tak ho tímto odkazuji na první dvě slova v Poděkování.

# Obsah

1. Úvod.....	1
1.1 Rozsivky v paleolimnologii .....	1
1.2 Vybrané publikace z různých světových regionů .....	1
1.2.1 Střední Evropa.....	1
1.2.2 Arktické a alpské regiony.....	2
1.2.3 Boreální lesy.....	4
1.2.4 Italská jezera.....	4
1.2.5 Asie.....	4
1.2.6 Afrika .....	5
1.2.7 Jižní Amerika .....	5
1.2.8 Dopady průmyslové výroby na jezerní ekosystém .....	5
1.2.9 Netradiční studie .....	6
1.3 Charakteristika lokality .....	6
1.4 Cíle práce.....	7
2. Metodika.....	8
2.1 Odběr profilu .....	8
2.2 Stratigrafie sedimentu .....	8
2.3 Datace sedimentu .....	8
2.4 Rozsivková analýza.....	9
2.4.1 Rozsah analýzy.....	9
2.4.2 Příprava trvalých preparátů k determinaci .....	9
2.4.3 Determinační literatura.....	10
2.4.4 Počítání a determinace valv.....	10
2.5 Klastrová analýza a rozdělení do DAZ .....	11
2.6 Rekonstrukce trofie, salinity a pH klasickým způsobem .....	11
2.6.1 Trofie.....	11
2.6.2 Salinita.....	12
2.6.3 pH.....	13
2.6.4 Plankton versus bentos .....	13
2.6.5 Rozdělení podle teplotních optim .....	13
2.7 Rekonstrukce pH, TP a TOC pomocí transferových fcí .....	13
2.7.1 Transferové funkce.....	14
2.7.2 EDDi.....	14
2.7.3 Harmonizace taxonomie.....	14
2.7.4 Rekonstrukce.....	15
3. Výsledky.....	17
3.1 Datace.....	17
3.2 Rozsivková analýza.....	17
3.3 Klastrová analýza .....	18
3.4 DAZ.....	19
3.5 Plankton versus bentos .....	20
3.6 Rekonstrukce trofie, salinity a pH klasickým způsobem .....	20
3.6.1 Trofie.....	20
3.6.2 Salinita.....	22
3.6.3 pH.....	24
3.6.4 Rozdělení podle teplotních optim .....	25
3.7 Rekonstrukce pH, TP a TOC pomocí transferových fcí .....	26
3.7.1 pH.....	26

3.7.2 TP .....	27
3.7.3 TOC .....	27
4. Diskuze.....	29
4.1 Stav rozsivkových schránek v sedimentu.....	29
4.2 Plankton versus bentos .....	29
4.3 DAZ.....	29
4.4 Porovnání rozsivkové a makrozbytkové analýzy s $\delta^{18}\text{O}$ GISP2 .....	31
4.4.1 226 - 222cm HP.....	31
4.4.2 DAZ1.....	32
4.4.3 DAZ2.....	33
4.4.4 DAZ3.....	33
4.4.5 DAZ4.....	39
4.4.6 128 - 126cm HP.....	40
4.5 Korelace T, H s $\delta^{18}\text{O}$ GISP2 .....	40
5. Závěr.....	42
6. Seznam literatury.....	44

# 1. Úvod

## 1.1 Rozsivky v paleolimnologii

Rozsivková analýza je jedním z mnoha paleolimnologických nástrojů. Stejně jako celý obor prodělala v posledních dvaceti letech obrovský rozvoj spojený především s potřebou získávat data o dlouhodobých změnách klimatu a antropogenním ovlivňování ekosystémů v posledních dvou stoletích. Uplatňuje se ve všech regionech od polárních oblastí po tropy, uzavřených i otevřených jezerní systémech, mořských, brakických a příbřežních biotopech. Možnosti zpracování primárních dat se postupně z kvalitativních vyvinuly v kvantitativní- transferové funkce. Vytváření volně přístupných databází (např. EDDi) a programů (např. ERNIE) na internetu umožňuje rekonstrukci limnologických proměnných moderními metodami v podstatě každému.

Téma rozsivkové analýzy a její implikace byly komplexně zpracovány např. v monografii (STOERMER & SMOL, 1999) nebo v četných review (např. SMOL & CUMMING, 2000; BATTARBEE, 1986; 2000). V rámci následujícího rešeršního výběru jsem se zaměřil především na evropské studie. Nejedná se tedy rozhodně o všechny vědecké články vztahující se k tématu diplomové práce, ale jde o výběr, který je dle mého soudu dostatečně reprezentativní a pamatuje na všechny moderní trendy v oboru. Zmíněny jsou i publikace týkající se našeho území. Většinou se jedná o multiproxy přístup vytvářející propojením několika nepřímých metod, např. analýz geochemie sedimentu, stratigrafie a bioreziduí (rozsivky, perloočky, pakomáři, pyl, rostlinné makrozbytky atp.) historický obraz lokality.

## 1.2 Vybrané publikace z různých světových regionů

### 1.2.1 Střední Evropa

#### 1.2.1.1 Čechy

Rozsivková analýza sedimentů má na našem území tradici především zásluhou RNDr. Zdeňky Řehákové, CSc. Z množství publikovaných prací svým rozsahem vyčnívá studie třetihorních diatomitů na území bývalého Československa (ŘEHÁKOVÁ, 1980), rozsivková analýza sedimentů Komořanského jezera (ŘEHÁKOVÁ, 1986) a zaniklého jezera na území přírodní rezervace Soos (ŘEHÁKOVÁ, 1988). Šumavská jezera byla zkoumána především

německými diatomology. Vztah pH a rozsivek v sedimentech je podrobně prostudován v (ARZET, 1987). Studie subrecentního sedimentu zaznamenávající průběh acidifikace Černého a Prášílského jezera byla stejným autorem vypracována v rámci Ost-West programu (ARZET, 1993). V současné době probíhá rozsivková analýza sedimentu Plešného jezera, doplňující pylovou analýzu (JANKOVSKÁ, in press), podrobnou chronologii sedimentu (PRAŽÁKOVÁ et al., in press) a detailní chemickou studii (KOPÁČEK et al., in press).

### **1.2.1.2 Německo**

Nejdetailejší datování umožňují sedimenty tvořící varvy. Příkladem je jezero Holzmaar na západě Německa, kde bylo dosaženo přesnosti  $\pm 10$  let. Průběh TP (celkový fosfor) odvozený rozsivkovými transferovými funkcemi ve spojení s detailní geochemií sedimentu odhalily velmi komplexní chování jezera v období 10 128-9 102cal BP, propojenost jednotlivých složek ekosystému a jejich vzájemné ovlivňování. Studie naznačila, že záznam v sedimentu jezera může mít vyhraněný, místně specifický charakter a jakékoli zobecňování interpretací paleolimnologických dat na regionální nebo dokonce globální škálu by mělo být velmi opatrné (BRÜCHMANN & NEGENDANK, 2004). Ze stejné lokality existuje výzkum sedimentu středního a pozdního Holocénu. Podle něj byl pro složení rozsivkového společenstva nejdůležitější poměr Si:P a sezónní míchání jezera. Zaznamenán byl rovněž dopad lidské činnosti po 2660 cal BP (BAIER et al., 2004).

### **1.2.2 Arktické a alpské regiony**

Arktické a alpské oblasti jsou považovány za lidskou činností nejméně ovlivněné regiony v Evropě. Jsou vysoce senzitivní k environmentálním změnám (KOSTER, 1994) a rozsivky v nich často patří k dominantním primárním producentům (SMOL, 1988). Tyto faktory z nich vytvářejí ideální místo pro studium klimatických změn. Především oblasti kolem arktické hranice lesa jsou podrobeny intenzivnímu výzkumu. Shrnutí v (LOTTER et al., 1999; PONADER et al., 2002). Rozsivky se jako spolehlivé indikátory klimatických fluktuací osvědčily v mnoha studiích posledního desetiletí minulého století (např. SMOL et al., 1995; PIENITZ et al., 1995; KORHOLA et al., 1996; WECKSTRÖM et al., 1997a). Nejvíce současných prací se objevuje v Kanadě (např. PIENITZ et al., 2006; MICHELLUTI et al., 2006) a Skandinávii (např. ERASTO et al., 2006; WECKSTRÖM et al., 2006) Následujících několik odstavců obsahuje výtahy z článků, které přinesly zajímavé, často zobecňující výsledky.

Změna ve struktuře rozsivkového společenstva v sedimentu finského jezera Saanajärvi koreluje se zvýšením průměrných ročních teplot po konci malé doby ledové. pH odvozené z rozsivek transferovými funkcemi se během tohoto období prakticky nezmění, stejně jako složení sedimentu. To ukazuje, že klimatické změny jsou pro společenstvo rozsivek jednou ze zásadních proměnných (SORVARI & KORHOLA, 1998). Podobné chování rozsivkového společenstva dokládají i současnější studie (HARRIS et al., 2006)

Složení rozsivek, rekonstruované vegetace a koncentrace uhlíků v sedimentu alpinského jezera na severu Skalistých hor (Kanada) se měnilo společně s vývojem klimatu v rámci holocénu. K markantním posunům ve výsledcích rozsivkové analýzy ale docházelo i ve středním holocénu (přibližně 5500-3500 cal BP) a během středověké teplé periody (800-1250 AD), na které vegetace nereagovala (KARST-RIDOCH et al., 2005).

Rozsivková, pylová a makrozbytková analýza pozdně holocéniho sedimentu malého jezera Middendorf na východě poloostrova Tajmyr (severní Rusko) za hranicí arktické linie lesa naznačila, že limnologické změny rovněž někdy nemusí jít ruku v ruce se změnami okolní vegetace (LAING & SMOL, 2003).

V rámci studie mapující vegetační změny na severozápadě východoevropské nížiny byla aplikována rozsivková analýza na sedimenty tří jezer. Nepřítomnost rozsivkových schránek nebo jejich nízký obsah byly spojeny se suššími periodami pozdního pleistocénu a holocénu (DAVYDOVA et al., 2001).

Zajímavé jsou závěry studie uskutečněné na setu 75 jezer v Quebecu. Vyplývá z ní, že jednotlivé planktonní taxony mají pro různé hydrochemické proměnné (např. TP, pH) vyšší predikční sílu než bentické. To je ale vykoupeno nižší variabilitou planktonních druhů v jezerech. Transferové funkce konstruované pouze pro planktonní druhy proto mají nižší predikční sílu než transferové funkce pro bentické taxony (PHILIBERT & PRAIRIE, 2002).

Studie jezera Gossenkollesee (Rakousko) se zabývala odpovědí geochemie, obsahu organických polutantů a bioreziduí (rozsivky, pakomáři, perloočky, zlativky) v sedimentu na změnu teploty během posledních 200 let. Senzitivní byly pouze rozsivky a zlativky. U rozsivek se zvýšení teploty projevilo vyšším zastoupením planktonních druhů (KOINING et al., 2002). Do souvislosti s globálním oteplováním dává větší četnost planktonních druhů i rozsáhlý projekt zahrnující 209 evropských jezer s vysokou nadmořskou výškou (CLARKE et al., 2005).



Jako příklad dalších výzkumů zpracovávajících rozsivky z jezerních sedimentů za posledních cca 200let v oblasti Alp a Karpat v souvislosti s klimatickými změnami lze uvést (BRANCELJ et al., 2002).

### **1.2.3 Boreální lesy**

Velkou roli hraje rozsivková analýza a použití transferových funkcí i při studiu dopadu požárů na boreálních ekosystémů a smíšené lesy, kde chemie sedimentu často po požáru nejeví změnu, zatímco společenstvo rozsivek na událost reaguje (např. PATERSON et al., 2002; PHILIBERT et al., 2003).

### **1.2.4 Italská jezera**

Vývoj italského jezera Lago D`Averno 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, rozsivek a uhlíkových izotopů v organickém materiálu s detailními geochemickými studii poskytlo kritická data zachycující reakci vodního systému na změny okolního prostředí v průběhu holocénu (ARIZTEGUI et al., 2001). V navazující studii byly výsledky z jezera Albano porovnány s ekvivalentními analýzami poměrně vzdáleného kráterového jezera Nemi. Odhalen byl výrazný vliv regionálních klimatických změn na prostředí obou jezer (GUILIZZONI et al., 2002). Dlouhodobá limnologická data z jezera Maggiore zaznamenávaná od roku 1950 byla porovnány s výsledky rozsivkové rekonstrukce TP. Výsledky byly srovnatelné během eutrofní fáze, zatímco ve fázi snižování celkové trofie měl model tendence k nadhodnocování obsahu TP (MARCHETTO et al., 2004).

### **1.2.5 Asie**

Velké množství prací pochází z Asie, především z jezera Bajkal. Jako příklad je uvedeno několik nejsoučasnějších.

Malý přísun živin do povodí Bajkalu v pozdním Pleistocénu se odrazil v extrémně malých koncentracích rozsivek v sedimentu (SHIMARAEV & MIZANDRONTSEV, 2006). Změna ve společenstvu rozsivek odpovídající Milankovičovým periodám byla zaznamenána v sedimentu Bajkalu za posledních cca 5 miliónů let (GRACHEV et al.,

1998). Významné je pro tuto oblast používání rozsivek jako zdroje opálu pro stanovení  $\delta^{18}\text{O}$ , tedy přímého způsobu rekonstrukce teploty (např. SWANN & MACKAY, 2006; LENG & BARKER, 2006).

### **1.2.6 Afrika**

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 rozsivky (TALLING, 1966; HECKY & KLING, 1987). Při nižší cirkulaci jsou taxony s menším poměrem povrch/objem (*Aulacoseira* sp.) vystřídány rozsivkami (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 11 400 resp. 10 000 let. Jezero Ossa je mělké jezero nacházející se v jedné z nejdeštivějších 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).

### **1.2.7 Jižní Amerika**

Poměrně vzácné jsou práce z latinské Ameriky. 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).

### **1.2.8 Dopady průmyslové výroby na jezerní ekosystém**

Rozsivky ze sedimentů se často používají jako nástroj míry znečištění a následného uzdravování jezerních systémů. Jako příklad je uvedena studie ze Skandinávie.

Historie dopadu těžby Cu flotační technikou na ekosystém finského jezera Orijarvi byla rekonstruována analýzou sedimentu. Z rozsivkové analýzy vyplynula větší náchylnost planktonních druhů k zatížení prostředí těžkými kovy (SALONEN et al., 2006).

### 1.2.9 Netradiční studie

Někdy jsou výsledky rozsivkové analýzy používány v poněkud „kuriózních“ souvislostech. Například eutrofizace spojená s návratem lososa nerky na trdlišť ostrova Kodiak (Aljaška) je zachycena ve změnách rozsivkového společenstva. Platí jednoduché pravidlo: čím větší počet lososů, tím eutrofnější společenstvo. To umožnilo studovat populační dynamiku lososa nerky v průběhu 2 200 let (GREGORY-EAVES, 2003).

Rozsivková analýza společně s analýzou pakomárů byly pro svou schopnost zachytit jemnou změnu prostředí využity v rámci ochrany ohrožené populace tuleně obojkového (*Phoca hispida saimensis* Nordq.) v oblasti jezerního komplexu Saimaa na východě Finska (SANDMAN, 2000).

## 1.3 Charakteristika lokality

Sedimenty zaniklého jezera Velanská cesta se nacházejí na hranici Třeboňské pánve a Novohradských hor v těsné blízkosti rakouských hranic, přibližně 3km západně od Českých Velenic. Tato oblast je známa také jako blato Höhenberg. Podrobná mapa s vyznačenou lokalitou (NOVÁK, unpublished) převzatá z mapy Novohradských hor (Klub českých turistů, 2006) je v příloze jako obr.1.

Geologické podloží tvoří terciérní sedimenty Mydlovarského souvrství na bázi s pískovci a slepenci. Na lokalitě jsou předpokládány geologické zlomy překryté mladšími vrstvami podél nichž vystupují artézské prameny. V sousedství se nacházejí staropleistocéní štěrkové terasy Lužnice. Geologická mapa z mapového serveru ČGS (<http://nts2.cgu.cz/>) je v příloze jako obr. 2

Současná vegetace je tvořena kulturní výsadbou *Pinus silvestris* a podrostem s prvky svazu *Dicranio-Pinion*. Oblast je odvodňována kanály. Kolonizace spadá do období 13.století (ŠAFRÁNKOVÁ, 2006).

Lokalitu objevila RNDr. Vlasta Jankovská, CSc. v roce 1969 a uskutečnila zde první palynologický výzkum (JANKOVSKÁ, 1980).

## **1.4 Cíle práce**

- Rozsivková analýza sedimentu zaniklého jezera Velanská cesta.
- Porovnání výsledků rozsivkové analýzy s výsledky ostatních paleoekologických analýz.
- Rekonstrukce historie jezera na základě dostupných informací.

## 2. Metodika

### 2.1 Odběr profilu

K diatomární analýze byl použit profil s největší mocností (hlavní profil - HP), zachycující kontinuálně celou historii lokality. Plechové bedny (10×8×50cm) byly zatlučeny do svislé stěny jámy. Překryvy (cca 10cm) byly zaznamenány lihovým fixem přímo na bedny. Poté byly bedny označeny, vyjmuty společně se sedimentem a v obalu z potravinářské fólie dopraveny do laboratoře. Tam následovalo jejich naporcování v intervalech po 2cm. Z každého intervalu bylo odebráno několik vzorků na jednotlivé paleoekologické analýzy.

### 2.2 Stratigrafie sedimentu

Podle lithostratigrafických zlomů byl sediment HP (hlavní profil) rozčleněn na 7 částí viz obr. 3 (NOVÁK, unpublished) Na jejich hranicích byly odebrány organické zbytky pro radiokarbonovou ( $^{14}\text{C}$ ) dataci.

### 2.3 Datace sedimentu

Datace sedimentu je založena na radiokarbonových ( $^{14}\text{C}$ ) AMS (atomová hmotnostní spektrometrie) datech získaných analýzou makrozbytků odebraných na lithostratigrafických zlomech.  $^{14}\text{C}$  analýza byla provedena v Poznaň Radiocarbon Laboratory. Tato data byla kalibrována v programu OxCal 3.1 (RAMSEY, 2005). U výsledného časového intervalu v cal BP<sup>1</sup> (analyzovaný makrozbytek do něj spadá s 95,4% pravděpodobností) byl určen střed používaný jako bod<sup>2</sup> na časové ose, tedy číselné datum v cal BP. Lineárním proložením těchto dat byla odvozena přibližná datace

---

<sup>1</sup> cal BP = calibrated date Before Present (kalibrované datum „před současností“) - momentálně nejrozšířenější způsob datace, za počáteční bod je stanoven rok 1950 n.l., poměrně často je používána i zkratka cal BC = kalibrované datum před Kristem

<sup>2</sup> Toto zjednodušení je nutné právě kvůli následnému lineárnímu proložení cal BP dat a běžně se v paleolimnologii používá, stejně jako samotné lineární proložení (např. PRAŽÁKOVÁ et al, in press; BIGLER. & HALL, 2003). Nicméně je zjevné, že tato data se po proložení nedají chápat jako body, ale opět jako intervaly, přičemž přesnost jejich umístění na reálné časové ose je přímo úměrná konstantnosti sedimentační rychlosti v daném období.

každého vzorku sedimentu. Poté byla vypočtena sedimentační rychlost pro úseky mezi daty.

## **2.4 Rozsivková analýza**

### **2.4.1 Rozsah analýzy**

Celkem bylo analyzováno 50 vrstev v rozsahu 226-126 cm HP, tedy část HP s jezerním sedimentem a několik vrstev na jeho okrajích (226-222; 128-126 cm HP). Chybí analýza vzorku 132cm HP, který byl ztracen.

### **2.4.2 Příprava trvalých preparátů k determinaci**

#### **2.4.2.1 Digesce organického materiálu a odstranění klastických částic**

Při preparaci sedimentů bylo otestováno několik metod digesce organického materiálu ze sedimentu. Ve všech se organická hmota odstraňuje použitím silných oxidačních činidel. Metoda s koncentrovaným  $H_2O_2$  (HOUK, 2003) je považována za nejšetrnější, ale její účinnost při vysokém obsahu organického materiálu nebyla dostatečná. Metoda s ředěnou  $HNO_3$  (JOHANSEN, unpublished) také nebyla schopna eliminovat dostatečné množství organické hmoty. Nejlépe se osvědčila metoda s koncentrovanou  $H_2SO_4$  (KALINA, 1994).

Do kádinky o objemu 150 ml bylo umístěno 300-400mg mokrého sedimentu a přelito cca 25 ml koncentrované  $H_2SO_4$ . Suspenze byla vařena v digestoři minimálně 20min. Následovalo přisypání cca 0,5g  $KNO_3$ . Po krátké reakci zůstal obvykle úplně čirý vzorek. Pokud se suspenze neodbarvila ani po dalším přidavku  $KNO_3$ , digesce organického materiálu nebyla úplná a vzorek byl vařen ještě několik minut. Studená suspenze byla kromě hrubšího klastického materiálu převedena destilovanou vodou do plastových zkumavek s uzávěrem a centrifugována na 3500rpm po dobu 7min. Poté byl supernatant slit, zkumavka doplněna na objem 15ml destilovanou vodou a opět centrifugována na 3500rpm po dobu 7min (opakováno 5x). Důkladné odstranění  $H_2SO_4$  a anorganických kyselin obecně je nezbytné kvůli případné tvorbě haló efektu kolem rozsivkových schránek při pozorování v LM.

Tímto způsobem byl ze sedimentu získán většina klastického a organického materiálu zbavený vzorek vhodný k tvorbě trvalých preparátů zachovávající si relativní zastoupení všech taxonů v podstatě shodné s neupraveným sedimentem.

#### 2.4.2.2 Tvorba preparátů

Důkladným protřepáním vzorku ve zkumavce vznikla obvykle (vzorky se mezi sebou z pochopitelných důvodů více či méně lišily) hustá, světle šedá suspenze. Část objemu zkumavky byla slita, doplněna destilovanou vodou a opět důkladně protřepána. Tato procedura byla opakována dokud se suspenze nestala mléčně průsvitnou. Poté bylo mikropipetou odebráno 0,5ml suspenze a přeneseno na krycí sklo 22×22mm. 1/3 zbývajících objemu zkumavky bylo slito a doplněno destilovanou vodou. Proces popsaný v posledních 2 větách byl opakován třikrát.

Výsledkem byla 4 krycí skla o různé koncentraci valv. Mezi nimi bylo možné po vytvoření preparátů zvolit koncentraci nejvhodnější ke sčítání., tj. cca 3 valvy na jedno zorné pole (BATTARBEE, 1986). Krycí skla byla ponechána vyschnout přes noc. Druhý den byly vytvořeny trvalé preparáty. Jako médium byla použita syntetická pryskyřice Pleurax (FOTT, 1954) s vysokým refrakčním indexem, umožňující pozorování jemných struktur potřebných k přesné identifikaci rozsivek.

#### 2.4.3 Determinační literatura

Jako determinační literatury bylo použito celkem 12 monografií včetně nejmodernějších z ediční řady *Diatoms of Europe*, jejichž používání je v paleolimnologii stále spíše vzácností než běžnou praxí: (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991; LANGE-BERTALOT, 1996; KRAMMER, 1997; KRAMMER, 2000-2003; HOUK, 2003).

#### 2.4.4 Počítání a determinace valv

K identifikaci rozsivek sloužil světelný mikroskop Olympus BX 51 s digitální kamerou. Rozsivky byly pozorovány při celkovém zvětšení 1000×. LM se projevila jako dostačující determinační nástroj, proto nebyla využita SEM.

Valvy byly počítány v náhodně zvolených transektech měněných zhruba po dosažení počtu cca 50 valv. Celková minimální zamýšlená suma počítaných valv byla 700ks na vzorek. Pokud byly valvy rozlámány, byla u „naviculoidních“ a centrických rozsivek započítána pouze část se středovou oblastí, u rozsivek s podélným tvarem (např. *Eunotia incisa*) vždy část odpovídající více než polovině valvy a u rozsivek velmi dlouhých, lámajících se zpravidla na více než dvě části (např. *Eunotia flexuosa*) byly jedna započítaná valva ekvivalentní dvěma nalezeným úlomkům s distálním koncem valvy. Determinace byla ztížena celkově velmi špatným stavem valv v sedimentu. Pouze malé procento zůstalo nepoškozené. Z tohoto důvodu byly počítané valvy, u nichž nebyla

možná okamžitá determinace, nafoceny digitální kamerou a označeny. Po nalezení valvy v determinovatelném stavu, která dobře odpovídala dříve označené a vyfocené valvě, byla tato valva dodatečně taxonomicky pojmenována.

## **2.5 Klastrová analýza a rozdělení do DAZ**

HP byl na základě klastrové analýzy ConSLink (Constrained Single Link of samples), v programu PolPal (NALEPKA & WALANUSZ, 2003), jejímž výstupem je dendrogram omezený stratigrafickým pořadím vzorků, rozdělen do rozsivkových agregačních zón (DAZ). V některých případech bylo z praktických důvodů (přehlednost) přihlédnuto i ke stratigrafii sedimentu. Vzorky na přechodech mezi jednotlivými DAZ, které nepatřili ani do jednoho ze sousedních klastrů byly připojeny k jedné z DAZ. Na tyto výjimky je v textu upozorněno.

## **2.6 Rekonstrukce trofie, salinity a pH klasickým způsobem**

Rozdělení druhů do ekologických skupin a porovnávání procentuálního zastoupení těchto skupin je v současné paleolimnologii prakticky vytlačeno používáním transférových funkcí. Stále existují případy kdy nedostatečná analogie nebo chybějící data set pro daný region neumožňují jejich aplikaci (např. BAIER et al., 2004) Ani jeden data set použitý pro HP nebyl v celém svém průběhu dostatečně analogní. Pro sestavení celkového obrazu vývoje jezera bylo tedy nezbytné sáhnout po klasickém zhodnocení.

Na základě tabulky v článku (VAN DAM et al., 1994) byly druhy se stejnými ekologickými nároky sloučeny do skupin. Chybějící ekologické údaje byly doplněny z popisů jednotlivých druhů v determinační literatuře a informací v (CREMER & WAGNER, 2004; ROSÉN et al., 2000) Taxony u kterých ekologické parametry chybí nebo jejich ekologické nároky nejsou vyhraněné pro daný parametr byly označeny jako indiferentní. Názvy ekologických skupin byly ponechány v anglickém tvaru kvůli pozdějšímu zpracování v programu PolPal.

### **2.6.1 Trofie**

Taxony byly rozděleny do 5 trofických skupin v souladu s (VAN DAM et al., 1994) viz tab.1. Hodnoty fosforu pro jednotlivé hladiny trofie nejsou v tomto článku přesně definovány. Jako přibližné měřítko může posloužit rozdělení podle koncentrace TP (HARTMAN et al., 2005) viz tab. 2.



1-„oligotraphentic“
2-„oligo-mesotraphentic“
3-„mesotraphentic“
4-„meso-eutraphentic“
5-„eutraphentic“

tab. 1

	TP( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )
oligotrofie	< 15
mesotrofie	15-50
eutrofie	50-200

tab. 2

Trofický index jednotlivých vzorků byl vypočten podle modifikovaného vzorce (BAYER et al., 2004). Indiferentní druhy byly vyloučeny.

$$T = \frac{\sum(h \cdot Ti)}{\sum(h)}$$

T - trofický index celého společenstva  
 Ti – číselná hodnota trofické skupiny druhu dle tab. 1  
 h – abundance (koncentrace) druhu

Vizuální zpracování procentuálního zastoupení trofických skupin a skupiny indiferentních druhů bylo provedeno v programu PolPal.

## 2.6.2 Salinita

Druhy byly rozděleny do 3 skupin podle optimálních hodnot salinity. Modifikovaná tabulka (tab. 3) i s rozpětím koncentrace  $\text{Cl}^-$  iontů a salinity je převzata z (VAN DAM et al., 1994).

	Cl( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	Salinita(‰)
1-„fresh“	< 100	< 0,2
2-„fresh-brackish“	< 500	< 0,9
3-„brackish“	500-1000	0,9-1,8

tab. 3

Index salinity pro jednotlivé vzorky byl vypočten dle vzorce (indiferentní druhy byly vyloučeny):

$$H = \frac{\sum(h \cdot Hi)}{\sum(h)}$$

H- Index salinity celého společenstva  
 Hi – číselná hodnota salinní skupiny druhu dle tab. 3  
 h – abundance (koncentrace) druhu

Vizuální zpracování procentuálního zastoupení salinních skupin a skupiny indiferentních druhů bylo provedeno v programu PolPal.

### 2.6.3 pH

Druhy byly rozděleny do 5 skupin podle pH preferencí. Převzato a modifikováno z (VAN DAM et al., 1994).

	výskyt
1-„acidobiontic“	optimum při pH < 5,5
2-„acidophilous“	nejčastěji při pH < 7
3-„circumneutral“	obvykle při pH kolem 7
4-„alkaliphilous“	nejčastěji při pH > 7
5-„alkalibiontic“	výhradně při pH > 7

tab. 4

### 2.6.4 Plankton versus benthos

Taxony byly klasifikovány jako planktonní a bentické podle ekologických popisů taxonů v determinační literatuře a informací dostupných na Common Freshwater Diatoms of Britain and Ireland home page (<http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/index.html>)  
 Jako měřítko hloubky jezera byl vypočten poměr plankton/benthos.

### 2.6.5 Rozdělení podle teplotních optim

Taxony byly rozděleny do skupin podle optimálních teplot vody a zpracovány v programu PolPal. Do grafu byly rovněž vyneseny druhy považované za indikátory relativně nízkých a vysokých teplot vody. Klasifikace proběhla podle (BIGLER et al., 2001).

## 2.7 Rekonstrukce pH, TP a TOC pomocí transferových fcí

Pro vzorky, v nichž celková spočítaná suma valv přesáhla 600ks byly pomocí transferových funkcí volně dostupných na EDDi (The European Diatom Database) home page (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/>) odvozeny hodnoty pro pH, TP, TOC.

### 2.7.1 Transferové funkce

Transferová funkce je matematický vzorec odhadující environmentální faktor z distribuce bioreziduí ve vzorku. Její sestavení se skládá z následujících kroků:

1. Pomocí mnohorozměrné statistické analýzy se identifikují environmentální faktory nejsilněji korelované s distribucí rozsivek ve vzorcích.
2. Vlastní vytvoření transférové funkce pomocí moderních regresních metod<sup>3</sup>
  - a) Kalibrace - určí vztah mezi distribucí rozsivek v recentním vzorku a naměřeným environmentálním faktorem
  - b) Regrese - vlastní sestavení transférové funkce

### 2.7.2 EDDi

Eddi je volně přístupná internetová databáze slučující několik desítek evropských „training datasetů“<sup>4</sup> určených pro rekonstrukci různých hydrochemických parametrů z rozsivkových dat.

### 2.7.3 Harmonizace taxonomie

Harmonizace označení jednotlivých taxonů mezi EDDi a vzorkem používaným k rekonstrukci je nezbytná. Web EDDi je k tomuto účelu vybaven databází taxonů, která obsahuje kompletní informace o taxonu (v rámci EDDi), v taxonomicky nejasných případech i fotografií. Slazení různých pojetí je proto velmi snadné.

Pro determinaci rozsivek z Velanské cesty byla použita nejmodernější dostupná literatura která v některých případech neodpovídala pojetí EDDi založené především na (KRAMMER & LANGE-BERTALOT, 1986-1991). Některé taxony bylo proto nutné sloučit do dříve širěji pojatých taxonů (např. *P. lokana*, *P. macilenta*, *P. subgibba*, *P. cf. ivaloensis* do *P.gibba* s.l.) Na druhou stranu se v EDDi k environmentální rekonstrukci používá i taxonů určených pouze do vyšších taxonomických úrovní (např. *Navicula* sp.), což vzhledem ke špatnému stavu většiny schránek v HP přinášelo zřejmé výhody. Harmonizovaným taxonům poté byly namísto jmen přiděleny kódy používané EDDi.

---

<sup>3</sup> např. WA (Weighted averaging), WA-PLS (Weighted averaging partial least squares)

<sup>4</sup> Databáze povrchových vzorků sedimentu z jezer dané geografické oblasti (obvykle > 50) se známou distribucí bioreziduí. Nezbytná k sestavení i pozdějšímu použití transférové funkce.

## 2.7.4 Rekonstrukce

### 2.7.4.1 Výběr a transformace dat, použité programy

Pro účely rekonstrukce byla použita netransformovaná data s procentuelním zastoupením taxonů ve vzorcích. Vzorky, v nichž celková suma počítaných valv nepřekročila 600ks a taxony, které nedosáhly ani v jedné vrstvě min 1% zastoupení byly kvůli působení statistického „šumu“ z analýzy vynechány (ŠMILAUER, personal communication)

Tabulka vytvořená v programu EXCEL byla transformována programem WinTran na soubor ve formátu Cornell, který je kompatibilní se systémem EDDi. Program WinTran je volně ke stažení na EDDi home page v nabídce help.

Veškeré analýzy dat se mohou uskutečňovat buď online přímo na EDDi home page v nabídce reconstructions nebo v programu ERNIE, který je volně ke stažení v nabídce help. Pro větší rychlost a dostupnost všech analýz jsem zvolil druhou možnost.

### 2.7.4.2 Hledání analogního data setu

I když posouzení analogie mezi „training data setem“ (dále pouze dataset) a rekonstruovaným vzorkem není nikdy jednoznačné, existuje několik metod jak míru analogie odvodit. Jednou z nich je program ANALOG (BIRKS & LINE, unpublished program).

V programu ERNIE jsou k posouzení analogie dostupné dva nástroje: analýza Verify a MAT (modern analogue technique) analýza.

Analýza „Verify“ slouží především jako kontrola kódů použitých pro taxony. Zároveň znázorňuje počet taxonů společných pro dataset a také jaké je celkové procentuální zastoupení těchto taxonů ve vzorku, tedy míru překryvu, která může být použita jako pomocná hodnota při posuzování analogie.

MAT analýza poskytuje pro analogii zásadní hodnotu: „The distance to the closest analog“ (vzdálenost k nejbližšímu analognímu vzorku v data setu). Pokud se její hodnoty pohybují v intervalu 100-150, je vzorek považován za dostatečně analogní (JONES & JUGGINS, 1995)

V případě, že se hodnoty pohybují mimo tento interval a zároveň je podle analýzy Verify překryv vzorku dobrý, může být vzorek také považován za analogní. Hraniční hodnoty překryvu, který už je považován za analogní ale nejsou pevně dané, tudíž je toto hodnocení poněkud vágní.

U vzorků analyzovaných vrstev HP byly za analogní považovány pouze vzorky u kterých hodnoty „The distance to the closest analog“ spadaly do intervalu 100-150.

### **2.7.4.3 Rekonstrukce pH, TP, TOC**

Program ERNIE disponuje několika moderními regresními metodami určenými k rekonstrukci hydrochemických (salinita - pouze pro uzavřené jezerní systémy, pH, TP a TOC) proměnných, mezi kterými bylo třeba vybrat nejvhodnější.

**WA** (Weighted averaging) - klasická metoda dostupná pro všechny datasety, vhodná především pro regionální datasety. Pokud se hodnoty pro rekonstruovanou hodnotu pohybují kolem průměrné hodnoty této hydrochemické proměnné určené pro dataset, je vhodné použít variantu „inverse deshrinking“, pokud spíše po okrajích datasetu, je vhodnější „classical deshrinking“ (BIRKS et al., 1990).

**WA-PLS** (Weighted averaging-partial least squares) - metoda vykazující ve vysoce analogních situacích o něco lepší výkon než WA (např. KÖSTER et al., 2004), ale v situacích se slabou analogií má tendence k extrapolaci dat. Více v (TER BRAAC & JUGGINS, 1993; BIRKS, 1995).

**LWWA** (Locally weighted weighted averaging) - jde v podstatě o WA pro větší data sety, ve které je pro WA použito pouze 50 nejbližších analogů z data setu a pro větší datasety je výhodnější než WA i než WA-PLS (Weighted averaging-partial least squares).

Použité datasety a numerické metody jsou uvedeny ve výsledcích protože už jejich samotný výběr je závislý na předešlých výsledcích.

### 3. Výsledky

#### 3.1 Datace

vzorek	14C datování	kalibrované datování (95,4% probability)	průměr intervalu cal BP
Velenice 80/005 Poz-9635	8360 ± 50 BP	9 500-9 250 cal BP	9375 cal BP
Velenice 132/004 Poz-9636	9080 ± 60 BP	10 430-10 150 cal BP	10290 cal BP
Velenice 182/003 Poz-9637	11670 ± 60 BP	13 700-13 370 cal BP	13535 cal BP
Velenice 214/002 Poz-9641	11970 ± 60 BP	13 980-13 710 cal BP	13845 cal BP
Velenice 222/001 Poz-9642	12410 ± 250 BP	15 250-13 750 cal BP	14500 cal BP

tab. 5

U názvu vzorku označuje první číslo vrstvu ze které pocházel analyzovaný makrozbytek, zbylá čísla kód poznaňské radiokarbonové laboratoře. Kompletní tabulky s daty odpovídající jednotlivým vzorkům po lineární proložení jsou v příloze jako tab. 6.

#### 3.2 Rozsivková analýza

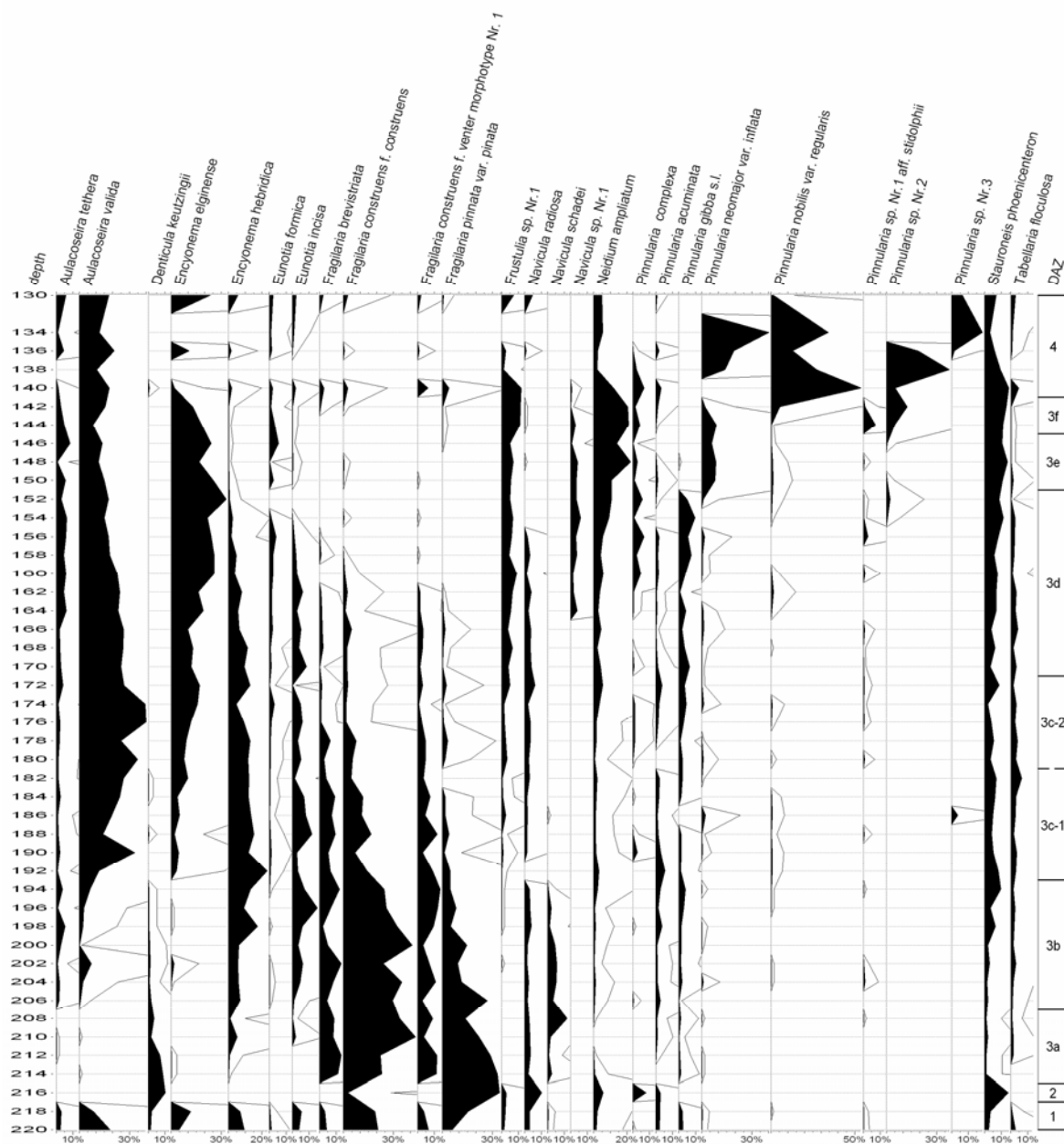
Ve vzorcích 220-130cm HP bylo nalezeno celkem 118 rozsivkových taxonů, kompletní graf vytvořený v programu PolPal, tabulka se zastoupením jednotlivých taxonů v HP, seznam taxonů a fotogalerie jsou v příloze na CD.

Graf 1 zobrazuje taxony, které dosáhly abundance nejméně 5% alespoň v jedné vrstvě. Valvy v relativně dobře determinovatelném stavu byly nalezeny v 142-220cm HP, ve vzorcích 222-226cm HP byly nalezeny v malé koncentraci většinou nedeterminovatelné úlomky rozsivek. Ve vrstvách 140-130cm HP byly nalezené valvy ve velmi špatném stavu (většinou pouze středové oblasti velkých druhů rodu *Pinnularia* o nízké koncentraci. Vrstvy 128-126 neobsahovaly žádné valvy ani úlomky.

Minimálně 600, většinou více než 700 valv bylo spočítáno v úseku 142-220cm HP, v 216 cm HP bylo nalezeno pouze 50 valv. Pro vrstvy 140-130cm HP bylo napočteno < 400ks valv a pro vrstvy 222-226cm HP <100ks úlomků a valv. Celkové sumy valv pro jednotlivé vrstvy jsou uvedeny v tabulce s abundancí taxonů .

Kvůli špatné odlišitelnosti rozlámaných valv byly taxony *Pinnularia macilenta*, *P. subgibba* var. *undulata*, *P. lokana* a *P. cf. ivaloensis* sloučeny do taxonu *P. gibba* s.l. Ze stejného důvodu byly sloučeny taxony *Cymbopleura tynii* a *C. cuspidata* do umělého taxonu *Cymbopleura tynii/cuspidata* a *P. braunii*, *P. microstauron* a *P. grunowii* do *P. braunii/microstauron/grunowii* (pouze pokud byla úplná determinace znemožněna stavem valvy). Taxony s označení „Nr.“ nebylo možné dodatečně identifikovat kvůli špatnému

stavu schránek. *Pinnularia* Nr.1 aff. *stidolphii* celkovými rysy velmi dobře odpovídá *P. stidolphii*, ale liší se rozměry.



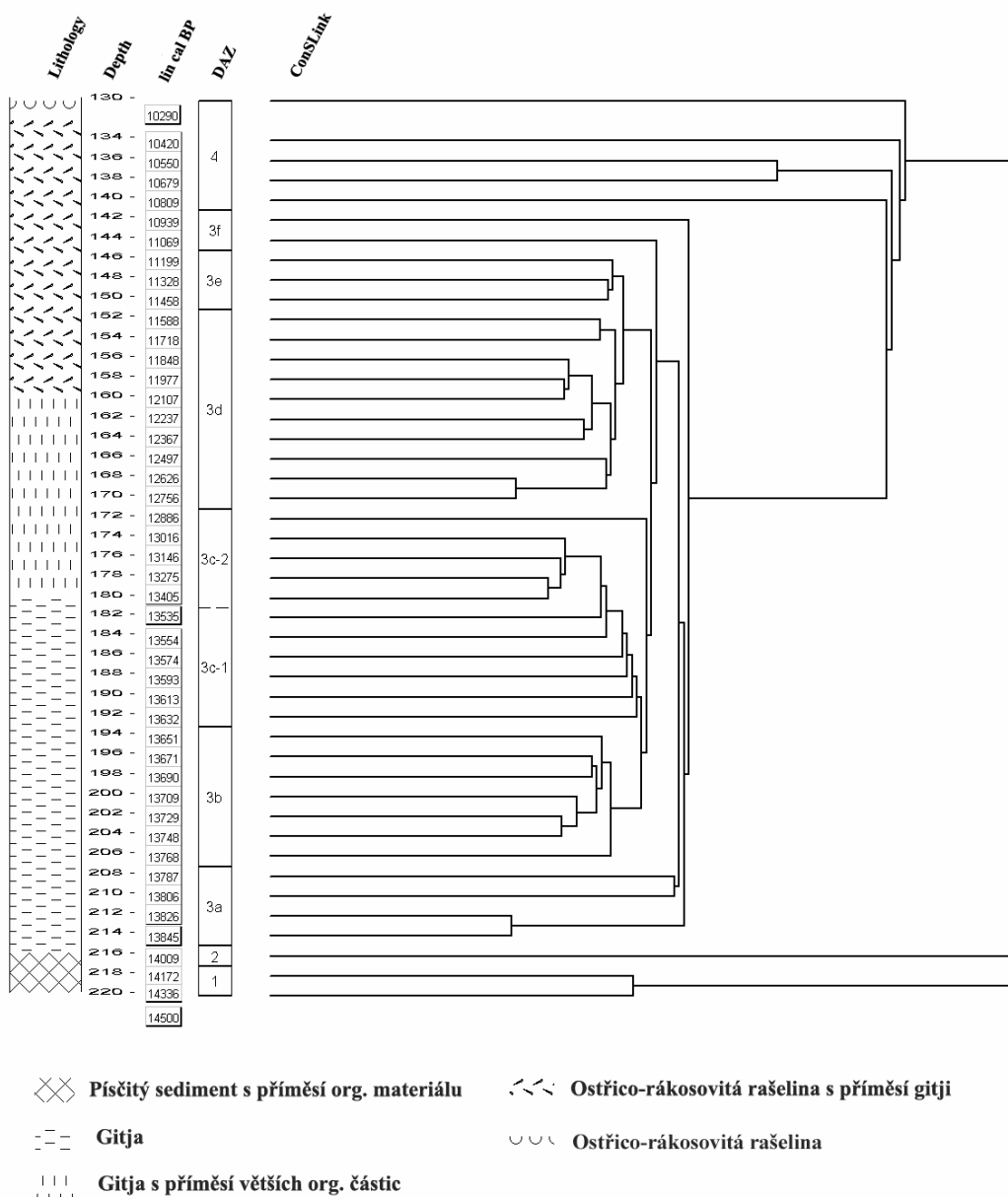
graf 1

### 3.3 Klastrová analýza

Klastrová analýza je znázorněna jako dendrogram s označením ConSLink v grafu 2.

### 3.4 DAZ

Rozdělení do DAZ (rozsivkových akumulčních zón) je uvedeno v tab. 7 v příloze a v grafu 2. DAZ v některých případech z praktických důvodů nesouhlasí plně výsledky klastrové analýzy. Nejde ale o změny, které by měly zásadní vliv na pozdější interpretaci. Tyto výjimky jsou podrobně rozebrány v kapitole Diskuze.

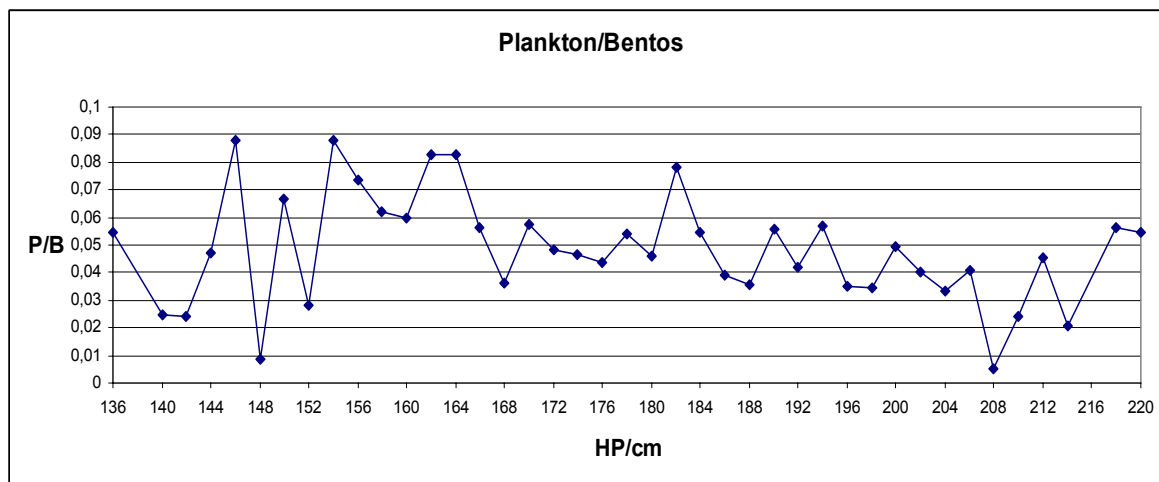


graf 2



### 3.5 Plankton versus bentos

V grafu 3 je znázorněn poměr planktonních a bentických taxonů vypočítaný ve vrstvách s celkovou sumou valv přesahující 300ks. Na ose x jsou znázorněny vrstvy HP v cm.



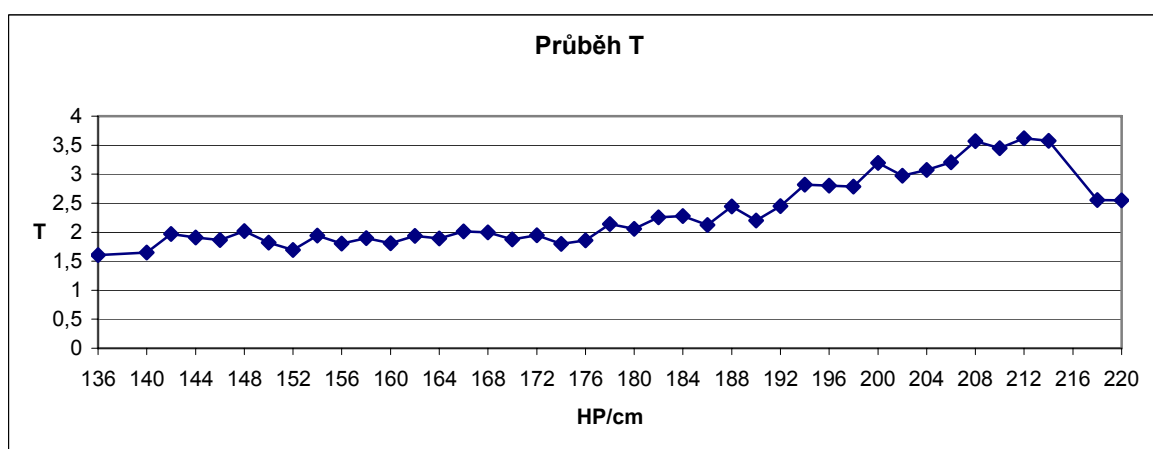
graf 3

### 3.6 Rekonstrukce trofie, salinity a pH klasickým způsobem

Výstupem z klasických analýz jsou grafy vytvořené v programu EXCEL nebo PolPal.

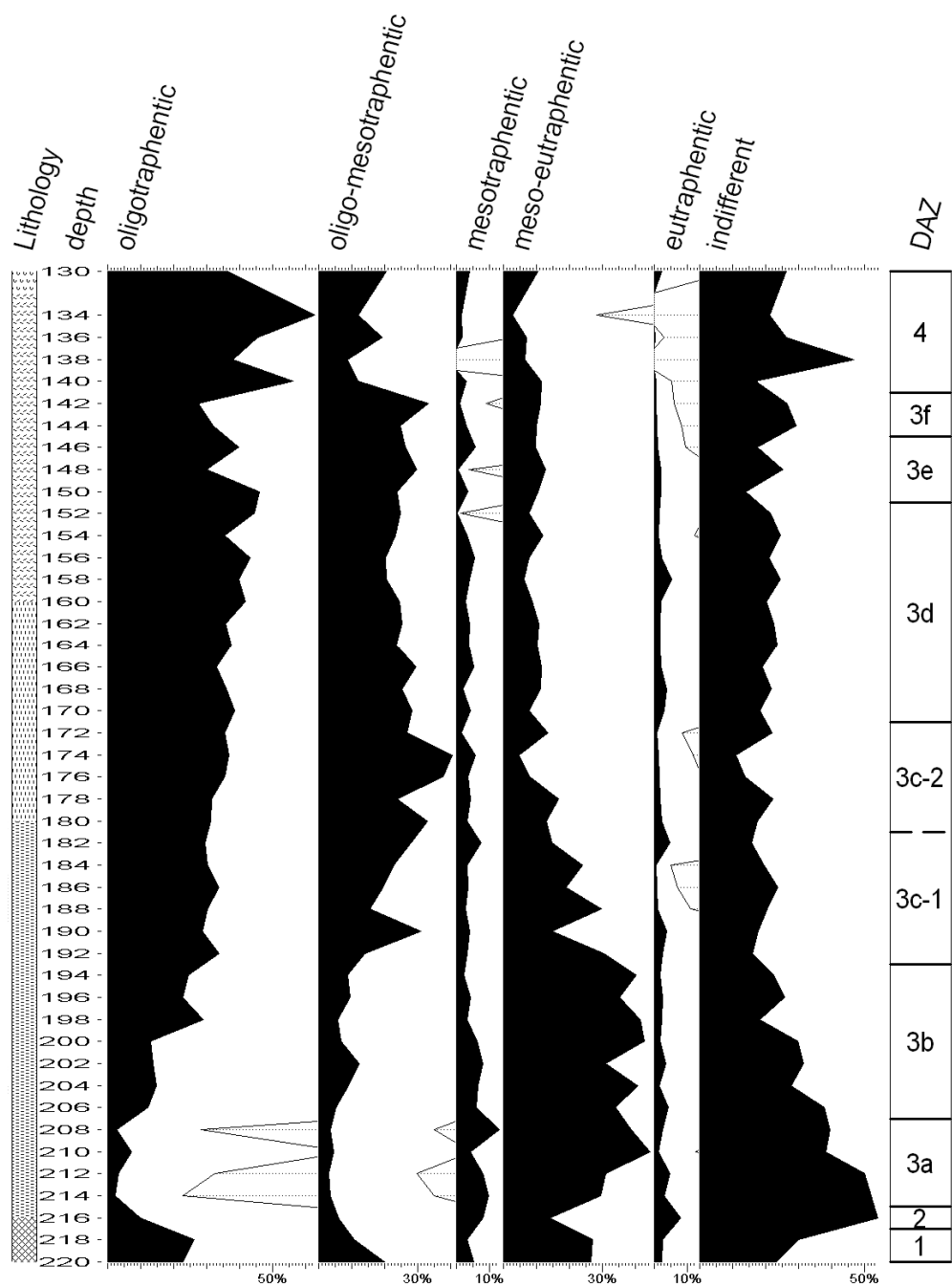
#### 3.6.1 Trofie

V grafu 4 je znázorněn průběh T (trofický index) vypočítaný pro vrstvy s celkovou sumou valv přesahující 300ks. Na ose x jsou znázorněny vrstvy HP v cm.



graf 4

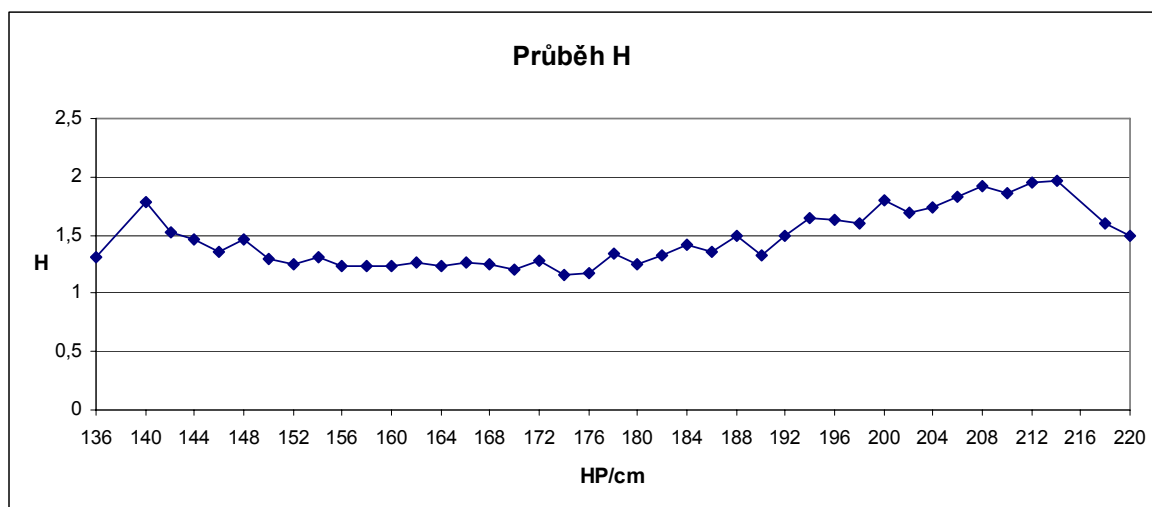
V grafu 5 jsou znázorněny jednotlivé trofické skupiny podle (VAN DAM et al., 1994) pro všechny vrstvy s jezerním sedimentem.



graf 5

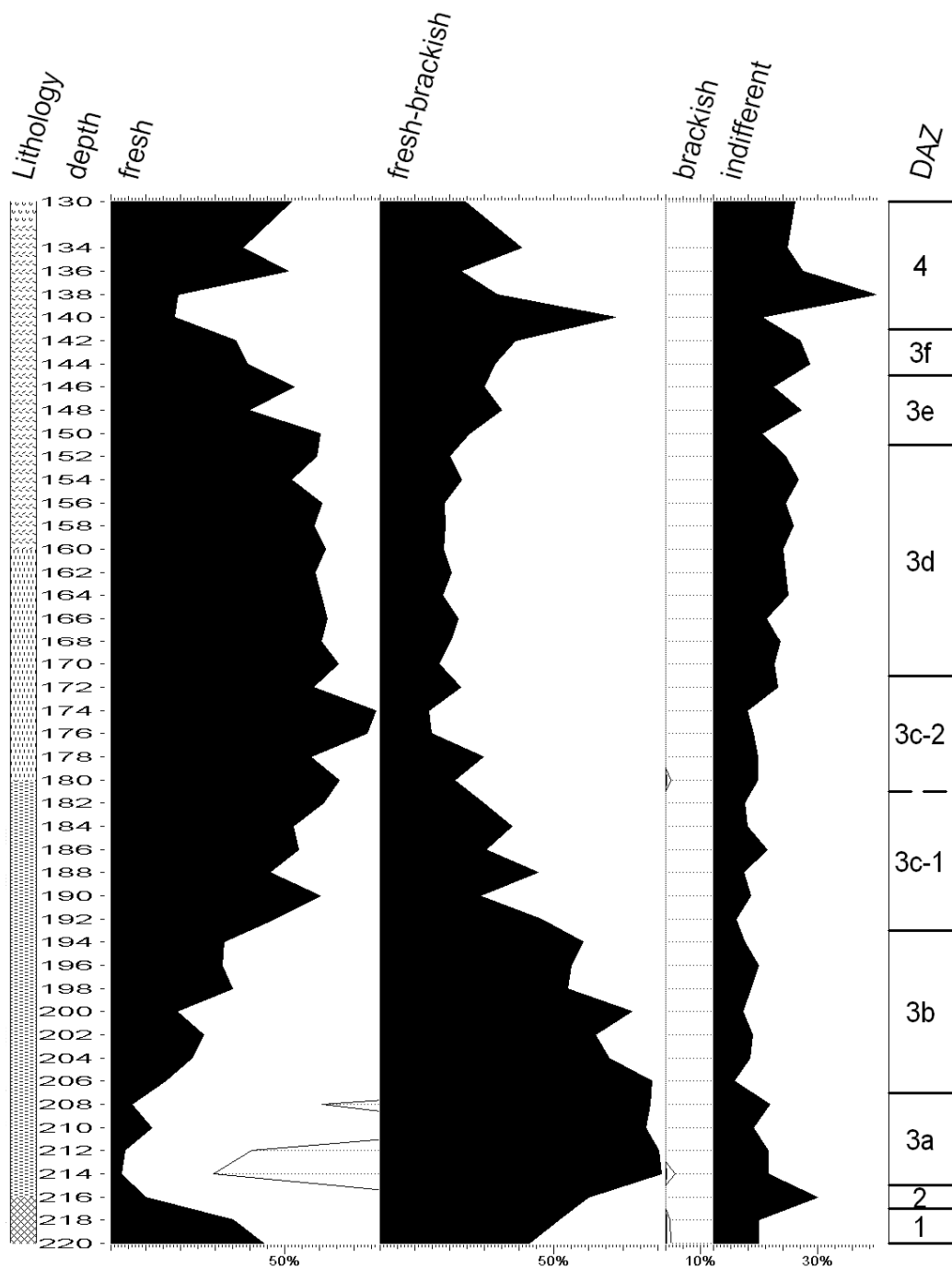
### 3.6.2 Salinita

V grafu 6 je znázorněn průběh H (index salinity) vypočítaný pro vrstvy s celkovou sumou valv přesahující 300ks. Na ose x jsou znázorněny vrstvy HP.



graf 6

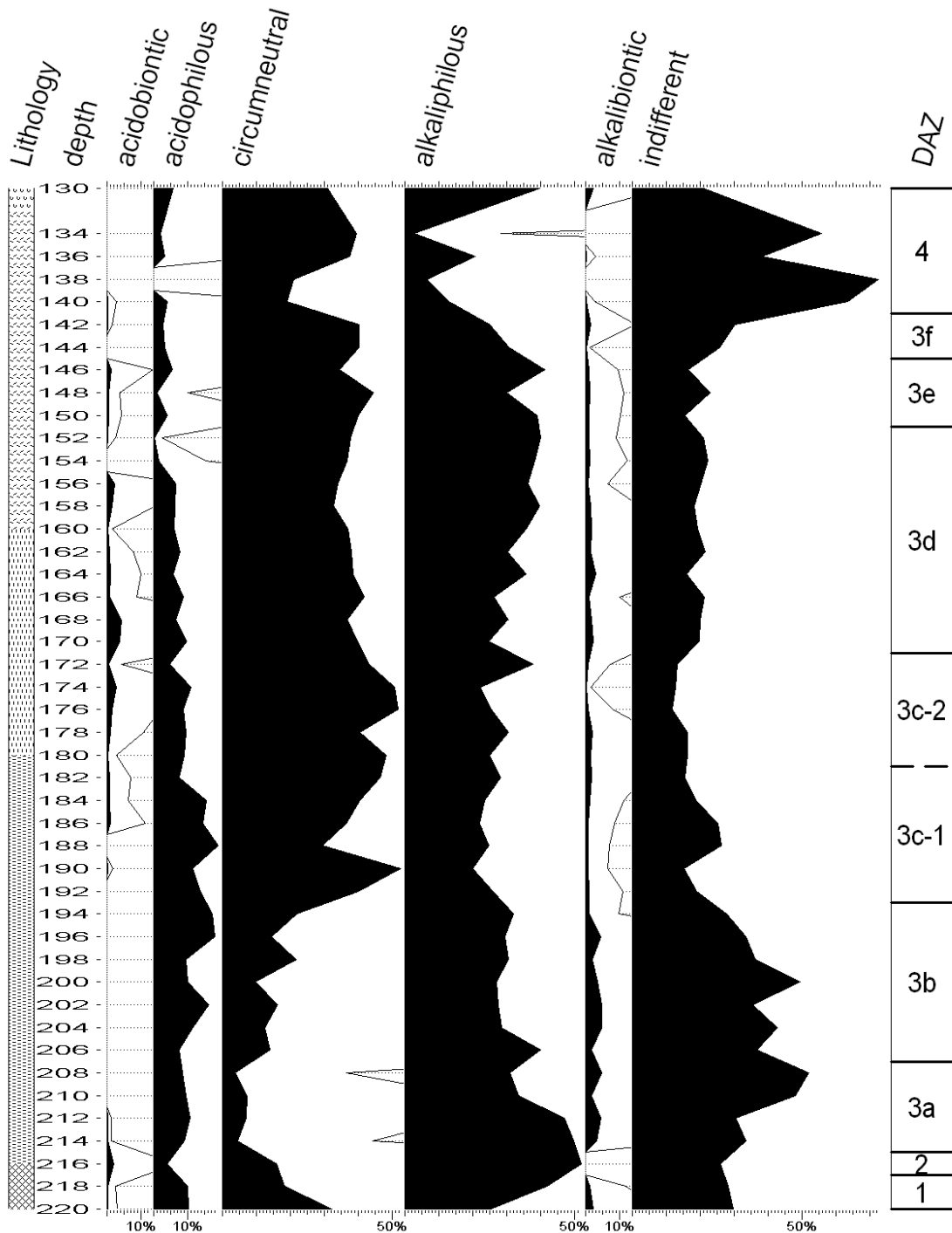
V grafu 7 jsou znázorněny salinní skupiny rozdělené podle (VAN DAM et al., 1994) pro všechny vrstvy jezerního sedimentu.



graf 7

### 3.6.3 pH

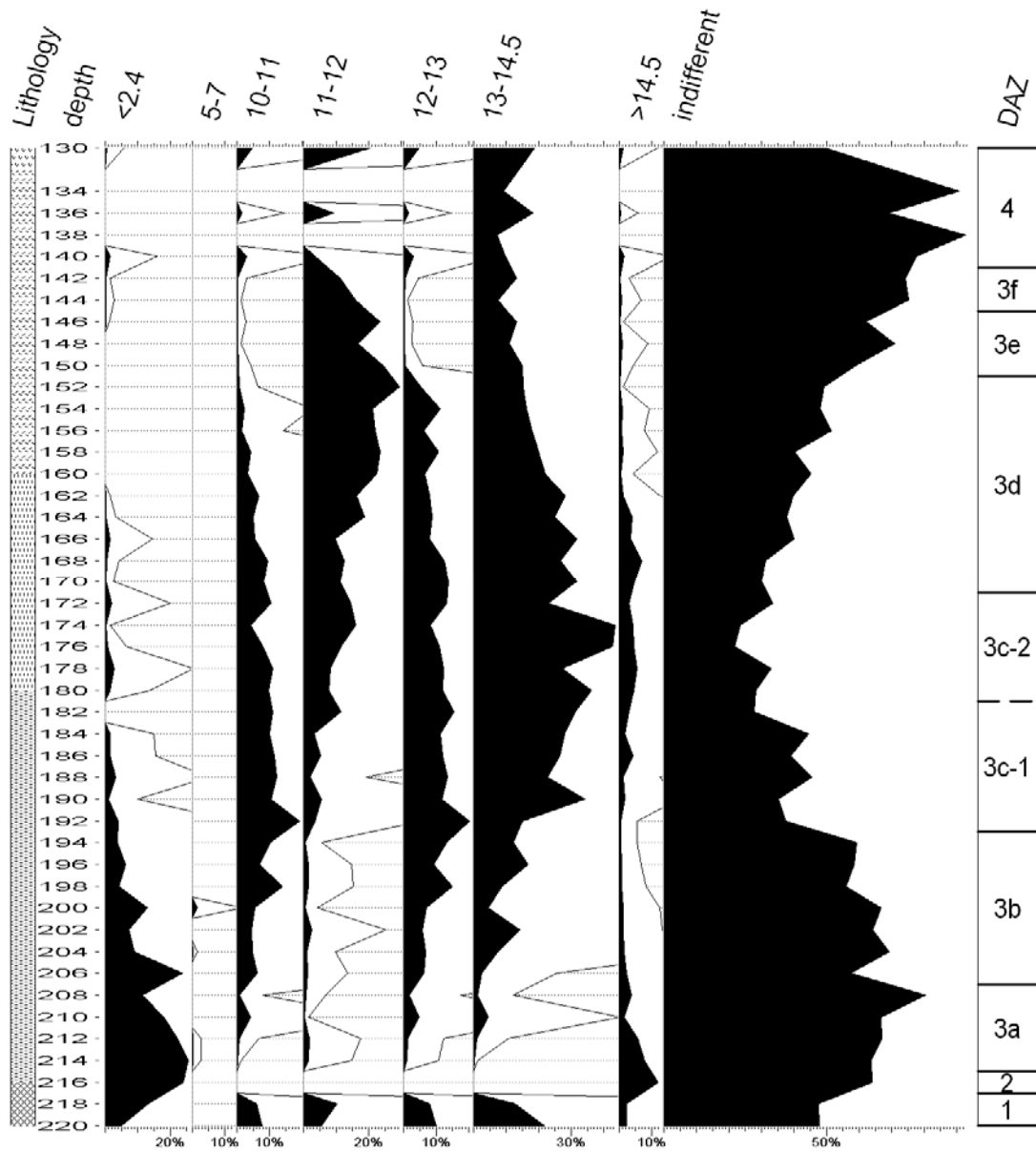
V grafu 8 jsou znázorněny pH skupiny dle (VAN DAM et al., 1994) pro všechny vrstvy s jezerním sedimentem



graf 8

### 3.6.4 Rozdělení podle teplotních optim

Graf 9 znázorňuje rozdělení do skupin podle optimálních nároků na teplotu uvedených v (BIGLER et al, 2001). Teploty jsou uvedeny ve stupních Celsia, použity jsou všechny počítané vzorky.



graf 9

### 3.7 Rekonstrukce pH, TP a TOC pomocí transférových fcí

#### 3.7.1 pH

Z 11 pH datasetů dostupných na EDDi největší analogii prokázal Finnish dataset (WECKSTRÖM et al., 1997b). Hodnoty The distance to the closest analog spadaly do intervalu 100 -150 pro 23 vzorků.

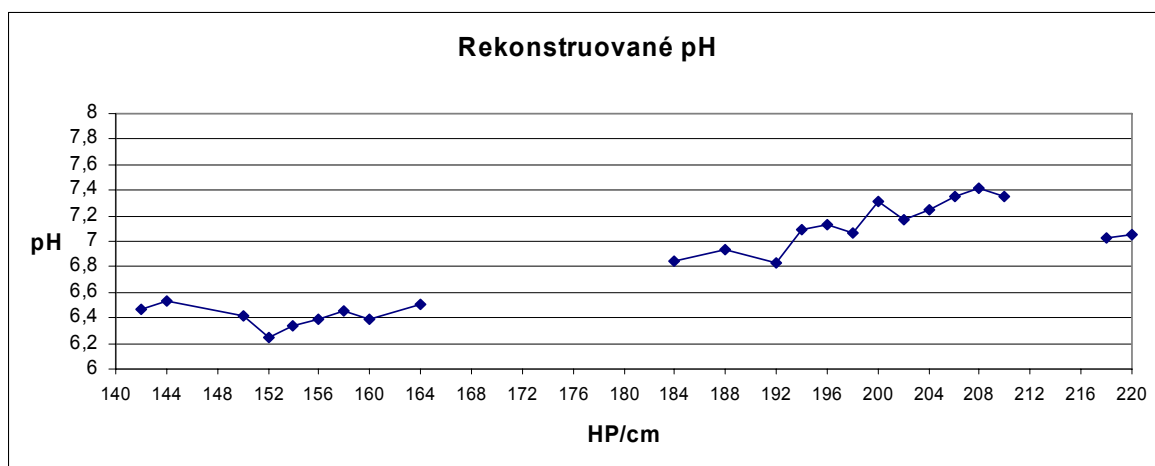
pH bylo rekonstruováno metodou WA (weighted averaging), jedinou dostupnou metodou pro tento data set. Hodnoty rekonstruovaného pH se pohybovaly okolo průměrné pH hodnoty datasetu ( $\text{pH}_{\text{finnish mean}} = 7$ ), použity proto byly hodnoty vypočítané metodou „inverse deshrinking“ .

Predikční schopnosti TF jsou silné a vysoce signifikantní:

"Jackknife" errors or errors of "prediction"

	Inverse	Classical
RMSE	0.30559	0.3123
r2	0.68948	0.69455
Ave Bias	-0.021339	-0.024823
Max Bias	0.70743	0.85331

Pro vrstvy 220-184 cm HP se hodnoty střední chyby průměru (Std. error) vypočítané pro jednotlivé vrstvy pohybují v int 0,32 - 0,34; pro vrstvy 164 -142 cm HP v int. 0,52 - 0,82.



graf 10

Rekonstruované pH chybí u neanalogních vrstev.

### 3.7.2 TP

Z 10 TP datasetů dostupných na EDDi největší analogii prokázal Northwest Europe TP dataset, vytvořený spojením 6 menších datasetů z různých oblastí Velké Británie, Švédska a Dánska. Více v (BENNION, 1996a). Hodnoty The distance to the closest analog spadaly do intervalu 100 - 150 pro 15 vrstev v rozmezí 220 - 178 cm HP.

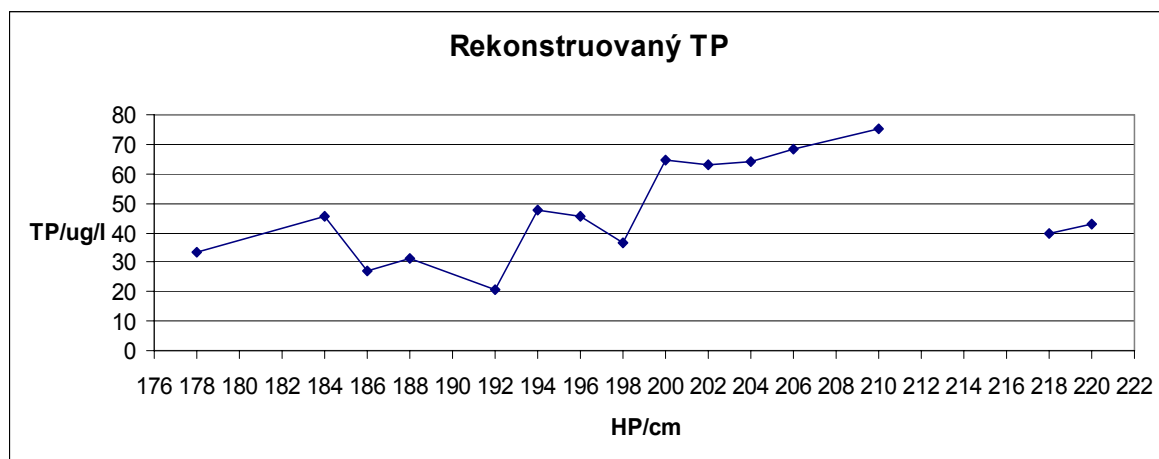
TP byl rekonstruován metodou LWWA (locally weighted weighted averaging), speciálně vytvořenou pro rozsáhlejší datasety. Hodnoty rekonstruovaného TP se pohybovaly spíše u spodní hranice rozmezí hodnot datasetu ( $TP_{nwe\ min} = 5\mu\text{m/l}$ ,  $TP_{nwe\ max} = 1189\mu\text{m/l}$ ), použity proto byly hodnoty vypočítané metodou „classical deshrinking“.

Predikční schopnosti TF jsou opět vysoce signifikantní:

"Jackknife" errors or errors of "prediction"

	Inverse	Classical
RMSE	0.25747	0.26083
r2	0.7543	0.74133
Ave Bias	0.0046723	0.011378
Max Bias	0.61866	0.55922

Hodnoty střední chyby průměru (Std. error) u  $\text{Log}_{10}$  transformovaných dat se u jednotlivých vzorků pohybují v intervalu 0,25 - 0,33.



graf 11

### 3.7.3 TOC

Na EDDi je dostupný pouze jeden dataset určený k rekonstrukci TOC, který vznikl rozšířením rekonstrukčních možností kombinovaného pH datasetu o tento parametr.

Hodnoty „The distance to the closest analog“ spadaly do intervalu 100 -150 pro 24 vrstev v rozmezí 220 -142 cm HP.



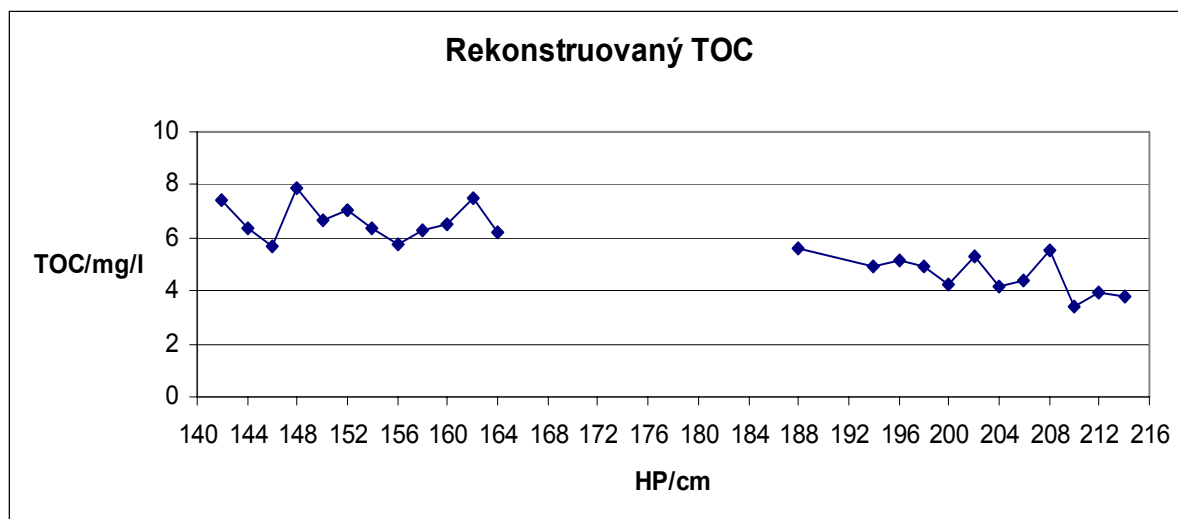
TOC byl rekonstruován metodou LWWA. Stejně jako u pH byly použity hodnoty vypočítané metodou „inverse deshrinking“. protože se hodnoty rekonstruovaného TOC nalézaly poblíž průměru datasetu ( $TOC_{pHcomb.mean} = 4,13$ ).

Predikční schopnosti TF jsou postatně méně signifikantní než u pH a TP:

"Jackknife" errors or errors of "prediction"

	Inverse	Classical
RMSE	2.1334	2.2483
r2	0.47006	0.44094
Ave Bias	0.039306	0.011522
Max Bias	7.1584	6.0931

Hodnoty střední chyby průměru (Std. error) se u jednotlivých vzorků pohybují v intervalu 1,95 - 2,75.



graf 12

## 4. Diskuze

### 4.1 Stav rozsivkových schránek v sedimentu

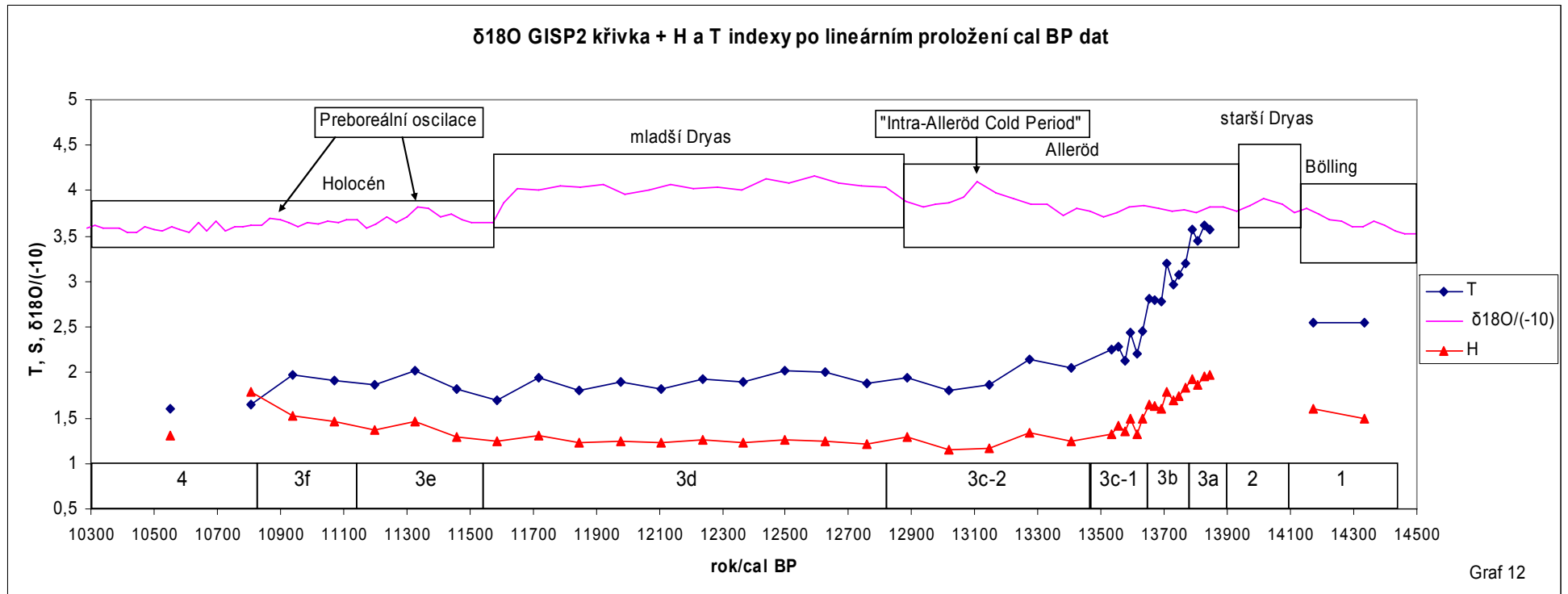
Jedním ze společných znaků všech vrstev je špatný stav schránek. K přípravě preparátů byl použit mokrá sediment, což vyloučilo jejich rozlámání při sušení pozorované v některých případech (MOSER, 2002). Rozlámání schránek při preparaci v  $H_2SO_4$  bylo vyloučeno pozorováním několika vzorků před a po digesci. Ukázalo se, že schránky jsou rozlámány i v sedimentu, který neprošel žádnou formou zpracování. Podobný stav valv v sedimentu pozdněglaciálního stáří byl rovněž zaznamenán v Komořanském jezeře (ŘEHÁKOVÁ, 1986). Jednou z příčin může být promrzání mělkého jezera. Míra rozlamanosti schránek by potom mohla sloužit jako nástroj k odvození teploty, frekvence zamrzání nebo výšky hladiny. I když by oddělení těchto tří proměnných nebylo jednoduché, ve spojení s ostatními metodami rekonstrukce prostředí z rozsivkové analýzy a ostatních proxy metod by šlo o platnou pomocnou kvalitativní metodu. Ideální k ověření této hypotézy by bylo porovnání analýz jezera Velanská cesta a Komořanského jezera s  $\delta^{18}O$  GISP2.

### 4.2 Plankton versus bentos

Zastoupení planktonních a bentických taxonů v otevřených systémech je měřítkem jejich hloubky (BATTARBEE, 2000). V průběhu HP Velanské cesty poměr plankton/bentos nepřesahuje hodnotu 10, tzn. bentické taxony zřetelně převažují. To vypovídá o celkově nízké úrovni hladiny po celou dobu existence jezera. Oscilace v poměru plankton/bentos byly velmi nepravidelné a nevykazovaly zjevné trendy při porovnání s  $\delta^{18}O$  GISP2.

### 4.3 DAZ

Zóny a podzóny jsou rozděleny co možná nejpřesněji podle klastrové analýzy. V některých případech bylo rozumnější použít praktičtější ohledy na členění (změna sedimentační rychlosti, osamocený vzorek na přechodu zón). Tehdy klastrová analýza ustoupila vyšší přehlednosti. Na tyto případy je v následujícím textu upozorněno.



graf 13

## 4.4 Porovnání rozsivkové a makrozbytkové analýzy s $\delta^{18}\text{O}$ GISP2

V kapitole diskuze jsou data z rozsivkové analýzy porovnávána s výsledky makrozbytkové analýzy stejného profilu (ŠAFRÁNKOVÁ, 2006) a průběhem  $\delta^{18}\text{O}$  křivky z grónského ledovcového vrtu GISP2 (STUVIER et al., 1995). Hodnoty  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2 převzaté z (The Greenland Summit Ice Cores CD-ROM GISP2/GRIP) jsou pro potřeby grafu 13 vyděleny hodnotou - 10. Vyšší hodnoty takto modifikované  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2 potom odpovídají chladnějším periodám. Období pozdního Glaciálu a Holocénu jsou k  $\delta^{18}\text{O}$  křivce přiřazena podle (STUVIER et al., 1995). Pouze datování „preboreálních oscilací“ je v souladu s (AMMAN & LOTTER, 1989). Teno způsob datace byl převzat z (POKORNÝ, 2000). Trofický index (T), index salinity (H),  $\delta^{18}\text{O}$ , DAZ a období pozdního Pleistocénu a Holocénu jsou vyneseny v grafu 13 .

Přesnější hodnoty T, H, pH, TP, TOC a zastupení jednotlivých ekologických skupin podle (VAN DAM et al., 1994) jsou k dispozici v kapitole Výsledky.

### 4.4.1 226 - 222cm HP

Pro tyto vrstvy tvořené pískem s drobnou příměsí organické hmoty, ve kterých byly nalezeny zbytky rozsivek v podstatě neidentifikovatelném stavu, max počet 50 nalezených ks, nebyly prováděny žádné analýzy. Původ zbytků schránek není úplně jasný. Nejpravděpodobnější je kontaminace ze svrchních vrstev sedimentu, ale rozsivky mohly být i původní. Pro existenci vodního prostředí svědčí přítomnost plodu *Potamogeton gramineus* (použit k  $^{14}\text{C}$  dataci) v 222cm HP a oospor Charophyta nalézaných od 224cm HP, proti naopak nepřítomnost efípií Cladocera (od 214cm HP). Velikost efípií (cca 2mm, (NOVÁK, personal communication)) neumožňuje nebo minimálně velmi znesnadňuje jejich případný pohyb sedimentem a kontaminaci spodních vrstev. To se nedá tvrdit o oosporách Charophyta (cca 0,5 mm) a zejména o úlomcích rozsivek (řádově desítky  $\mu\text{m}$ ), u kterých mohlo k tomuto jevu v písčitém sedimentu docházet poměrně snadno. Efípia perloočky vytvářejí pouze v nepříznivých podmínkách, tudíž jejich nepřítomnost nemůže vyloučit existenci vodního prostředí pro dané období. Jejich přítomnost však o ní poměrně spolehlivě svědčí.

Vzhledem k malému množství materiálu z plodu *Potamogeton gramineus* je datace tohoto úseku velmi nepřesná: 95,4 prob. interval<sup>5</sup> (15 220 - 13 750 cal BP) se překrývá s 95,4 prob. intervalem z 214cm HP (13 980 - 13 710 cal BP).

---

<sup>5</sup> Časový interval, do něhož spadá datace analyzovaného organického zbytku s pravděpodobností 95,4%

#### 4.4.2 DAZ1

Zahrnuje vzorky 220 - 218cm HP. Sedimentační rychlost v vypočítaném lineárním proložení středů cal BP prob. intervalů je přibližně 0,1mm/rok. Datace odpovídá přibližně konci interstadiálu Bölling.

Koncentrace rozsivek je o poznání vyšší než u předešlých vrstev. Dosažení počtu > 650ks valv nepředstavovalo žádný problém. Dominantní jsou malé bentické druhy rodu *Fragilaria* (*F. construens*, *F. pinnata*) a *Aulacoseira valida*. Zastoupení jednotlivých druhů připomíná pozdější vrstvy, ale výrazně se liší od bezprostředně následujících. Například početné druhy *A. valida*, *Encyonema elginense* se poté ve srovnatelném množství objevují až v cca 190cm HP. Schránky lze tedy považovat za původní.

Rozdělení podle teplotních optim (graf 9 - kap. Výsledky) rovněž naznačuje, že se jedná o vrstvy zaznamenávající konec teplejšího období. Dochází nárůstu *F. pinnata* považovaného za indikátor nízkých teplot (BIGLER et al., 2001). Přítomny jsou ale i druhy indikující vyšší teploty, především *Denticula kuetzingii*. Tuto koexistenci lze vysvětlit podobnými nároky *D. kuetzingii* a malých druhů rodu *Fragilaria* na salinitu (VAN DAM et al., 1994). Podstatný je spíše posun *F. pinnata* v rámci rodu *Fragilaria* na úkor teplomilnějšího druhu *F. construens*. Trofie: T<sup>6</sup> se pohybuje lehce nad 2,5 tzn. indikuje přechod mezi oligo-meso až mesotrofií. Tomu odpovídá i TP nabývající hodnot kolem 40ug/l.

pH: Dominují alkalifilní a circumneutrální taxony (graf 8 - kap. výsledky), pH se pohybuje kolem hodnoty 7.

Salinita: Zastoupení taxonů sladkovodních a sladkovodně-brakických je v 220 cm HP vyrovnané, v 218cm HP dochází k mírnému posunu ve prospěch sladkovodně-brakických taxonů. H<sub>220</sub> = 1,5, H<sub>218</sub> = 1,6.

Makrozbytky: v malém počtu zaznamenány oospóry Charophyta, konkrétně rodu *Chara*. Další nalezená rezidua patří rostlinám, které nejsou striktně vázány přímo na vodní prostředí (např. *Carex* sp., Bryales sp.).

Shrnutí: tato zóna, odpovídající konci interstadiálu Bölling představuje první dobře ohraničené období v historii jezera. Dominance malých druhů rodu *Fragilaria* je pro počáteční stádia vývoje mělkých jezer typická (ŘEHÁKOVÁ, 1986). Narůstající abundance *F. pinnata* v rámci rodu dokládá přechod ke studenějšímu období - staršímu Dryasu.

---

<sup>6</sup> T-trofický index, TP-celkový fosfor, H-index salinity, TOC-celkový organický uhlík

### 4.4.3 DAZ2

Představuje pouze vzorek 216cm HP. Datací vrstva spadá do období staršího Dryasu. Celková suma nalezených valv je pouze 50ks a zdaleka nedosahuje rozumné spodní hranice na vzorek (BATTARBEE, 1986), tudíž výpočet indexů salinity (H) a trofie (T) i TP, pH a TOC z transférových funkcí nebyl možný.

Salinita: pravděpodobně nejvyšší za celou historii jezera, podíl sladkovodně-brakických druhů dosahuje 80%.

Trofie: vysoký počet indiferentních taxonů (> 50%), pravděpodobně mesotrofní prostředí

pH: zastoupení alkalifilních taxonů je nejvyšší v historii jezera, lze tedy předpokládat nejvyšší pH.

Teplota: nejvyšších abundancí v rámci rodu *Fragilaria* dosahuje indikátor nízkých teplot *F. pinnata*. Maximum nabývá i indikátor vyšších teplot *Denticula kuetzingi*. Příčiny jejich koexistence jsou diskutovány v DAZ1. Abundance *F. pinnata* naznačuje, že jde o velmi chladné období, pravděpodobně nejchladnější v historii jezera.

Makrozbytky: Významný nárůst počtu oospor Charophyta, první výskyt zaznamenán u taxonu *Batrachium* sp., *Potamogeton* sp., opět se objevuje *Potamogeton gramineus*.

Biorezidua přítomná v DAZ2 jsou pravděpodobně původní a odpovídají pro jezero extrémním (salinita, pH, teploty) podmínkám staršího Dryasu. Nízká celková suma schránek může někdy být spojena se suššími periodami (DAVIDOVA et al, 2001). O jejich původnosti svědčí vyšší zastoupení některých velkých taxonů (*Stauroneis phoenicenteron*, *Neidium ampliatum*) oproti okolním vzorkům. Pozitivní selekce ve prospěch velkých taxonů při kontaminaci z okolních vrstev je nepravděpodobná.

### 4.4.4 DAZ3

Vytváří jeden klastr v rozsahu 214 - 142cm HP, který je rozčleněn na dalších 8 podzón.

Zahrnuje poslední část Pleistocénu (konec staršího Dryasu, interstadiál Allöred, mladší Dryas). Sedimentační rychlost vypočítaná lineárním proložením středů cal BP prob. intervalů je pro vrstvy 214 - 182cm HP přibližně 1mm/rok, pro vrstvy 180 - 132cm HP 0,2mm/rok.

#### 4.4.4.1 DAZ3a

Do této zóny spadají vrstvy 214 - 208cm HP. Dvojice 214, 212cm HP a 210, 208cm HP jsou podle klastrové analýzy samostatné. Z praktických důvodů jsou spojeny do této zóny.

Datace odpovídá zhruba konci staršího Dryasu a počátku interstadiálu Alleröd. Celková suma valv je > 650ks na vrstvu. Sedimentační rychlost je velmi vysoká: 1mm/rok. Jeden vzorek představuje tedy cca 20 let jezerní historie.

Rozsivky: ve 214cm HP je maximální abundance chladnomilné *F. pinnata* v historii jezera, ale v rámci rodu *Fragilaria* už jde o pokles, který pokračuje s menšími výkyvy až do praktického vymizení *F. pinnata*. Dominantou se v průběhu zóny stává *F. construens*.

Salinita: H je relativně stabilní a vysoký, pohybuje se v intervalu 1,97 - 1,93. Pouze v 210cm HP dochází k jeho poklesu na 1,87 ( graf 6 - kap. Výsledky).

Trofie: T je nejvyšší v historii jezera. Jeho hodnoty spadají do int. 3,62 - 3,57 tzn. pomezi meso a meso-eutrophických podmínek. Pouze u 210cm HP je zaznamenán pokles:  $T_{210} = 3,44$  viz graf 4.

TP je vypočten pouze pro 210cm HP a je nejvyšší v historii jezera  $TP_{210} = 75 \text{ ug/l}$ , což zhruba odpovídá spodní hranici eutrofie. Tento jev je pravděpodobně způsoben malou primární produkcí rostlin v okolní krajině. Jejich neschopnost účinně vázat dostupný fosfor vede k jeho zvýšenému transportu do jezera (VRBA, personal communication).

pH: pH je vypočteno pro 210 a 208cm HP, pohybuje se kolem hodnoty 7,4 a je nejvyšší v historii jezera. Pouze ve 216cm HP lze předpokládat ještě vyšší hodnoty.

TOC: vypočten pro všechny vrstvy, v 214 - 210 cm HP se pohybuje mezi 3,4 - 3,9mg/l, nejnižší hodnoty v historii jezera, ve 208cm HP narůstá na 5,5. Tyto hodnoty je třeba brát s rezervou kvůli vysoké predikční chybě modelu pro TOC viz kapitola Výsledky.

Makrozbytky: od 214 cm HP obecně zvýšení počtu nalezených makrozbytků. V rámci Charophyta dominantní rod *Chara*, první nález rodu *Nitella*. Poprvé se objevují efípiia Cladocera, tzn. vodní prostředí již bezpochyby existovalo.

Shrnutí: výrazný nárůst koncentrace rozsivek a postupné snižování *F. pinnata* odhalují počátek oteplení ve 214cm HP. Hodnoty salinity, trofie a pH jsou nejvyšší doložené v celém průběhu HP (pro DAZ2 lze předpokládat i vyšší hodnoty, ale jde o spekulaci, protože chybí dostatek schránek). Lineární proložení dat v kombinaci s  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2 křivkou věrohodně datují tuto zónu na počátek interstadiálu Alleröd.

#### 4.4.4.2 DAZ3b

Zahrnuje vrstvy 206 - 194cm HP, které vytvářejí jeden klastr.

Datací spadá do interstadiálu Alleröd. Sedimentační rychlost je vysoká - 1mm/rok.

Rozsivky: dominantní stále malé druhy rodu *Fragilaria*, ve větší míře se začínají objevovat rody a druhy spojené s pozdějšími sukcesními stádii jezera (ŘEHÁKOVÁ, 1986): např.

*Encyonema hebridica*, *Eunotia incisa*, *Aulacoseira valida* atp.

Salinita: H je nižší než u DAZ2a. Klesá z 1,83 na 1,63 s výkyvem směrem k vyšším hodnotám ve 200cm HP viz graf 6.

Trofie: T je nižší než u DAZ2b. V 206 - 200cm HP se pohybuje mezi hodnotami 3,2 - 3. Zásadní pokles je v 198 cm HP a to na 2,8 (graf 4 - kap. Výsledky), kde se pohybuje až do konce zóny, TP je vypočten pro všechny vzorky, Ve vrstvách 206 - 200cm HP je jeho hladina v podstatě konstantní  $TP_{206-200} = 69 - 65 \text{ug/ml}$ . Zlom přichází ve 198cm HP.  $TP_{198} = 37 \text{ug/l}$  a poté následuje mírný nárůst až na  $48 \text{ug/l}$  ve dvou následujících vzorcích (graf 11 - kap. Výsledky).

pH: pokles ze 7,4 na 7,1 jednotky, ve 200cm HP je zaznamenán výkyv na 7,3. Pro 200 - 198cm HP je zaznamenán pokles počtu acidofilních taxonů.

TOC: velmi podobné hodnoty jako v DAZ3a

Makrozbytky: rod *Chara* ustupuje a jeho místo zaujímá rod *Nitella*, zlom je patrný ve 198 cm HP. Zastoupení makrozbytků ostatních makrofyt se prakticky nemění

Shrnutí: v průběhu zóny dochází k poklesu T i H. Nejzajímavější je zlom v zastoupení Charophyta ve 198cm HP. Klima by podle  $\delta^{18}\text{O}$  mělo v průběhu zóny zůstat poměrně vyrovnané. Může jít o reakci na změnu chemismu vodního prostředí, jak uvedla v souvislosti s rodovou obměnou v rámci Charophyta (ŠAFRÁNKOVÁ, 2006), kdy podle (TOBOLSKI & AMMAN, 2000) docházelo s posunem k eutrofnějšímu prostředí k výměně rodu *Nitella* rodem *Chara*. Ve 198cm HP dochází k procesu zcela opačnému, rod *Chara* ustupuje rodu *Nitella*. ve spojení s výrazným poklesem TP. Další z možných příčin je pokles pH, který je v rámci zóny rovněž zaznamenán a dáván do souvislosti s touto událostí (ŠAFRÁNKOVÁ, 2006).

#### 4.4.4.3 DAZ3c-1

Zahrnuje vrstvy 192 - 182cm HP, datací spadá do interstadiálu Alleröd. Sedimentační rychlost je vysoká: 1mm/rok.

Rozsivky: dominují taxony typické pro pozdější sukcesní stadia jezer: *Aulacoseira valida*, *Encyonema hebridica*, na významu nabývá *Encyonema elginense*.

Salinita:  $H_{192}$  je o 0,14 nižší než H posledního vzorku předchozí DAZ3b. Pokles salinity v průběhu zóny je vyrovnaný s počáteční hodnotou  $H_{192} = 1,50$  a konečnou  $H_{182} = 1,33$

Trofie: počáteční  $T_{192}$  je o 0,37 nižší než T posledního vzorku DAZ3b. V průběhu zóny osciluje mezi hodnotami 2,46 - 2,12, přičemž počáteční hodnota je  $T_{192} = 2,45$  a konečná



hodnota je  $T_{182} = 2,25$ . Jde rovněž o pokles. Nápadný je výkyv směrem k vyšším hodnotám u  $T_{184} = 2,28$  a  $T_{182} = 2,25$  patrnější v grafu 4. Pravděpodobně jde o důsledek chladnější periody v rámci Allerödu. TP je vypočten pro 4 vrstvy a v průběhu zóny narůstá z  $TP_{192} = 20\text{ug/l}$  na  $TP_{184} = 46\text{ug/l}$ . Jde tedy o opačný trend než u T. Podstatné je, že TP dosahuje maxima v 184cm HP. To odpovídá výkyvu v  $T_{184}$ .

pH: pH je odvozeno pro 3 vrstvy, je vyrovnané, pohybuje se v rozmezí 6,8 - 6,9. Oproti předešlé zóně jde o pokles o 0,2 jednotky.

TOC je odvozeno pro jednu vrstvu a je podobné předchozí zóně.

Makrozbytky: dochází ke zvyšování poměru *Nitella/Chara*, ve 182cm HP se objevuje chladnomilný *Nuphar pumila*. Tato skutečnost dobře odpovídá výše diskutovaným výkyvům v T.

Shrnutí: nejzajímavější událostí v zóně je výkyv T a TP který patrně koresponduje se studenější periodou zaznamenanou na  $\delta^{18}\text{O}$  křivce. Tuto domněnku podporuje i nález chladnomilného *Nuphar pumila* ve stejné vrstvě. Celkově jde o další pokles T a H.

#### **(Shrnutí DAZ3a – DAZ3c-1)**

V průběhu tohoto velmi krátkého období (přibližně necelých 500 let) jezero prodělalo nejprudší vývoj: Došlo k výraznému snížení salinity a trofie, nárůstu TOC, sedimentační rychlost byla nejvyšší v jeho historii. Pravděpodobně jde o důsledek výrazného oteplení které přišlo s koncem staršího Dryasu.

#### **4.4.4.4 DAZ3c-2**

Zahrnuje vrstvy 180 - 172. Od zóny DAZ3c-1 není vymezen klastrovou analýzou.

Výrazná změna sedimentační rychlosti a textury sedimentu (gytja s příměsí větších organických částí) ho ale od ní výrazně odlišuje, proto je diskutován zvlášť.

Vrstva 172cm HP nespádá přímo do klastru DAZ2D. Jde o přechodný vzorek, který má samostatné postavení v DAZ2. Pouze z praktických důvodů je zahrnut do DAZ3c-2.

Datací tato zóna spadá do interstadiálu Alleröd a jeho hranici s mladším Dryasem, obsahuje jeho studený výkyv – „Intra Alleröd Cold Period“.

Rozsivky: *Aulacoseira valida* dosahuje maximálních hodnot, zvyšuje se zastoupení *Encyonema elginense*, *Encyonema hebridica* je relativně stabilní.

Salinita: dosahuje minima v rámci HP:  $H_{174} = 1,15$ ; nápadné jsou dva výkyvy směrem k vyšším hodnotám  $H_{178} = 1,34$  a  $H_{172} = 1,29$ .

Trofie: T dosahuje velmi nízkých hodnot rámci HP, např  $T_{174} = 1,78$ ; nápadné jsou opět dva výkyvy směrem k vyšším hodnotám u stejných vrstev jako v případě H:  $T_{178} = 2,14$  a  $T_{172} =$

1,95. První pravděpodobně odpovídá „Intra Alleröd Cold Period“, druhý nástupu mladšího Dryasu. Patrnější je tato korelace s  $\delta^{18}\text{O}$  křivkou v grafu 13. Posun v dataci může být způsoben nedokonalostí cal BP datování (je určen pouze 95,4 prob. interval, tedy nelze určit přesný bod na časové ose) a hlavně nepřesností lineárního proložení.

$\text{TP}_{178} = 34\text{ug/l}$ . Vzhledem k tomu, že neexistují výpočty pro ostatní vzorky, je interpretace složitá. Lze ale předpokládat, že se hodnoty TP pro ostatní vrstvy pohybovaly pod touto hranicí, protože 178cm HP dosahuje nejvyšších hodnot trofického indexu pro tuto zónu. Jde však opět o hrubý odhad, protože např. v DAZ3c-1 měly T a TP opačný průběh.

pH: Ani pro jeden vzorek nebylo vypočítáno pH. Dominantní jsou circumneutrální taxony - pravděpodobně nedošlo k výrazné změně oproti DAZ3c-1. pH se pravděpodobně pohybovalo mírně pod nebo kolem hodnoty 7.

Makrozbytky: ve 178cm HP byla nalezena chladnomilná *Betulla nana*. Rovněž chladnomilný druh *Nuphar pumila* byl nalezen ve 172cm HP.

Shrnutí: jde o poměrně stabilní období podobné DAZ3c-1. Podstatná je změna ve snížení sedimentační rychlosti. Opětovné nalezení makrozbytků chladnomilných druhů ve vrstvách se zvýšeným T a H podporuje přiřazení těchto vrstev k „Intra Alleröd Cold Period“ respektive k počátku mladšího Dryasu jak ukazuje i korelace s  $\delta^{18}\text{O}$  křivkou. Její průběh nápadně kopíruje průběh T a H s určitým časovým posunem. Ten může být způsoben nepřesnostmi v dataci.

#### 4.4.4.5 DAZ3d

Zahrnuje vrstvy 170 - 152 cm HP. Dataci odpovídá velmi dobře celému mladšímu Dryasu, vrstva 152 cm HP zaznamenává přechod mezi mladším Dryasem a Preboreálem.

Sedimentační rychlost pro toto období je přibližně 0,2mm/rok.

Rozsivky: V průběhu zóny se stává dominantní *Encyonema elginense*, *Aulacoseira valida* ustupuje, *Encyonema hebridica* prakticky mizí.

Salinita: Velmi vyrovnaný průběh H. Hodnoty se pohybují v intervalu 1,21 - 1,27. Pouze  $\text{H}_{154} = 1,32$ .

Trofie: T se pohybuje v rozpětí hodnot  $\text{T}_{166} = 2,01$  a  $\text{T}_{160} = 1,81$ . Zásadní je pokles je v poslední vrstvě zóny  $\text{T}_{152} = 1,69$ . TP není vypočten ani pro jeden vzorek.

pH je vypočteno pro 5 vzorků a pohybuje se v intervalu 6,5 - 6,3 jednotky. Dosahuje nejnižších hodnot v rámci HP.

TOC: je vypočten pro 7 vzorků. V průběhu zóny narůstá z přibližně 4,2mg/l až na přibližných 7,5mg/l v 158cm HP, následně opět klesá na cca 5,7mg/l ve 152cm HP. Opět

podotýkám, že model pro TOC je velmi slabý s RMSEP (Residual Mean Square Error of Prediction) = 2,14 jednotky. Pro posouzení sledovaných trendů jde ale o dostatečný nástroj Makrozbytky: Na počátku zóny, ve 170 a 168cm HP byla nalezena residua chladnomilného druhu *Nuphar pumila*, který se poté již v HP neobjevil. To naznačuje, že nejnižší teploty panovaly na úplném počátku periody a později už podobných hodnot nedosáhly. Naopak od 164cm HP je patrný nárůst dřevin, zastoupených především taxonem *Betula* sp. (od této vrstvy až po 114cm HP počet nalezených dřevin přesahuje 20ks ze vzorku). Od 156cm HP se počet dřevin ještě zvyšuje a zastupeny jsou *Betula* sp., *Betula pubescens* a *Betula pendula* současně. Pravděpodobně tedy k zásadnímu oteplení nedošlo na začátku Holocénu, ale v druhé, podle korelace s  $\delta^{18}\text{O}$  křivkou teplejší, polovině mladšího Dryasu. Ve 154cm HP dochází k obrácení poměru *Nitella* sp./*Chara* sp. ve prospěch rodu *Chara*: 120/710

Shrnutí: Jezero je slabě kyselé a obsahuje velké množství organických látek. Jedná se o nejstabilnější období v jeho historii. Lineární proložení dat a klastrová analýza ohraničili toto období velmi přesně a ve shodě  $\delta^{18}\text{O}$  křivkou. Pokles T ve 152cm HP souhlasí s počátkem Preboreálu. Makrozbytková analýza ukazuje podstatné změny v klimatu právě v druhé, teplejší polovině mladšího Dryasu. Obrácení poměru *Nitella* sp./*Chara* sp. ve 154cm HP je zajímavé,  $T_{154} = 1,94$ , tedy v rámci zóny velmi vysoký, nicméně se nedá srovnat se změnou TP v 198cm HP DAZ3c-1. Musí za ní tedy stát jiná proměnná, kterou zatím nejsme schopni identifikovat.

#### 4.4.4.6 DAZ3e

Zahrnuje vrstvy 150 - 146cm HP. Datací spadá na počátek Preboreálu.

Rozsivky: dominantní stále *Encyonem elginense*, nárůst *Neidium ampliatum* a *Pinnularia* sp., *Aulacoseira valida* ustupuje.

Salinita: pokles v poslední vrstvě předchozí zóny  $H_{152} = 1,25$  je následován pravidelným nárůstem:  $H_{150} = 1,3$ ,  $H_{148} = 1,47$ . Následuje opět pokles na  $H_{146} = 1,36$ .

Trofie: T má průběh podobný H, jen s nápadnějšími rozdíly. Pokles v poslední vrstvě předchozí zóny  $T_{152} = 1,7$  je následován pravidelným nárůstem:  $T_{150} = 1,82$ ,  $T_{148} = 2,02$ .

Následuje opět pokles na  $T_{146} = 1,86$ . TP není vypočten pro žádnou vrstvu.

pH: vypočteno pro jednu vrstvu:  $\text{pH}_{150} = 6,4$ , jde tedy o mírný nárůst (0,17 jednotky) oproti konci předchozí zóny.

TOC: oproti konci předchozí zóny pokles v  $\text{TOC}_{150} = 6,6\text{mg/l}$  a následný nárůst na  $\text{TOC}_{148} = 7,6\text{mg/l}$  a další pokles až na  $\text{TOC}_{146} = 5,7\text{mg/l}$ .

Makrozbytky: počátek holocénu není v makrofytech výrazně patrný.

Shrnutí: nástup Preboreálu a tím i vyšších teplot je zaznamenán v T i H propadem v poslední vrstvě předchozí zóny a pravidelným stoupáním v průběhu této zóny. Maximum hodnot T a H v této zóně velmi dobře odpovídá studenějšímu výkyvu (preboreální oscilace) na  $\delta^{18}\text{O}$  křivce na počátku Preboreálu.

#### 4.4.4.7 DAZ3f

Slučuje k sobě vrstvy 144 a 142cm HP, které mají podle klastrové analýzy samostatné postavení. Spojuje je pouze sousední umístění v HP a příslušnost k DAZ3. Vrstva 142cm HP je poslední ve které se podařilo napočítat > 600ks valv.

Rozsivky: Zřetelný pokles *Encyonema elginense*, *Aulacoseira valida* podobně jako v předchozí zóně, nárůst *Frustulia* sp. a *Neidium ampliatum*.

Trofie: T opět od posledního vzorku předešlé vrstvy pravidelně stoupá až na  $T_{142} = 1,97$ . TP nemohl být vypočten.

Salinita: H stoupá podobně jako T, vrcholu ale dosahuje až v následující zóně ( $H_{140} = 1,79$ )

pH: vypočteno pro obě vrstvy, pohybuje se podobně jako v předchozí zóně kolem hodnoty 6,5.

TOC: oproti předchozí zóně postupný nárůst na  $\text{TOC}_{142} = 7,5$ .

Makrozbytky: Od 142cm HP se souvisle objevuje *Typha* sp., její výskyt ukazuje na finální fázi zazemňování jezera.

Shrnutí: Vrchol v T podle  $\delta^{18}\text{O}$  velmi pravděpodobně odpovídá druhé preboreální oscilaci. Podle přítomnosti *Typha* sp. ve 142cm HP se jedná o počátek finální zazemňovací fáze jezera. Nalezená residua rozsivkových schránek patří druhům se silně zkřemenělou schránkou - *A. valida* nebo velkým druhům rodu *Pinnularia* (*P. neomajor* var. *inflata*, *P. nobilis* var. *rectangularis*) u kterých byly nalezeny pouze středové oblasti. V této fázi mohlo docházet k úbytku rozsivek v důsledku rozpouštění schránek. Rozpouštění rozsivkových schránek se obecně zvyšuje se stoupající tvrdostí vody a salinitou (BRUGAM, 1983). Výrazné změny v těchto faktorech ale v tomto úseku zaznamenány nebyly. Pravděpodobně jde tedy o celkové snížení produkce rozsivek spojené se zanikáním jezera, přičemž velmi špatný stav valv zůstává nevysvětlen..

#### 4.4.5 DAZ4

Zahrnuje vrstvy 140 - 130cm HP (chybí 134cm HP), které jsou podle klastrové analýzy zřetelně odděleny od DAZ3, ale jinak stojí samostatně. Toto uspořádání odráží finální fázi zazemňování. Jednotlivé vzorky se od sebe podstatně liší a počet valv potřebný k výpočtu T,

H (> 350) se podařilo získat pouze pro 140 a 136cm HP. Datací zóna odpovídá Preboreálu v období po chladnějších oscilacích.

Výpočet TOC, TP a pH pomocí TF nebyl vůbec možný.

Rozsivky: dominuje *Pinnularia* sp., *Aulacoseira valida* je na stejné úrovni jako v předchozí zóně.

Trofie: výrazný pokles proti předchozí zóně až na  $T_{136} = 1,61$ .

Salinita: nárůst na  $H_{140} = 1,787$  a konečný pokles na  $H_{136} = 1,31$ .

pH: nárůst indiferntních druhů znesnadňuje interpretaci.

Makrozbytky: souvislý výskyt *Typha* sp. končí ve 136cm HP, výskyt *Nitella* sp. stejně jako přítomnost efipií *Cladocera* končí ve 134cm HP. To dokládá praktický zánik vodního prostředí.

Rozsivková analýza: výrazný nárůst počtu středových oblastí velkých druhů rodu *Pinnularia* pro tuto zónu. Jejich původnost je diskutabilní.

Shrnutí: Propojení všech diskutovaných faktorů ukazuje, že finální fáze zazemňování začala ve 142cm HP - první souvislá přítomnost *Typha* sp. a skončila přibližně ve 134cm HP - poslední nálezy efipií *Cladocera* a oospor rodu *Nitella*. Vysvětlení přítomnosti zbytků rozsivek ve vrstvě 130cm HP je nejasné. Bioturbace nebo jiná kontaminace této vrstvy by určitě neměla být pozitivně selektivní pouze k rozsivkovým schránkám. Nejedná se ani o taxony s výrazně menšími nároky na vlhkost (VAN DAM et al., 1994) oproti předešlým vrstvám. Přesnější datum zániku jezera tak snad odhalí výsledky analýzy *Cladocera*, která ještě probíhá.

Výrazné zvýšení salinity ve 140cm HP až na hodnoty z počátku existence jezera může být spojeno s vysycháním. Je pravděpodobné, že v této fázi se již jezero chovalo jako uzavřený systém. Podobná situace je předpokládána i u zaniklého jezera Švarcenberk (POKORNÝ, 2000). Zvýšení salinity je v takové situaci pevně svázáno s úbytkem vody (BATTARBEE, 2000).

#### 4.4.6 128 - 126cm HP

V těchto vrstvách nebyly nalezeny žádné rozsivkové schránky a jezero pravděpodobně bylo úplně zazemněno.

### 4.5 Korelace T, H s $\delta^{18}\text{O}$ GISP2

V grafu 13 a je velmi nápadný průběh S a H v kontextu s  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2 křivkou. Vyšší hodnoty T a H, někdy s určitým fázovým posunem způsobeným nedokonalostí datace HP, odpovídají

vyšším hodnotám  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2. Tato korelace je navíc často podpořena makrozbytkovou analýzou. Vyšší trofie ve studenějších obdobích mohla být způsobena menší schopností vegetace „vychytávat“ fosfor z krajiny a jeho transportu do jezera (VRBA, personal communication). Průběh H, který je oproti T v odezvách na změny klimatu méně výrazný mohl značit vyšší stupeň eroze pro daná období. Zajímavá je i skutečnost, že výpočet T a H je založen na veskrze empirických hodnotách přiřazených taxonům (VAN DAM et al., 1994) a v současnosti je prakticky nevyužívaným nástrojem. S indexem salinity jsem se v odborné literatuře vůbec nesetkal. Překvapující je schopnost těchto v současnosti „velmi nepřesných“ parametrů kvality vodního prostředí reagovat na klimatické změny tak zjevně. Minimálně pro případ Velanské cesty jde dle mého soudu o platnější nástroj než rovněž použité moderní transferové funkce pro TP, TOC a pH.

Bližší poznání o odpovědi T a H na změny klimatu bohužel opět znemožnila nedokonalá datace a poměrně dlouhé intervaly vzorkování (2cm) HP. V nejlepším případě tak docházelo ke smíchání rozsivek z 20 vegetačních sezón, tudíž ke zprůměrování jejich odezvy na změnu klimatu za 20 let.

## 5. Závěr

Sediment jezera Velanská cesta zaznamenává přibližně 4 000 let dlouhou historii vlastního jezera i okolní krajiny. Od jeho vzniku až po úplné zazemnění se jednalo o rozlohou velmi malé a mělké jezero. Přítomná rozsivková flóra velmi pružně reagovala na změny klimatu a měnila své složení podle nestálých podmínek pozdního pleistocénu.

První etapa vývoje jezera spadá na konec teplejšího interstadálu Bölling, přibližně 14 500 cal BP. Jezero bylo slabě mesotrofní, pH neutrální, salinita odpovídala sladkovodním podmínkám. V tomto období už je patrný vzestup chladnomilných taxonů. Sedimentační rychlost je relativně nízká - 0,1mm/rok.

Druhou fází představuje studený výkyv starší Dryas. Velmi malé množství dochovaných rozsivkových schránek neumožnilo provést rekonstrukci srovnatelnou s ostatními periodami. Vše ale nasvědčuje tomu, že podmínky byly vůbec nejextrémnější (salinita, pH, teplota) v historii jezera.

Na počátku teplejšího interstadiálu Allöred se jezero pohybuje na pomezí meso a eutrofních podmínek. Salinita je rovněž vysoká, blíží se sladkovodně-brakickým hodnotám, pH je mírně alkalické. Chladnomilné druhy rozsivek začínají ustupovat. V následujících cca 500 letech probíhá výrazné snižování trofie, salinity, pH a mírné zvyšování obsahu TOC v jezeře.

Sedimentační rychlost je velmi vysoká - 1mm/rok. Jde o nejbouřlivější fázi vývoje, na jejímž konci jezero získalo tvář, která se až do konce jeho existence měnila pouze mírně. Další vývoj v rámci interstadiálu Allöred je typický výrazným snížením sedimentační rychlosti až na 0,2mm/rok a relativně stabilními parametry vodního prostředí. Zajímavé jsou výkyvy v trofii a salinitě směrem k vyšším hodnotám v obdobích odpovídajících „Intra-Allöred Cold Period“ a počátku mladšího Dryasu, podpořené nálezy makrozbytků chladnomilných druhů makrofyt. V průběhu mladšího Dryasu chladnomilná vegetace ustupuje a v druhé polovině periody je nahrazována teplejšími druhy. Sedimentační rychlost zůstává na hodnotě 0,2mm/rok a parametry vodního prostředí také zůstávají velmi stabilní.

Příchod Holocénu se projevil relativním poklesem salinity i trofie a jejich pozvolným nárůstem ke studenějším výkyvům („Preboreal oscillation“) zachyceným na  $\delta^{18}\text{O}$  GISP2. Změny ve vegetaci spojené s nástupem holocénu nejsou zachyceny makrozbytkovou analýzou. V průběhu preboreálu dochází k finálnímu zazemňování jezera. Vodní plocha definitivně mizí kolem roku 10 300 cal BP.

Nápadná odpověď změn trofie a salinity na studenější výkyvy podpořená makrozbytkovou analýzou otevírá pole pro diskuzi, stejně jako nevýrazná reakce makrofyt na nástup Holocénu.

Jistější interpretace bude umožněna až spojením výsledků všech proxy metod, z nichž některé jsou stále ještě ve stádiu zpracování.



## 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.
- AMMAN B. & LOTTER A.F. (1989): Late-glacial radiocarbon and palynostratigraphy of the Swiss Plateau. *Boreas*, 22: 171-188.
- 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 C., METCALFE S. E. & PETREQUIN P. (1997): Holocene climatic change in the Zacapu lake basin, Michoacán: Synthesis of results. *Quaternary International*, 43/44: 173-179.
- ARZET K.(1987): Diatomeen als pH-Indikatoren in subrezentem Sedimenten von Weichwasser-seen. Dissertationen aus der Abteilung für Limnologie des Institut für Zoologie der Universität Innsbruck, 24: 1-266.
- ARZET (1993): Diatoms. In: SCHMIDT R. (ed) Acidification of Bohemian Lakes. Recent trend and historical development. *Závěrečná zpráva programu Ost-West*. pp. 24-32.
- 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.
- BATTARBEE R.W. (1986): Diatom analysis. In: BERGLUND, B. E.(ed), *Handbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. pp. 527-570.
- BATTARBEE R. W. (2000): Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to biological record. *Quaternary Science Reviews*, 19: 107-124.
- BENNION H., JUGGINS S. & ANDERSON N. J.(1996a): Predicting epilimnetic phosphorus concentrations using an improved diatom-based transfer function and its application to lake eutrophication management. *Environmental Science and Technology*, 30: 2004-2007.
- BIGLER CH., ROLAND I. & RENBERG I. (2001): A diatom-training set for palaeoclimatic inferences from lakes in northern Sweden. In: WILLIAMS W. D. (ed) *Verhandlungen IVL*, 27 (3) , Gantner Verlag K.G, Ruggel. pp. 1174-1187.
- BIGLER C. & HALL R. I. (2003): Diatoms as quantitative indicators of July temperature: a validation attempt at century-scale with meteorological data from northern Sweden. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 189: 147-160.

- BIRKS H. J. B., MADDY D. & BREW J.S. (EDS.) (1995): Quantitative paleoenvironmental reconstructions. In: Statistical Modeling of Quaternary sciences. *Quaternary research association, Cambridge, England Technical guide 5*. pp. 161-264.
- BIRKS H. J. B., JUGGINS S., STEVENON A. C. & TER BRAAK C. J. F. (1990): Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 327b: 263-278.
- BRANCELJ A., SISKO M., MURI G., APPLEBY P., LAMI A., SHILLAND E., ROSE N. L., KAMENIK C., BROOKS S. J. & DEARING J. A. (2002): Lake Jezero v Ledvici ( NW Slovenia) - changes in sediment records over the last two centuries. *Journal of Paleolimnology*, 28 (1): 47-58.
- BRÜCHMAN C. & J. F. W. NEGENDANK (2004): Indication of climatically induced natural eutrophication during the early Holocene period, based on annually laminated sediment from Lake Holzmaar, Germany. *Quaternary International*, 123-125: 117-134.
- BRUGAM R. B. (1983): The relationship between fossil diatom assemblages and limnological conditions. *Hydrobiologia*, 98: 223-225.
- CLARKE G., KERNAN M., MARCHETTO A., SORVARI S. & CATALAN J (2005): Using diatoms to assess geographical patterns of change in high-altitude European lakes from pre-industrial times to the present day. *Aquatic Sciences*, 67 (3): 224-236.
- Common Freshwater Diatoms of Britain and Ireland* [online]. 2005 [cit. 2006-11-25].  
Dostupný z WWW: < <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/index.html>>.
- CREMER H. & WAGNER B. (2004): Planktonic diatom communities in High Arctic lakes (Store Koldewey, Northeast Greenland). *Canadian Journal of Botany*, 82(12): 1744–1757.
- DAVYDOVA N. N., SUBETTO D. A., KHOMUTOVA V. I. & SAPELKO T. V. (2001): Late Pleistocene-Holocene paleolimnology of three northwestern Russian lakes. *Journal of Paleolimnology*, 26: 37-51.
- EDDi home page* [online]. 11.2001 [cit. 2006-11-27]. Dostupný z WWW:  
<<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.jsp>>.
- ERASTO P. & HÖLMSTRÖM L. (2006): Selection of prior distributions and multiscale analysis in Bayesian temperature reconstructions based on fossil assemblages. *Journal of Paleolimnology*, 36 (1): 69-80.
- FOTT B. (1954): Pleurax, synthetická pryskyřice pro preparaci rozsivek. *Preslia, Praha*, 26: 163-194.
- GRACHEV M. A., VOROBYOVA S.S., LIKHOSHWAY Y.V., GOLDBERG E.L., ZIBOROVA G.A., LEVINA O.V. & KHLYSTOV O.M. (1998): A high-resolution diatom record of the

- palaeoclimates of East Siberia for the last 2.5 My from Lake Baikal. *Quaternary Science Reviews*, 17 (12): 1101-1106.
- GREGORY-EAVES I., SMOL J. P., DOUGLAS M. S. V. & FINNEY B. P. (2003): Diatoms and sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population dynamics: Reconstructions of salmon-derived nutrients over the past 2,200 years in two lakes from Kodiak Island, Alaska. *Journal of Paleolimnology*, 30 (1): 35-53.
- 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.
- HARRIS M. A., CUMMING B. F. & SMOL J. P. (2006): Assessment of recent environmental changes in New Brunswick (Canada) lakes based on paleolimnological shifts in diatom species assemblages. *Canadian Journal of Botany*, 84 (1): 151-163.
- HARTMAN P., PŘIKRYL I. & ŠTĚDROVSKÝ E. (2005): Hydrobiologie. Informatorium, Praha. 359 pp.
- 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.
- 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.
- JANKOVSKÁ V. (1980): Paläogeobotanische Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung im Becken Třeboňská pánev während des Spätglazials und Holozäns. – Vegetace ČSSR A11, Academia, Praha, 149 pp.
- JANKOVSKÁ V. (2006): Late Glacial and Holocene history of Plešné Lake and its surrounding landscape based on pollen and palaeoalgalogical analyses. *Biologia, Bratislava, Suppl.*, in press.
- JONES V. & JUGGINS S. (1995): The constructions of a diatom-based chlorophyll a transfer function and its application at three lakes on Signy Island (maritime Antarctic) subject to differing degrees of nutrient enrichment. *Freshwater Biology*, 34: 433-445.
- KALINA, T. (1994). Preparační roztoky. In: KŘÍSA B. & PRÁŠIL K. (eds), Sběr, preparační konzervace rostlinného materiálu, Scriptum Univerzity Karlovy v Praze, Fakulta Přírodovědecká. pp. 26-31.

- KARST-RIDOCH T. L., PISARIC M. F. J., YOUNBLUT D. K. & SMOL J. P. (2005): Postglacial record of diatom assemblage changes related to climate in alpine lake in northern Rocky Mountains, Canada. *Canadian Journal of Botany*, 83 (8): 968-982.
- Klub českých turistů (2006): Mapa Novohradských hor 1: 50 000, Trasa, Praha.
- KOPÁČEK, J., TUREK, J., HEJZLAR, J., KAŇA, J. & PORCAL, P. (2006): Element fluxes in watershed-lake ecosystems recovering from acidification: Plešné Lake, the Bohemian Forest, 2001–2005. *Biologia, Bratislava, Suppl.*, in press.
- KOINIG K. A., KAMENIK C., SCHMIDT R., AGUSTI-PANAREDA A., APPLEBY P., LAMI A., PRAZAKOVA M., ROSE N., SCHNELL O. A., TESSADRI R., THOMPSON R., PSENNER R. (2002): Environmental changes in an alpine lake (Gossenkollesee, Austria) over the last two centuries the influence of air temperature on biological parameters. *Journal of Paleolimnology*, 28 (1): 147-160.
- KORHOLA A., VIRKANEN J., TIKKANEN M. & BLOM T. (1996): Fire induced pH rise in a naturally acid hill-top lake, southern Finland: a paleoecological survey. *Journal of Ecology*, 84: 257-265.
- KOSTER E. A. (1994): Global warming and Periglacial Landscapes. In ROBERTS N. (ed.), *The changing global environment*. Blackwell, Cambridge. pp. 127-149.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1986): *Bacillariophyceae (Naviculaceae)*. In: Ettl H., Gerloff J., Heinig H. & Mollenhauer 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. & Mollenhauer 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. & Mollenhauer 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. & Mollenhauer D. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, (2 (4)), Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 437 pp.
- KRAMMER K. (1997a): Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und *Encyonema* part. *Bibliotheca Diatomologica* Band 36. J. Cramer, Stuttgart. 382 pp.

- KRAMMER K. (1997b): Die Cymbelloiden Diatomeen. Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. Bibliotheca Diatomologica Band 37. J. Cramer, Stuttgart. 469 pp.
- KRAMMER K. (2000): Diatoms of Europe. Diatoms of European inland waters and comparable habitats. Vol. 1. The genus *Pinnularia*. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggel. 703 pp.
- KRAMMER K. (2002): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 3. *Cymbella*. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 584 pp.
- KRAMMER K. (2003): Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Vol. 4. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbulla*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell. 530 pp.
- LAING T. E. & SMOL J. P. (2003): Late Holocene environmental changes inferred from diatoms in a lake on the western Taimyr peninsula, northern Russia. *Journal of Paleolimnology*, 30: 231-247.
- LANGE-BERTALOT H. (1996): Iconographia Diatomologica. Anoted Diatom Micrographs Vol. 2. Indicators of Oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types. Koeltz Scientific Books. 390 pp.
- LENG M. J. & BARKER P. A. (2006): A review of the oxygen isotope composition of lacustrine diatom silica for palaeoclimate reconstruction. *Earth-Science Reviews*, 75 (1-4): 5-27.
- LOTTER A.F., PIENITZ R. & SCHMIDT R. (1999): Diatoms as indicators of environmental change near arctic and alpine treeline. In: STOERMER E. F. & SMOL J. P. (eds). Diatoms: applications to the Environmental and Earth sciences. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 205-226.
- Mapový server ČGS [online]. 2004 [cit. 2006-05-30]. Dostupný z WWW: <<http://nts2.cgu.cz/>>.
- MARCHELLO 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.
- MICHELUTTI N., DOUGLAS M. S. V., WOLFE A. P. & SMOL J. P. (2006): Heightened sensitivity of a poorly buffered high arctic lake to late-Holocene climatic change. *Quaternary Research*, 65 (3): 421-430.
- MOSER K. A., SMOL J. P., MACDONALD G. M. & LARSEN C. P. S. (2002): 19th century eutrophication of a remote boreal lake: a consequence of climate warming? *Journal of Paleolimnology*, 28 (2): 269-281.

- NALEPKA D. & WALANUSZ A. (2003): PolPal- Program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis. *Acta Paleobotanica Supplementum*, 2: 659-661.
- NGUETSOP V. F. (1997): Evolution des environnements de l'Ouest Cameroun depuis 6000 ans 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.
- PATERSON A. M., MORIMOTO D. S., CUMMING B. F., SMOL J. P. & SZEICZ J. M. (2002): A paleolimnological investigation of the effects of forest fire on lake water quality in northwest Ontario over the past ca. 150 years. *Canadian Journal of Botany*, 80 (12): 1329-1336.
- PHILIBERT A. & PRAIRIE Y. T. (2002): Is the introduction of benthic species necessary for open-water chemical reconstruction in diatom-based transfer functions? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (6): 938-951.
- PHILIBERT A., PRAIRIE Y. T. & CARCAILLET C. (2003): 1200 years of fire impact on biogeochemistry as inferred from high resolution diatom analysis in a kettle lake from the Picea mariana-moss domain (Quebec, Canada). *Journal of Paleolimnology*, 30 (2): 167-181.
- PIENITZ R., SMOL J. P. & BIRKS H. J. B. (1995): Assessment of freshwater diatoms as quantitative indicators of past climatic change in Youkon and Northwest territories, *Canadian Journal of Paleolimnology*, 13: 21-49.
- PIENITZ R., ROBERGE K. & VINCENT W. F. (2006): Three hundred years of human-induced change in an urban lake: paleolimnological analysis of Lac Saint-Augustin, Quebec City, Canada. *Canadian Journal of Botany*, 84 (2): 303-320.
- POKORNÝ P. (2000): Paleoeekologie bývalého jezera Švarcenberk a vývoj okolní krajiny v pozdním glaciálu a holocénu. Doktorská disertační práce. 108 pp.
- PONADER K., PIENITZ R., VINCENT W. & GAJEWSKI K. (2002): Limnological conditions in subarctic lake (northern Quebec, Canada) during the late-Holocene: Analyses based on fossil diatoms. *Journal of Paleolimnology*, 27: 353-366.
- PRAŽÁKOVÁ M., VESELÝ J., FOTT J., MAIER V. & KOPÁČEK J. (2006): The long-term succession of cladoceran fauna and palaeoclimate forcing: A 14,600 – year record from Plešné Lake, the Bohemian Forest. *Biologia, Bratislava, Suppl.* In press.

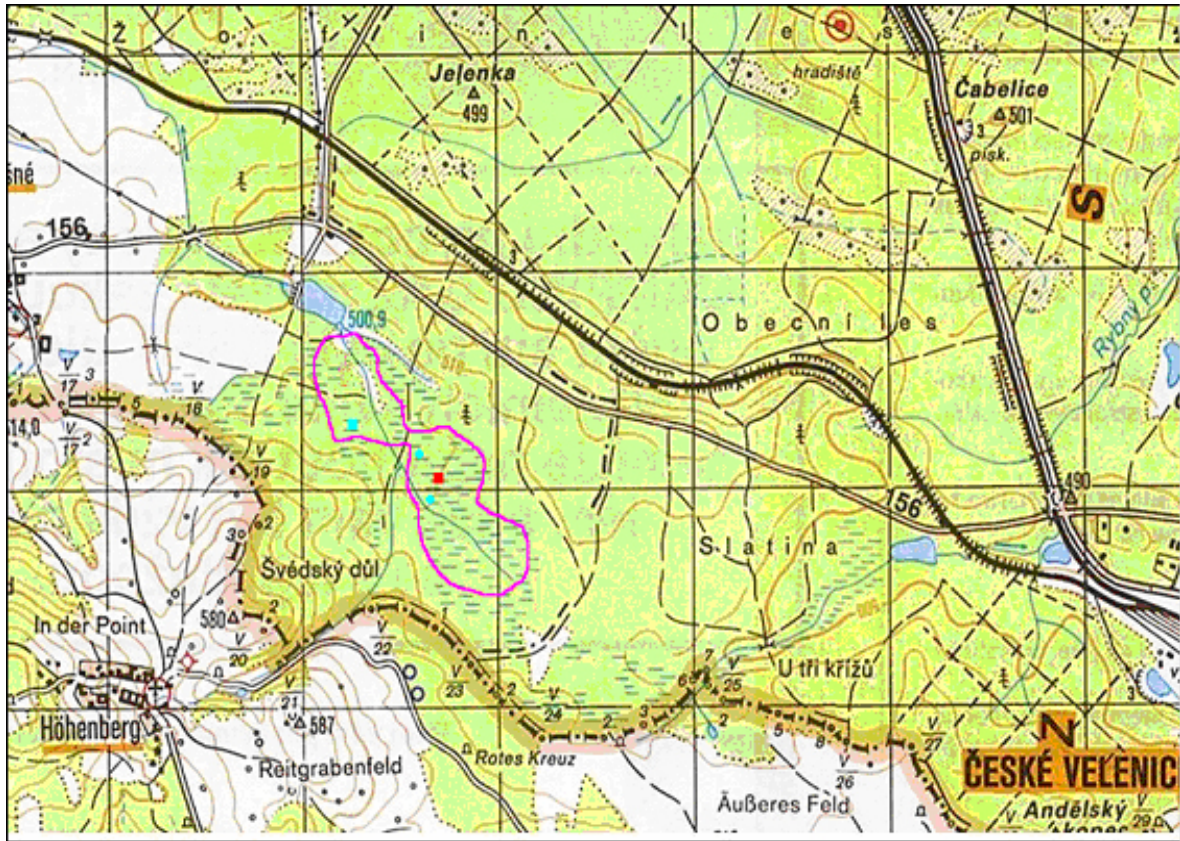
- RAMSEY C. (2005): *Oxford Radiocarbon Accelerator Unit* [online]. [cit. 2006-11-17].  
Dostupný z WWW: <<http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html>>.
- ROSÉN P., HALL R., KORSMAN T. & RENBERG I. (2000): Diatom transfer-functions for quantifying past air temperature, pH and total organic carbon concentration from lakes in northern Sweden. *Journal of Paleolimnology*, 24: 109-123.
- ŘEHÁKOVÁ, Z. (1980): Süßwasserdiatomeenflora des oberen Miozäns in der Tschechoslowakai. *Paleontologie, Sborník geologických věd*, 23: 83-182.
- ŘEHÁKOVÁ Z. (1986): The Postglacial history of diatom-bearing sediments of the former Lake Komořany (North-West Bohemia). In: TYRÁČEK J. (ed) *Journal of geological sciences, Anthropozoic*, 17. Nakladatelství československé akademie věd, Praha. pp. 87-134.
- ŘEHÁKOVÁ Z. (1988): Biostratigraphy and palaeoecology of Diatom-bearing sediments within the Soos basin in western Bohemia, Czechoslovakia.-10<sup>th</sup> Diatom-Symposium 1988. pp. 407-418.
- SALONEN V. P., TUOVINEN N. & VALPOLA S. (2006): History of mine drainage impact on Lake Orijarvi algal communities, SW Finland. *Journal of Paleolimnology*, 35 (2): 289-303.
- SANDMAN O., MERILÄINEN J. J., SIMOLA H., HYNYNEN J., LAHTINEN J., MARTTILA V. & REINIKAINEN P. (2000): Short core paleolimnological investigation of Lake Pihlajavesi in the Saimaa complex, eastern Finland: assessment of habitat quality for an endemic and endangered seal population. *Journal of Paleolimnology*, 24: 317-329.
- SHIMARAIEV M. N. & MIZANDRONTSEV I. B.(2006): Changes in the Lake Baikal ecosystem during the Late Pleistocene and Holocene. *Hydrobiologia, Suppl. 1*, 568: 259-263.
- SMOLL J. P., BROWN S. R. & MCINTOSH H. J. (1984): A hypothetical relationship between differential algal sedimentation and diatom succession. *Verhandlungen Internationale Vereinigen Limnologie*, 22: 1361-1365.
- SMOL J. P. (1988): Paleoclimatic data from freshwater arctic diatoms. *Verhandlungen Internationale Vereinigen Limnologie*, 23: 837-844.
- SMOL J. P., CUMMING, M. S., DOUGLAS, M. S. V. & PIENITZ R. (1995): Inferring past climatic changes in Canada using paleolimnological techniques. *Geoscience Canada*, 21: 113-118.
- SMOL J. P. & CUMMING B. F. (2000): Tracking long-term changes in climate using algal indicators in lake sediments. *Journal of Phycology*, 36: 986-1011.
- SORVARI S. & KORHOLA A. (1998): Recent diatom assemblage changes in subarctic Lake Saanajarvi, NW Finnish Lapland, and their paleoenvironmental implications. *Journal of Paleolimnology*, 20(3): 205-215.

- STOERMER F. & SMOL J. P. (eds.) (1999): The diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences, Cambridge University Press, Cambridge. 469 pp.
- 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.
- STUVIER M., GROOTES P. M. & BRAZIUNAS T. (1995): The GISP  $\delta^{18}\text{O}$  climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean and volcanoes. *Quaternary Research*, 44: 341-354.
- SWANN G. E. A. & MACKAY A. W. (2006): Potential limitations of biogenic silica as an indicator of abrupt climate change in Lake Baikal, Russia. *Journal of Paleolimnology*, 36 (1): 81-89.
- ŠAFRÁNKOVÁ J. (2006): Nástin vývoje dvou postglaciálních jezer na Třeboňsku na základě analýzy rostlinných makrozbytků. Magisterská diplomová práce. 46 pp.
- 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.
- TER BRAAK C. J. F. & JUGGINS S. (1993): Weighted averaging partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages. *Hydrobiologia*, 269/270: 485-502.
- The Greenland Summit Ice Cores CD-ROM GISP2/GRIP*. International Ice Core Data Cooperative, University of Colorado, Colorado, USA.
- TOBOLSKI K. & AMMAN B. (2000): Macrofossils as records of plant responses to rapid Late Glacial climatic changes at three sites in the Swiss Alps. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 159: 251-259.
- 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.
- WECKSTRÖM J., KORHOLA, A. & BLOM, T. (1997a): The relationship between diatoms and water temperature in thirty subarctic Fennoscandian Lakes. *Arctic and Alpine Research*, 29: 75-92.
- WECKSTRÖM J., KORHOLA, A. & BLOM, T. (1997b): Diatoms as quantitative indicators of pH and water temperature in subarctic Fennoscandian lakes. *Hydrobiologia*, 347: 171-184.

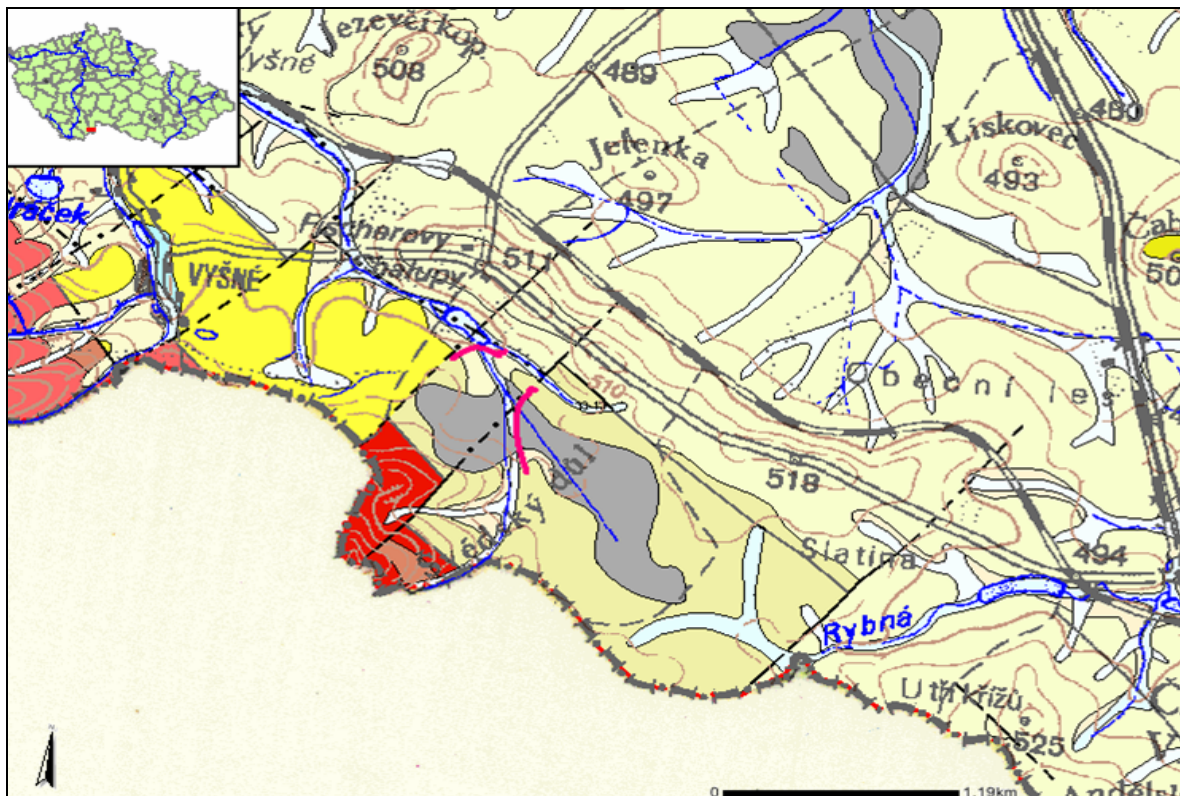


WECKSTRÖM J., KORHOLA A., ERASTO P. & HÖLMSTRÖM L. (2006): Temperature patterns over the past eight centuries in Northern Fennoscandia inferred from sedimentary diatoms. *Quaternary Research*, 66 (1): 78-86.

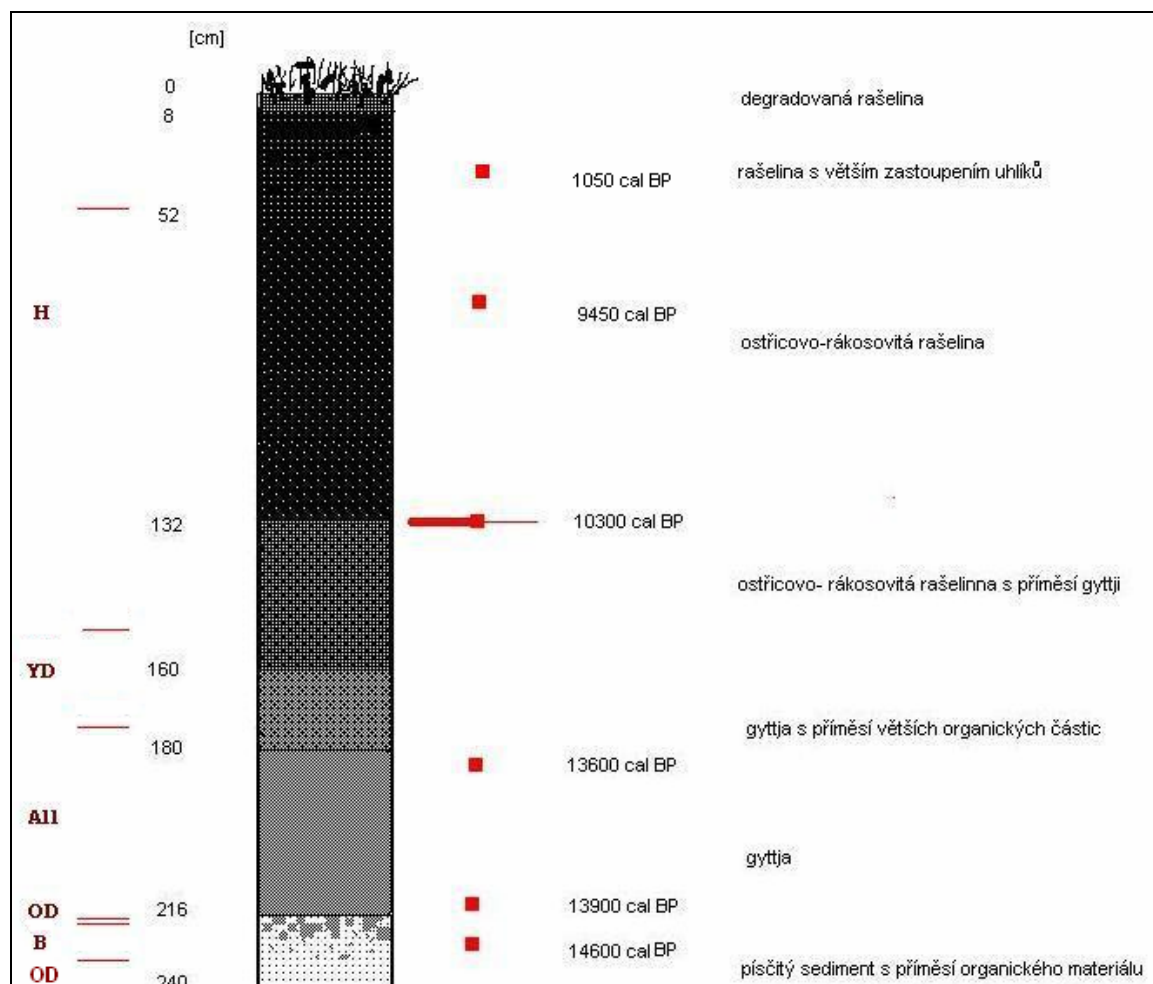
# Příloha



obr.1 - Fialová oblast označuje pravděpodobnou původní rozlohu jezera, místo odběru HP označuje oranžový čtverec



obr. 2 - Geologická mapa studované lokality



obr. 3 - Statigrafie kompletního hlavního profilu zaniklého jezera Velanská cesta (Novák, unpublished)

h/cm (222-214cm)	rok/cal BP
214	13845
216	14009
218	14172
220	14336
222	14500
doba sedimentace 2cm	163-164let
sedimentační rychlost	0,1mm/rok

h/cm (214-182cm)	rok/cal BP
214	13845
212	13826
210	13806
208	13787
206	13768
204	13748
202	13729
200	13709
198	13690
196	13671
194	13651
192	13632
190	13613
188	13593
186	13574
184	13554
182	13535
doba sedimentace 2cm	19-20let
sedimentační rychlost	1mm/rok

h/cm (180-132cm)	rok/cal BP
182	13535
180	13405
178	13275
176	13146
174	13016
172	12886
170	12756
168	12626
166	12497
164	12367
162	12237
160	12107
158	11977
156	11848
154	11718
152	11588
150	11458
148	11328
146	11199
144	11069
142	10939
140	10809
138	10679
136	10550
134	10420
132	10290
doba sedimentace 2cm	129-130let
sedimentační rychlost	0,2mm/rok

tab. 6 - Lineární proložení mezi středy 94,5% pravděpodobnostních intervalů <sup>14</sup>C cal BP

		HP/cm
DAZ4		130-140
DAZ3	f	144-142
	e	150-146
	d	170-152
	c-2	180-172
	c-1	192-182
	b	206-194
	a	214-208
DAZ2		216
DAZ1		220-218

tab. 7 -Rozdělení do DAZ