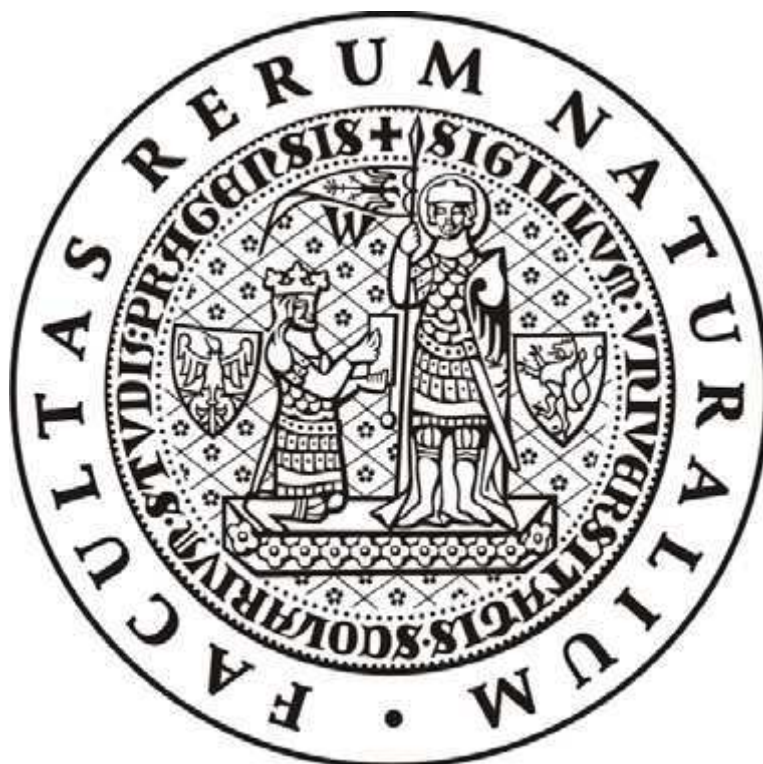


# Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Ústav geologie a paleontologie



Bakalářská práce

Jurský vápnlý nanoplanktón severních Čech

Jurassic calcareous nannoplankton from the northern Bohemia

Anna Martincová

2012

Školitel:

Doc. RNDr. Katarína Holcová, CSc

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 3. 9. 2012

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji paní Doc. RNDr. Kataríně Holcové, CSc za velmi užitečnou odbornou pomoc a především za trpělivost, kterou mi poskytla při zpracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za morální a psychickou podporu, kterou mi věnovali po dobu zpracovávání mé bakalářské práce.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce shrnuje dosavadní znalosti o jurském vápnitém nanoplanktonu v souvislosti s oblastí severních Čech formou literární rešerše. Charakterizuje vápnitý nanoplankton z hlediska životního cyklu, ekologie a poukazuje na jeho značný význam pro biostratigrafii. Dále práce popisuje jurské sedimenty Českého masivu a vývoj společenstev vápnitého nanoplanktonu v juře. Součástí práce je shrnutí rozšíření jurského vápnitého nanoplanktonu v Evropě a vytvoření jeho přehledu formou tabulky. Dále práce naznačuje možnost využití vápnitého nanoplanktonu pro upřesnění biostratigrafie severních Čech.

**Klíčová slova:** vápnitý nanoplankton, jura, severní Čechy, kokolity, biostratigrafie, paleoekologie

## **ABSTRAKT**

Bachelor thesis summarizes the current knowledge of the Jurassic calcareous nanoplankton in relation to areas of northern Bohemia as a literary review. Work characterize calcareous nannofossil in term of life cycle, ecology and points to its considerable importance for biostratigraphy. Work also describes the Jurassic sediments of the Bohemian Massif and the development of communities in the Jurassic calcareous nannofossils. Part of this work is a summary of the Jurassic expansion of calcareous nannofossils in Europe and creation of his survey through a table. The work also suggests the possibility of using calcareous nannofossils for specification biostratigraphy of northern Bohemia.

**Keywords:** calcareous nannofossils, Jurassic, northern Bohemia, coccoliths, biostratigraphy, palaeoecology

## **OBSAH:**

<b>1. Úvod .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2. Vápnitý nanoplankton .....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>3. Kokolítky .....</b>	<b>- 3 -</b>
3.1. Životní cyklus.....	- 4 -
3.2. Ekologie.....	- 4 -
3.3. Kokolity.....	- 7 -
<b>4. Jurský nanoplankton .....</b>	<b>- 10 -</b>
4.1. Jura Českého masívu .....	- 10 -
4.2. Vývoj společenstev vápnitého nanoplanktonu v juře.....	- 11 -
4.3. Rozšíření jurského vápnitého nanoplanktonu v Evropě .....	- 13 -
4.4. Biostratigrafické využití vápnitého nanoplanktonu v intervalu callov-kimmeridž .....	- 16 -
<b>5. Závěr .....</b>	<b>- 21 -</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>- 23 -</b>

# 1. ÚVOD

Práce má za cíl vytvořit přehled dosavadních znalostí o jurském vápnitém nanoplanktonu v souvislosti s oblastí severních Čech v rámci časového intervalu callov – kimmeridž.

V severních Čechách se nachází mořská jura, která byla zatím zkoumána pouze na základě amonoidních hlavonožců (amoniti). Historická literatura uvádí rozsah jurských hornin v okolí Krásné lípy svrchní callov až kimmeridž, v současnosti jsou sedimenty omezeny na pouhé reliktu po těžbě. Při mořské transgresi na hranici střední a svrchní jury (callov/oxford) mořský průliv zaplavil část Českého masivu a pravděpodobně propojil severně situovanou chladnomilnou Boreální provincii s jižní Tethydní provincií. Tyto fotoautotrofní řasy se hojně vyskytují v mořských prostředích od svrchního triasu po současnost. Mají značný horninotvorný význam právě díky jejich schopnosti tvořit schránku z uhličitánu vápenatého. Výhoda využití vápnitého nanoplanktonu pro účely biostratigrafie je také jeho velikost, díky které postačí na dostatečný vzorek malé množství sedimentu. Proto má vápnitý nanoplankton výborný předpoklad pomoci upřesnit biostratigrafii severních Čech.

Práce popisuje vápnitý nanoplankton, jeho životní cyklus, ekologii, kokolity a vývoj během jurského útvaru. Součástí práce je zhodnocení dosavadních nálezů jurského vápnitého nanoplanktonu v Evropě a vytvoření jeho přehledu. Dále se teoreticky opírá o výzkum amonitů a naznačuje využití vápnitého nanoplanktonu k biostratigrafii severních Čech. Použitá literatura pochází převážně z anglických zdrojů zejména autorů: Young, Bown, Giraud, Jordan a Mattioli.

## 2. VÁPŇNÝ NANOPLANKTON

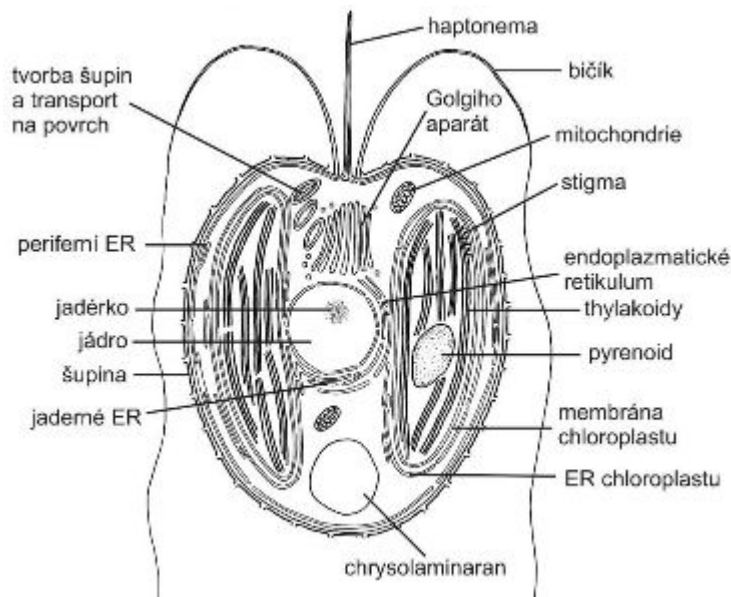
Termín nanoplankton definoval již Lohmann (1909) jako plankton, který projde nejjemnější fytoplanktonní sítí, tj. menší než 63  $\mu\text{m}$  (Bown, 1998). Velikost těchto jednobuněčných organismů se pohybuje od 2 do 20  $\mu\text{m}$ ., v praxi se pozorují hlavně v optickém mikroskopu s imerzním objektivem se skříženými nikoly. Vápnitý nanoplankton je uměle vytvořená skupina nanofosilií, spadající pod kmen Haptophyta (Young *et al.*, 1999). Většina skupiny se řadí do třídy *Cocolithophyceae* nebo-li kokolítky. Skupina zahrnuje jednak druhy fosilní, tak i recentní, přičemž první nálezy pocházejí ze svrchního triasu tj. z doby zhruba před 220 mil. lety. Kromě kokolitek řadíme k vápnitému nanoplanktonu také příbuzné nanofosilie nejistého systematického postavení, označované jako nanolity.

Kokolitky jsou fotosyntetizující řasy žijící v eufotické zóně (100 až 150m). Jsou rozšířené nejen v otevřeném oceánu, ale i v pelagickém prostředí až k pobřežnímu litorálu včetně příbřežních lagun (Pacltová, 1990). Jejich významnou vlastností je schopnost tvořit schránku, skládající se z organických šupin složených z látek podobných celulóze, polysacharidů a bílkovin. Organické šupiny dokáží kokolitky mineralizovat kalcitem, výjimečně aragonitem. Kalcifikované destičky nebo-li kokolity, se hromadí jako sedimentární částice a jsou využívány paleontology v biostratigrafii mořských sedimentů jury až terciéru (Pokorný *et al.*, 1992).

Žijící kokolitky významným způsobem ovlivňují celosvětové klima v rámci biogeochemického cyklu uhlíku. Při tvorbě kokolitů spotřebovávají oxid uhličitý a vyrábí dimethylsulfid, který zapřičiňuje tvorbu mraků. Například kokolitka recentního druhu *Emiliana huxleyi* (Lohman) Hay et Mohler tvoří ve vysokých koncentracích mléčně bílé vegetační zákaly známé jako „white water“. Odraz světla od tohoto zákalu spolu s tvorbou mraků zvyšuje celkové albedo a snižuje skleníkový efekt (Ackleson *et al.*, 1988).

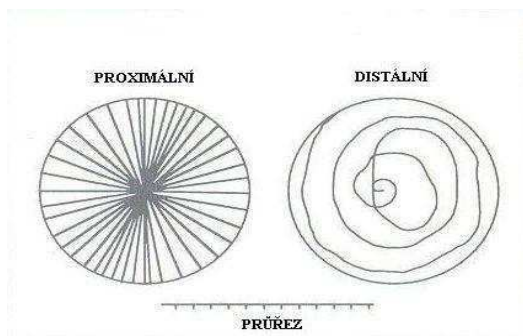
### 3. KOKOLITKY

Kokolitky mají buňky nejčastěji kulovitého či oválného tvaru. Buňka je obalena dvojitou plazmatickou membránou z níž vystupují dva stejnocenné bičíky bez mastigonemat (vlášení). Další struktura vně buňky je bičíku podobný vláknitý výběžek, zvaný haptonema (Obr.1). Na rozdíl od bičíku má haptonema unikátní strukturu složenou obvykle z 6 až 7 mikrotubulů a je schopna kontrakce a ohybu (Pacltová, 1990; Kvaček, 2007).

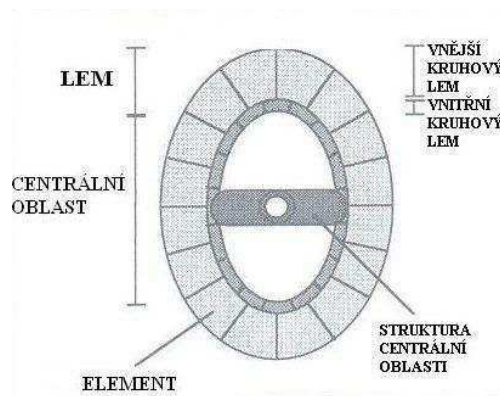


Obr.1. Stavba buňky kokolítky (sinicearasy.cz)

Uvnitř protoplastu jsou snadno rozeznatelné dva velké chloroplasty (fotosyntetické centrum) a jádro s jadérkem. Kokolitky mají chloroplasty s chlorofylem *a*, *c*<sub>1</sub> a *c*<sub>2</sub>, v kombinaci s fukoxantinem. Mitochondrie, kde probíhá buněčné dýchání, je možno dobře pozorovat pod světelným mikroskopem s imerzním objektivem. Další organelou uvnitř protoplastu je Golgiho komplex (u rostlinné buňky nazývaný diktyozom) složený ze vzájemně propojených váčků. Slouží k transportu, přechovávání a úpravě bílkovin. Vzniká tu také materiál pro tvorbu buněčné stěny. Ta je složena ze dvou vrstev, vnitřní vrstva je tvořena organickými destičkami (Obr.2) a vnější kokolity (Obr.3).



Obr.2. Organická destička (Bown, 1998)



Obr.3. Schéma kokolitu (Bown, 1998)

Základem kokolitů jsou polysacharidové šupiny, které vznikají v Golgiho aparátu. Šupiny mají microfibrilární ultrastrukturu s jemně radiálním vzorem na proximální straně (směrem dovnitř buňky) a více či méně pravidelný soustředný tvar na straně distální (směrem vně buňky) (Obr. 3) (Bown, 1998).

### 3.1. Životní cyklus

Většina vápnitých bičíkovců prochází dvěma fázemi životního cyklu, pohyblivou fází s bičíky a haptonemou a nepohyblivou fází. Pohyblivá haploidní fáze (jedna sada chromosomů  $n$ ) po splynutí s druhou haploidní buňkou dává vzniknout fázi nepohyblivé diploidní (2 sady chromosomů  $2n$ ), množící se nepohlavním dělením. Nepohyblivé stadium produkuje kokolity, nebo je přisedlé ve formě vláknité řasy. Naopak pohyblivé stadium je buď nahé, nebo produkuje kokolity jiného typu než stadium nepohyblivé (Pačtová, 1990).

### 3.2. Ekologie

V dnešních oceánech prostorová a vertikální distribuce vzorů (*patterns*) vápnitého nanoplanktonu je kontrolována distribucí a množstvím živin, teplotou a salinitou. Tato fytoplanktonní skupina je běžně používána jako paleocenografický ukazatel (*proxy*). Vápnitý nanoplankton má značný potenciál vystupovat jako paleocenografický ukazatel v mesozoických sedimentech (Giraud *et al.*, 2009).

## Teplota vody

Teplota hraje hlavní roli v kontrole největší míry distribuce druhů. Teplotní rozsah druhu znamená totální rozsah teploty vody, ve které může každý jedinec druhu (všechny jeho genotypy i ekotypy) růst. Například teplota vody v subtropech se nemusí výrazně lišit v průběhu roku a dokonce i v dobách ledových jsou odhadované teploty jen o 2°C nižší než dnes. Proto pro subtropickou populaci žijící mimo pobřeží nebo hlavní frontální hranice teplota nemá větší význam, ani pro společenství žijící v nižší fotické zóně, ačkoliv se její hloubka může mírně měnit s ročním obdobím. Samozřejmě v subpolárních populacích hraje teplota výraznější roli, zvláště v utváření i zániku sezónní termokliny (vrstva vody s rychlým spádem teploty). Pobřežní druhy jsou pravděpodobně schopné vydržet největší kolísání teploty protože mělké vody jsou náchylné k většímu kolísání teploty než vody otevřeného moře (Jordan, 2002).

## Salinita

Většina kokolitek žijících na otevřeném moři v klidných subtropických a tropických vodách je přizpůsobena k životu v salinitě 32 – 37 ‰. Druhovú rozmanitost kokolitek však dosahuje maxima v rozvrstvených oligotrofických prostředích, kde jsou hodnoty salinity obvykle vysoké díky evaporaci (výpar z oceánů). Naopak nízké hodnoty salinity nalezneme obecně v polárních oblastech – kvůli tání ledu, v rovníkových oblastech – kvůli množství srážek a v pobřežních oblastech – kvůli odtoku říční vody. V těchto oblastech je druhová rozmanitost kokolitek relativně nízká, v případě pobřežních a polárních oblastí jsou populace specializované (žijící přisedle nebo částečně kalcifikované). V současnosti je známý pouze jeden druh kokolítky – *Hymenomonas roseola* žijící ve sladkovodním prostředí (Jordan, 2002).

## Hlavní výživa

Všechny fytoplanktonní organismy vyžadují ke svému růstu a biochemickým reakcím určitou výživu, tradičně se rozděluje na hlavní výživu (*macronutrients*), která je potřebná ve velkém množství a mikrovýživu (*micronutrients*) potřebnou v mnohem menší míře. Za hlavní výživu považujeme dusičnany a fosforečnany, které vyžaduje fytoplankton pro syntézu bílkovin. V mořské vodě jsou tyto látky přítomny v mikromolární koncentraci, a povrchové vody jsou o ně často ochuzeny. Nízké koncentrace živin v povrchových vodách jsou díky příjmu fytoplanktonu a bakterií, společně s přesunem biomasy fytoplanktonu do větších

hloubek přes trávicí procesy zooplanktonu. Hlavní výživa je limitujícím faktorem, produkující oligotrofní podmínky (s nízkou koncentrací živin). V těchto podmínkách je objem biomasy (látky tvořící těla organismů) malý, společenstva tvoří specializované druhy. Ačkoliv je v oligotrofních podmínkách množství fytoplanktonu nízké, jeho diverzita může být velmi vysoká. Druhy fytoplanktonu, které nejsou přizpůsobeny těmto podmínkám mohou být stresované, vymřít nebo být nuceny k poklesu do větších hloubek pro udržení nízké růstové rychlosti nebo pro přežití v podobě nepohyblivých stádií, spor nebo cyst. Kokolítka dosahují největšího relativního zastoupení právě ve fytoplanktonních společenstvech žijících v oligotrofních podmínkách. Typické oligotrofní kokolítka jsou: *Umbellosphaera*, *Discosphaera*, holokokolítka a mnoho druhů rodu *Syracosphaera*. Pozoruhodně přizpůsobivý žijící druh kokolítka *Emiliana huxleyi* je často hojný právě v oligotrofních podmínkách (Jordan, 2002).

Giraud *et al.*, (2006) zkoumal vliv paleoekologických faktorů na kolísání ve velikosti a početnosti *W. britannica* pozorované ve svrchním Oxfordu v Balingen – Tieringen (jižní Německo). Rostoucí velikosti jsou spojené se snižováním trofického stupně v povrchových vodách a teplých podnebných podmínkách. Nízké oligotrofní podmínky v povrchové vodě spojené s vysokými teplotami, se zdají být nejvhodnější pro kalcifikaci *W. britannica* (více kalcifikované typy, větší jedinci s redukovanou centrální oblastí). Když vzroste oligotrofní stupeň (nižší koncentrace živin) ve vysoké teplotě, jedinci *W. britannica* se stávají méně kalcifikovaní (více eliptický tvar s širším relativním otvorem centrální oblasti).

Dostupnost živin může zvýšit:

- 1) zimní míchání, živinami bohatší spodní vody se míchají s ochuzenými povrchovými vodami díky sezónnímu rozdílu teplot
- 2) míchání za pomoci blesků
- 3) výstupné proudění, hlubší vody stoupají vzhůru a nahrazují vody povrchové
- 4) přísun živinami bohatých říčních vod

Tyto mechanismy běžně způsobují větší přísun živin na povrch a tvoří eutrofní podmínky (s vysokým obsahem živin), ve kterých může fytoplankton tvořit tzv. vodní květy. V těchto podmínkách je hojnost fytoplanktonu vysoká, ale jeho relativní diverzita nízká, společenstva tvoří omezený počet oportunistických druhů (využívající příležitosti nahromadění živin) (Jordan, 2002).

### 3.3. Kokolity

Jednotlivé kokolity tvoří dohromady exoskelet (schránku) – kokosféru (Young *et al.*, 1999). Kokolity, kalcitové destičky tvořené jednobuněčnými řasami jsou produkovány v obrovském množství a pravděpodobně představují největší koloběh karbonátu v mořských biochemických cyklech. Jsou hlavními tvůrci sedimentů, mají velkou cenu pro geology jako biostratigrafické ukazatele a byly zkoumány jako modely biomineralizace (Young *et al.*, 1992).

#### Kokolitogeneze a kalcifikace

Biosyntéza kokolitů nebo-li kokolitogeneze začíná splynutím váčků Golgiho aparátu a jeho připojení k jaderné membráně. Uvnitř váčku se vytvoří organická destička – retikulární tělísko, které se přimkne k váčku. Mezi retikulárním tělískem a jádrem pak vzniká základ kokolitu (Haq, 1998). Průběh kalcifikace není u všech druhů kokolitů stejný. Když se jednotlivé kokolity dostanou na povrch buňky, vznikne jedno, nebo vícevrstevná kokosféra. Většina kokolitů žijících i fosilních druhů jsou tvořeny krystalitami (drobná krystalická tělíska  $\text{CaCO}_3$ ) různých tvarů a velikostí. Základní romboedrický, klencový tvar kalcitu je modifikován buňkou do specializovaného tvaru (Haq, 1998). Kokolity produkují kokolity dvou konstrukčních typů, heterokokolity a holokokolity (Bown *et al.*, 1998).

Základní vlastnost růstu kokolitu, kterou označujeme jako *V/R* model, znamená soustředění kruhů jednotlivých krystalů se střídající radiální (*R*) a vertikální (*V*) orientací (Young *et al.*, 1992).

Lemová struktura je dlouho uznávaná jako primární znak vyšší klasifikace. Avšak právě bez jasného porozumění, jak se lemová struktura vyvíjí během ontogeneze, byl její popis a výklad zmatený. Růstový model poskytuje a především zdůrazňuje důležitost cyklů krystalových jednotek a jejich krystalografickou orientaci. V tomto specifickém případě identifikace dvojitého protokokolitového prstence a rozhodnutí, že trubicovitý kruh (*tube cycle*) má docela jinou optickou orientaci na hlavní jednotky (Young and Bown, 1991).

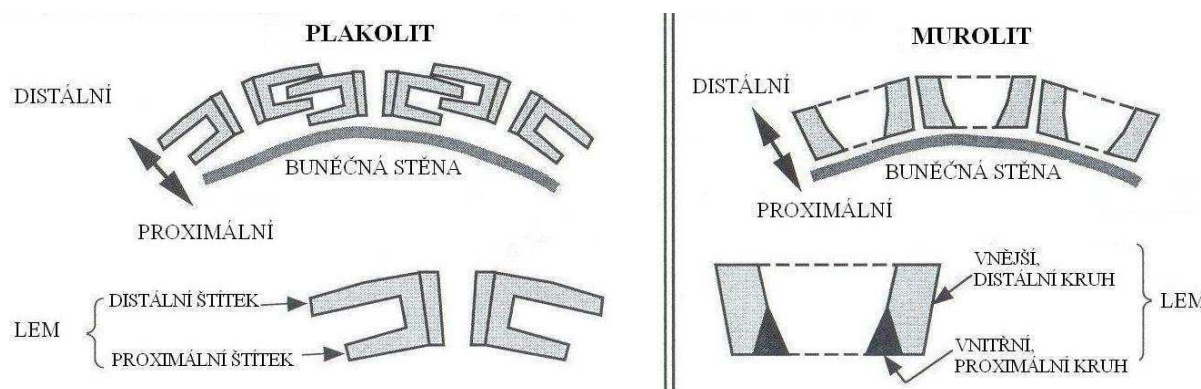
Složení nezahrnuje jen plně vyvinuté kokolity, ale i nižší stupeň růstu – protokokolitové prstence. Kompletní ontogenetická sekvence tak může být rekonstruována. Tento výklad podporuje výskyt ranných růstových fází uvnitř kokosféry tj. vnitrobuněčný kokolit zachovaný v průběhu růstu. Proces formování kokolitu se zdá být srovnatelný s tím,

co známe u žijících kokolitek (Young and Bown, 1991). Např. žijící kokolitka, *Emiliana huxleyi*, se zdá anomální jelikož byly objeveny jen *R* krystaly; transmisní elektronová mikroskopie protokokolitových prstenců (*proto-cocolith rings*) ale odhalila relikty *V* krystalů (Young, 1992).

## Heterokokolity

Heterokokolity jsou složené z krystalitů různých tvarů a velikostí. Mají obvykle kruhový až eliptický tvar, vzácněji polygonální. Lem (*rim*) ohraničuje centrální oblast, která někdy může být otevřená. Lem může mít různé tvarové variace. Nejčastější typy jsou murolity, které mají zdi podobný, strmý lem a plakolity, které mají dva subhorizontální štítky rozdělené tunelem (*tube*) (Obr.4). Struktury centrální oblasti (*central area*) jsou velmi proměnlivé, např. mřížky, destičky, mosty, hřebeny (Bown *et al.*, 1998).

Heterokokolity jsou nejčastějším typem kokolitů, proto se také studují pro účely biostratigrafie (Kvaček, 2007).



Obr.4. Plakolity, murolity (Bown, 1998)

## Holokokolity

Holokokolity jsou složené z krystalitů stejného tvaru. Mají typicky diskovité či vypuklé tvary a jsou složené z několika drobných kalciových krystalitů jednoduchých tvarů. Holokokolity vlastní na rozdíl od heterokokolitů konzervativní morfologické struktury. Jsou také mnohem méně studované, v závislosti k méně častému výskytu. V recentu je známo asi 30 druhů, které produkují holokokolity, z kenozoických uloženin jich známe sedm (Pacltová, 1990).

Obecně můžeme říct, že holokokolity jsou nalézány v mělkovodních sedimentech až do hloubky několika stovek metrů. Jsou velmi vzácné v jurských uloženinách, ne nutně proto,

že byly uloženy ve větších hloubkách, ale snad kvůli zničení v rámci diagenese. Tedy zatímco nepřítomnost holokokolitů je neprůkazná, jejich přítomnost indikuje relativně mělké uložení. Avšak je potřeba opatrnosti protože holokokolity dokáží přežít turbiditní transport do větších hloubek (Perch-Nielsen, 1985).

## **Nanolity**

Nanolity jsou heterogenní skupinou zahrnující velké množství tvarů. Young *et al.*, (1997) definuje nanolity jako vápnitý nanoplankton nejisté příbuznosti, postrádající typické znaky dinofyt, heterokokolitů nebo holokokolitů.

## **Tafonomie**

Náchylnost k rozpouštění převážně závisí na :

- (1) architektuře kokolitu a nanolitu a orientaci kalcitových krystalů,
- (2) velikosti a poměru povrch/objem,
- (3) pórovitosti zejména přítomnost/nepřítomnost centrální oblasti v kokolitu (Pittet, Mattioli, 2002).

## 4. JURSKÝ NANOPLANKTON

Bakalářská práce je rešeršní prací s cílem vyhledat, utřídit a pochopit informace o jurském vápnitém nanoplanktonu Českého masivu. Následující kapitola shrnuje poznatky o juře Českého masivu nutné ke studiu tohoto tématu.

### 4.1. Jura Českého masívu

Název druhého mesozoického útvaru byl odvozen od pohoří Jura, který se nalézá v předhoří Alp (A. v. Humboldt zavedl název „Jurakalk“ tj. jurský vápenec již v r. 1795) (Chlupáč *et al.*). Podle dnešních poznatků zaujímá jurské období časový úsek přibližně před 200 až 145 miliony lety, tj. 55Ma (Gradstein *et al.*, 2004). Tradičně se jura dělí na 3 oddělení, jejichž názvy byly původně odvozeny od barvy horniny typické pro dané oddělení: spodní = lias (černá), střední = dogger (hnědá) a svrchní = malm (bílá) (Chlupáč *et al.*, 2002).

Jurské období je charakteristické pokračujícím rozpadem superkontinentu Pangea. Oceán Tethys, zaujímající prostor východně od Pangey, se rozšiřoval západním směrem a postupně tak rozděloval Pangeu na severní a jižní část. Zároveň se rozevírá i severní část Atlantského oceánu a odděluje tak Severní Ameriku od Evropy.

Jurské klima bylo v rovníkové zóně všeobecně teplé a vyrovnané, s průměrnými teplotami povrchové mořské vody kolem 20 až 30°C. V polárních oblastech teploty klesaly až na 10°C (Pokorný, 1992).

Z hlediska orogeneze byl na území Evropy relativní tektonický klid. Horotvorné procesy se během jury koncentrovaly na subdukční zóny při okrajích oceánů. Zbytky variského horstva tvořily ve střední a západní Evropě nesouvislý předěl tzv. vindelický hřbet. K vindelické pevnině patřila po většinu jurského období i oblast Českého masivu. Na hranici střední a svrchní jury (callov – oxford) však došlo ke zdvihu mořské hladiny, část Českého masivu tak byla zalita mělkým epikontinentálním mořem. Mořský průliv pravděpodobně propojil Boreální provincii ze severu v oblasti lužické poruchy s Tethydní provincií (vázanou na tropické pásmo a oceán Tethys) z jihovýchodu (Kachlík, 2003).

Sedimenty okrajového moře Tethydy se alespoň zčásti zachovaly v oblasti Moravského krasu a okolí Brna. V podloží vnější části Západních Karpat se vyskytují jurské uloženiny na jižní Moravě.

V severních Čechách je přítomnost jurských hornin omezena na okolí tektonické linie – lužické poruchy, podél níž byla kra západosudetských krystalinických hornin a granitoidů lužického masivu v třetihorách vyzdvižena nad povrch české křídové pánve. Jurské horniny byly společně s podložními horninami permokarbonu vyvečeny přes křídový pokryv a dnes jsou uloženy v překocené poloze (Chlupáč *et al.*, 2002).

Nález fosilií se koncentrují v okolí Krásné Lípy ve šluknovském výběžku, především u obcí Kyjov a Brtníků. V 19. století zde byly činné lomy a vrstevní sled bylo možno blíže analyzovat. Již v 60. letech 19. století byla těžební činnost ukončena a výchozy hornin byly zasypany. V současnosti jsou odkryvy zarostlé, zůstaly jen zbytky po těžbě a lze jen těžko zjistit původní rozšíření jurských sedimentů.

Nejnižší úsek představuje písčité brtnické souvrství (mocnost přes 10m), které diskordantně nasedá na permokarbonské sedimenty. Stářím pravděpodobně patří nejvyššímu doggeru (svrchní callov). V nadloží nalezneme až kolem 100 m mohutné doubické dolomity a vápence, místy s písčítými vložkami a partiemi jemnozrnných vápenců. Tomuto souvrství mohou patřit i rozmanité světlé a tmavé vápence s rohovci, odkud pochází bohatá fauna např. amonitů, mlžů, brachiopodů a mořských hub stupně oxfordu. Pravděpodobně nejvyšší částí jsou tmavé vápence, které již náleží stupni kimmeridži (Chlupáč *et al.*, 2002).

Nedávné výzkumy Hrbka (2011) amonitových společenstev z lokalit na Šluknovsku u obcí Kyjov a Brtníky (lom Šternberk) a v Německu (Hohnstein) nasvědčují propojení severní Boreální oblasti s jižní Tethydní provincií společným výskytem typických boreálních a typicky tethydních zástupců amonitové fauny. Systematická revize nasvědčuje, že rozsah jurských hornin v oblasti by mohl být v rozmezí spodní oxford až hranice spodního a svrchního kimmeridže.

Jurské karbonátové horniny nasvědčují, že se usadily v mořském zálivu nebo průlivu s přirozenou salinitou, avšak s epizodickým kolísáním mořské hladiny a příležitostným přínosem písčitého materiálu. Jurská transgrese zřejmě postupovala od severozápadu k jihovýchodu (Chlupáč *et al.*, 2002).

## **4.2. Vývoj společenstev vápnitého nanoplanktonu v juře**

Jurské období bylo velmi významné v rané evoluční historii vápnitého nanoplanktonu. První nanofosílie se objevily již ve svrchním triasu, kde se společenstva skládala

z nanolitových forem spolu s vzácnějšími a menšími kokolity. Důsledkem významného vymírání na hranici trias/jura byla expanze vápnatého nanoplanktonu do všech otevřených mořských prostředí a upevnění pozice kokolitek jako dominantní skupiny nanofosilií. Kokolity se rychle diverzifikovaly v juře spodní (hettang – spodní toark) a svrchní (tithon) (Bown and Cooper, 1998).

Počátku jurské periody dominoval nanoflórám nanolit druhu *Schizosphaerella punctuata*, spolu s vzácnou kokolitkou *Crucirhabdus primulus*, která jediná přežila dřívější vymírání. Ve svrchním hettangu a sinemuru se objevily jednoduché formy s murality (např. *Parhabdolithus* a *Crepidolithus*), brzy se ale vyvinuly kokolity s radikálně jinou morfologií – plakolity, které stávající formy početně převýšily. Ve spodním pliensbachu se objevil nový rod s plakolity – *Similiscutum* (rané formy, součástí rodu *Biscutum*). Jeho rychlá diverzifikace během celé spodní jury dala vzniknout rodům *Biscutum*, *Sollasites*, *Calyculus*, *Carinolithus* a *Discorhabdus*. V sinemuru se objevila další skupina s plakolity, zastoupena rodem *Mazaganella* (Mazaganellaceae), jejíž výskyt v SZ Evropě chybí až do objevení rodu *Triscutum* ve svrchním toarku. Třetí plakolitová skupina se vyvinula z rodu *Lotharingius* (Watznaueriaceae) ve svrchním pliensbachu a začala téměř okamžitě převládat (Bown and Cooper, 1998).

Během hraničního intervalu pliensbach/toark se dále diverzifikovaly druhy s plakolity, zatímco jednodušší murality upadaly. Rody *Biscutum* a *Lotharingius* se staly významnými členy společenstev, na rozdíl od rodů *Parhabdolithus*, *Crucirhabdus* a *Mitrolithus*, které vyhynuly. Ve svrchním toarku se poprvé objevili zástupci čeledi Cretarhabdaceae a rod *Triscutum* (Mazaganellaceae). Koncem toarku již byly vyvinuty základy čeledí, ze kterých vznikla většina taxonů střední a svrchní jury. Evoluční přechod z rodu *Lotharingius* na rod *Watznaueria* můžeme pozorovat od aalenu do bajoku, kde převládli nad ostatními rody, vedoucí postavení si udržely až do bathonu. Dominance rodu *Watznaueria* nastala v callovu a pokračovala skrz celou svrchní juru až do křídly. Pro střední juru je také charakteristický rozvoj čeledí Axopodorhabdaceae a Stephanolithiaceae, rod *Stephanolithion* je hojně využíván v biostratigrafii střední a svrchní jury (Bown and Cooper, 1998).

Vysokou druhovou rozmanitostí se vyznačuje období od callovu do spodního oxfordu, zejména křehkých zástupců čeledi Stephanolithiaceae. Po zbytek jurského období můžeme vidět postupné snižování diverzity v boreální oblasti (severní mírné pásmo), hojnost nanofosilií však zůstává vysoká. Rod *Watznaueria* a zvláště pak druh *W. britannica* zaujímá hlavní složku všech společenstev. Naproti tomu v tethydní oblasti (vázaná na oceán Tethys a

tropické pásmo) se diverzita významně zvyšuje. Objevují se zde nové skupiny nanolitů např. *Conusphaera* a *Nannoconus* (Bown and Cooper, 1998).

### 4.3. Rozšíření jurského vápenného nanoplanktonu v Evropě

#### Francie

Giraud (2009) se zabýval produkcí vápenného nanoplanktonu během přechodu střední a svrchní jury (callov – oxford) z Francouzské subalpínské pánve (JV Francie). Ve všech profilech s vápennými jílovcí, dominuje rod *Watznaueria* spp. . Naopak *Biscutum*, *Zeugrhabdotus erectus*, *Discorhabdus*, a *Stephanolithion* jsou křehké taxony, považované za velmi náchylné k rozpuštění. Ostatní druhy přispívající ke složení nanofosilií jsou: *Cyclagelosphaera margerelii* a nanolit *Stephanolithion bigotii*.

#### Velká Británie

Lees *et al.* (2004) studoval kokolitonosné laminy „Kimmeridge clay formation“ (KCF) Dorsetu v J Anglii s převládající čeledí Watznaueriaceae. Zachování je původní, s převahou *Watznaueria fossacineta/barnesiae*, ale příležitostně i *Watznaueria britannica* nebo *Cyclagelosphaera margerelii*. Přítomny jsou také skupiny mimo Watznaueriaceae, s kokolity a poškozenými kokosférami. Vzácně jsou pozorovány rody *Zeugrhabdotus*, *Staurolithites*, *Polypodorhabdus*, *Truncatoscapus* a *Stradnerlithus*.

Young and Bown (1991) zkoumali jíly kimmeridžského stáří v Dorsetu, obsahující kokolitové vápence s převládajícím druhem *Watznaueria fossacineta*.

#### Jižní Německo

Z celkového složení nanofosilií v Balingen – Tieringenu (J Německo) převládá druh *Watznaueria britannica* (30.1%). Poněkud méně zastoupené jsou *Schizosphaerella* spp. (20.6%), *Watznaueria barnesae* (14%) a *Watznaueria manivita* (11.9%) zatímco nejméně jsou zastoupeny druhy *Lotharingius hauffii* a *Cyclagelosphaera margereli*, které zaujímají pouze 7.4% a 4.7%. Těchto šest druhů nanofosilií je přítomných téměř ve všech vzorcích a dohromady představují v průměru 88.7% z celkového zastoupení (Pittet, Mattioli, 2002).

## Itálie

Baldanza a Mattioli (1992) se zabývali ukládáním vápenců v průběhu spodní jury (svrchní pliensbach – spodní toark) ve střední Itálii. Původ karbonátů v jurských pelagických a hemipelagických prostředích zůstává předmětem diskuzí. Spodní jura se zdá být obdobím s velmi nízkou produkcí nanoplanktonu a celkový přínos nanofosilií karbonátové části sedimentů je velmi limitován. Nejdůležitější eventy pliensbachu centrální Itálie jsou: první výskyty (FO – first occurrence) *Mitrolithus jansae*, *Biscutum finchii* a *Lotharingius hauffii*. Na hranici pliensbachu – toarku se objevuje *Calyculus sp.* Během toarku se poprvé vyskytují nanofosilie *L. crucicentralis*, *Carinolithus superbus*, *Discorhabdus ignotus*, *L. velatus* a naposled se objevuje *M. jansae* a *Parhabdolithus liasicus*. Ve spodním aalenu se poprvé objevuje rod *Watznaueria*, jeden z nejdůležitějších zástupců nanofosilií střední jury .

## Portugalsko

Ve spodním pliensbachu se poprvé objevuje *Mitrolithus jansae* a *Biscutum finchii*. *Lotharingius hauffii* a *Calyculus sp.* se poprvé objevují až ve svrchním pliensbachu. V toarku se poprvé objevuje *C. superbus*, *L. crucicentralis* a *L. velatus*, *Discorhabdus ignotus*, *L. contractus* a *Watznaueria barnesae* a naposled *M. jansae* a *P. liasicus* (Baldanza, Mattioli, 1992).

## Řecko

Nálezy od Baldanza a Mattioli (1992) ze severozápadního Řecka (ostrov Lefkas) z pliensbachu, které charakterizují výskyt kokolitů *Calyculus sp.*, *Lotharingius hauffii* a *Mitrolithus jansae*. V toarku se objevuje *D. ignotus*, *C. superbus*, *L. contractus* a *W. barnease*.

## Maďarsko

Maďarské profily pliensbachu a toarku zkoumali Baldanza a Mattioli (1992). Vápence (křemičité, krinoidní) a jíly pliensbachu obsahují nanofosilie druhů *Biscutum novum*, *Mitrolithus lenticularis*, *Crepitolithus crassus*, *Parhabdolithus liasicus* a *Schizosphaerella sp.* V toarku dominuje černým jílovitým břidlicím rod *Crepidolithus sp.*

## Polsko

Oszczypko *et al.*, (2004) studoval černé flyšové sedimenty („black flysch“) z Pieninského bradlového pásma (západní Karpaty) z Polska. Společenstva charakterizuje převládající druh *Lotharingius contractus*, ve vzácných případech se vyskytují druhy: *L. crucicentralis*, *W.britannica*, *W. barnesae*, *C. margherensis*, *D. striatus*, *Etmorhabdus gallicus* a evoluční přechod *Lotharingius - Watznaueria*. Tyto nanofosílie zachycují rozsah svrchní aalen až spodní bajok.

Výše citované autory shrnuje tabulka 1

<p><b>JV Francie</b> (Francouzská subalpínská pánev) Giraud <i>et al.</i>, 2009</p>	<p><b>callov/oxford</b> (vápnité jílovce)</p>	<p><i>Watznaueria britannica</i> <i>W.barnesiae</i> <i>W.fossacincta</i> <i>W.manivitae</i> <i>Stephanolithion bigotii</i> <i>maximum</i> <i>Cyclagelosphaera margerelii</i> <i>Biscutum dubium</i> <i>Discorhabdus sp.</i> <i>Zeugrhabdotus erectus</i> <i>Schizosphaerella punctulata</i></p>
<p><b>J Anglie</b> (Dorset) Lees <i>et al.</i>, 2004</p>	<p><b>kimmeridž</b> (jílovce s vápencovými a dolomitovými vrstvami)</p>	<p><i>W.fossacincta/barnesiae</i> <i>W.britannica</i> <i>C. margerelii</i> <i>Zeugrhabdotus sp.</i> <i>Staurolithites sp.</i> <i>Polypodorhabdus sp.</i> <i>Truncatoscapus sp.</i> <i>Stradnerlithus sp.</i></p>
<p><b>J Německo</b> (západ pohoří Švábská Alba) Pittet, Mattioli, 2002</p>	<p><b>oxford</b> (vápnité jílovce)</p>	<p><i>W. britannica</i> <i>W. barnesae</i> <i>W. manivitae</i> <i>Schizosphaerella sp.</i> <i>Lotharingius hauffii</i> <i>C. margerelii</i></p>
<p><b>Střední Itálie</b> (oblast Umbria-Marche) Baldanza, Mattioli, 1992</p>	<p><b>pliensbach</b> (mikritické vápence s rohovci)</p>	<p><i>Mitrolithus jansae</i> <i>Biscutum finchii</i> <i>L. hauffii</i></p>
	<p><b>toark</b> (jílovité vápence, nodulární vápence)</p>	<p><i>Calyculus sp.</i> <i>L. crucicentralis</i> <i>Carinolithus superbus</i> <i>Discorhabdus ignotus</i> <i>L. velatus</i> <i>M. jansae</i> <i>Parhabdolithus liasicus</i></p>

	<b>aalen</b> (vápence s rohovci)	<i>C. margerelii</i> <i>C. margharensis</i> <i>W. manivitae</i>
	<b>bajok</b> (vápence s rohovci)	<i>W. britannica</i>
<b>Střední Portugalsko</b> (severně od Lisbonu a řeky Tago) Baldanza, Mattioli, 1992	<b>pliensbach</b> (jíly, vápnité jílovce)	<i>Mitrolithus jansae</i> <i>B. finchii</i> <i>L. hauffii</i> <i>Calyculus sp.</i>
	<b>toark</b> (jíly, vápnité jílovce)	<i>Carinolithus superbus</i> <i>L. crucicentralis</i> <i>L. velatus</i> <i>L. contractus</i> <i>D. ignotus</i> <i>W. barnesae</i> <i>M. jansae</i> <i>P. liasicus</i>
<b>SZ Řecko</b> (ostrov Lefkas) Baldanza, Mattioli, 1992	<b>pliensbach</b> (jílovité vápence)	<i>Calyculus sp.</i> <i>L. hauffii</i> <i>M. jansae</i>
	<b>toark</b> (jíly, jílovité vápence)	<i>D. ignotus</i> <i>C. superbus</i> <i>L. contractus</i> <i>W. barnesae</i>
<b>Střední Maďarsko</b> (pohoří Bakony) Baldanza, Mattioli, 1992	<b>pliensbach</b> (krinoidní vápence, křemičité vápence, jíly)	<i>B. novum</i> <i>Mitrolithus lenticularis</i> <i>M. jansae</i> <i>Crepitolithus crassus</i> <i>P. liasicus</i> <i>Schizosphaerella sp.</i>
	<b>toark</b> (černé jílovité břidlice)	<i>C. crassus</i> <i>C. cavus</i> <i>C. granulatus</i>
<b>Polsko</b> (Pieninské bradlové pásmo, západní Karpaty) Oszczypko <i>et al.</i> , 2004	<b>svrchní aalen – spodní bajok</b> (černé a tmavěšedé břidlice s písčítými vápenci, „black flysch“)	<i>L. contractus</i> <i>L. crucicentralis</i> <i>W. britannica</i> <i>W. barnesae</i> <i>C. margherensis</i> <i>D. striatus</i> <i>Etmorhabdus gallicus</i>

Tab.1 Rozšíření jurského nanoplanktonu v Evropě.

#### 4.4. Biostratigrafické využití vápnitého nanoplanktonu v intervalu callov-kimmeridž

Jurské sedimenty v severních Čechách byly doposud studovány pouze na základě amonitů (amonoidní hlavonožci). Systematickou revizí exemplářů pocházejících z okolí Krásné Lípy, Šluknovska u obcí Kyjov a Brtníky (lom Šterneberk) a z Německa (Hohnstein) prokázal

Hrbek (2011) stratigrafický rozsah vymezený zónami *Cardioceras cordatum* až *Ataxioceras hypselocyclum*, který odpovídá časovému intervalu spodní oxford až hranice spodního a svrchního kimmeridže. Tyto amonitové zóny odpovídají nanozónám NJ14 až NJ15b (Bown and Cooper, 1998). Výše zmíněná studie popisuje typické boreální a tethydni zástupce amonitů, potvrzuje tím propojení mořské fauny severní Boreální oblasti s jižní Tethydni provincií. Předběžný nález vápnitého nanoplanktonu ukazuje možnost upřesnit biostratigrafii i na jeho základě (Holcová, 2011, osobní sdělení).

Následující schémata (Obr. 5, 6) korelují amonitové zóny a nanozóny v intervalu callov – kimmeridž Boreální a Tethydni provincie.





**Autor.** Bown *et al.* (1988).

**Definice.** LO *Stephanolithion bigotii maximum* až FO *Stephanolithion brevispinus* (= *helotatus* of Cooper, 1987).

**Rozsah.** spodní oxford až svrchní kimmeridž.

**Poznámka.** Široká zóna odrážející období evoluční stáze. Tato a všechny mladší boreální jurské zóny popisují neustále klesající diverzitu jelikož vymírání druhů převyšuje jejich vznik. Společenstvům typicky dominuje *W. britannica*, dále obsahují druhy *Axopodorhabdus cylindratus*, *B. dubium*, *C. margerelii*, *Ethmorhabdus gallicus*, *Polypodorhabdus escaigii*, *S. bigotii bigotii*, *S. stradneri* and *Z. erectus*.

#### **NJ15a Lotharingius crucicentralis subzóna**

**Autor.** Bown *et al.* (1988).

**Definice.** LO *Stephanolithion bigotii maximum* až LO *Lotharingius crucicentralis*.

**Rozsah.** Spodní oxford až svrchní oxford.

**Poznámka.** LO *L. crucicentralis* byl zaznamenán v této vrstvě v množství sekcí, ale je vzácný vzhledem k vrcholu rozsahu. Další, potenciálně použitelné LO jsou *C. perforata* a *D. striatus*.

#### **NJ15b Hexapodorhabdus cuvillieri subzóna**

**Autor.** Bown *et al.* (1988).

**Definice.** LO *Lotharingius crucicentralis* až the FO of *Stephanolithion brevispinus*.

**Rozsah.** svrchní oxford až svrchní kimmeridž.

**Rozsah.** FO *Faviconus multicolumnatus* byl popsán ze svrchního oxfordu.

## 5. ZÁVĚR

Vápnitý nanoplankton je uměle vytvořená skupina nanofosílií, jejíž většinu řadíme mezi kokolitky. První nálezy pocházejí ze svrchního triasu, hojně se vyskytují od jury po současnost ve všech otevřených mořských prostředích, kde tvoří významnou složku fytoplanktonu. Společným znakem těchto jednobuněčných řas je schopnost tvorby schránky složené z organických destiček, které dokáží samy mineralizovat kalcitem. Kalcitové destičky nebo-li kokolity jsou využívány pro účely biostratigrafie mořských sedimentů od jury po recent. Vzhledem k citlivosti na změny podmínek prostředí jako je množství živin, teplota vody a salinita jsou kokolity důležité indikátory využívané k paleoklimatologickým rekonstrukcím. Ačkoliv jsou kokolity z velké většiny zastoupeny po celém světě, jejich rozšíření je ovlivněno zejména teplotou povrchové vody a distribucí živin.

V oligotrofních podmínkách, tropických a subtropických prostředích jsou přírůstky fytoplanktonu nízké, ale jeho diverzita může být velmi vysoká. Přísun živin může zvýšit zimní míchání, výstupné proudění či přítok živinami bohatých říčních vod. Tyto mechanismy způsobují eutrofní podmínky, ve kterých fytoplankton může tvořit tzv. vodní květy složené z omezeného počtu druhů. V těchto uvedených podmínkách je hojnost fytoplanktonu vysoká, ale jeho relativní diverzita naopak nízká.

Český masiv se během jury nacházel v teplém klimatickém pásmu mezi 20°s.š. a 30°s.š., většina patřila k vynořeným částem pevniny tzv. vindelickému hřbetu. Na hranici střední a svrchní jury (callov/oxford) však došlo k mořské transgresi, při které se pravděpodobně vytvořil epikontinentální průliv spojující rozdílné faunistické provincie: chladnější severní Boreální provincii a jižní teplomilnou Tethydni provincii vázanou na oceán Tethys. Tuto teorii potvrzuje nedávná studie Hrbka (2011) vzorků ze severních Čech z okolí Krásné Lípy, charakteristické společným výskytem typicky boreálních a typicky tethydni zástupců amonitové fauny. Studie uvádí pravděpodobný rozsah jurských sedimentů v rozmezí svrchní oxford až hranice spodního a svrchního kimmeridže. Tomuto intervalu odpovídají amonitové zóny *Cardioceras cordatum* až *Ataxioceras hypselocyclum*. Špatné zachování jurských hornin v severních Čechách, bohužel nedovoluje rekonstruovat původní sedimentační prostor. Předběžný nález vápnitého nanoplanktonu naznačuje možnost upřesnění biostratigrafie této oblasti na jeho základě. Výše zmíněné amonitové zóny odpovídají nanozónám NJ14 *Stephanolithion bigotii maximum* až NJ15b *Hexapodorhabdus cuvillieri* (Bown and Cooper, 1998). Tento interval je obecně charakteristický převahou rodu *Watznaueria*, další významné

druhy jsou *Stephanolition bigotii maximum*, *Cyclagelosphaera margerelii*, *Lotharingius crucicentralis* a *Biscutum dubium*.

Práce dále poskytuje přehled rozšíření jurského vápnitého nanoplanktonu v Evropě, který shrnuje do tabulky. Nálezy vápnitého nanoplanktonu byly popsány z Francie, Anglie, Německa, Itálie, Portugalska, Řecka, Maďarska a Polska.

Předkládaná práce zdaleka nezahrnuje veškeré dosavadní znalosti o vápnitém nanoplanktonu, avšak poskytuje dostatečný základ pro budoucí diplomovou práci.

## LITERATURA

Ackleson S., Balch W.H., Holligan P.M., 1988, White waters of the Gulf of Main, *Oceanography*, Vol. 1, No. 2.

Baldanza A., Mattioli E., 1992, Biostratigraphical synthesis of nannofossils in the Early Middle Jurassic of Southern Tethys, *Nannoplankton research*, Vol. 1, s. 111 – 141, MND Hodonín

Bown P. R. and Cooper M. K. E., Jurassic, In: Bown P. R., 1998, *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropalaeontological Society publication series, s. 34 – 85, London.

Bown P. R. and Young J. R., Introduction, In: Bown P. R., 1998, *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, British Micropalaeontological Society publication series, s. 1 – 15, London.

Giraud F., Courtinat B., Atrops F., 2009, Spatial distribution patterns of calcareous nannofossils across the Callovian – Oxfordian transition in the French Subalpine Basin, *Marine Micropaleontology*, Vol. 72, s. 129 – 145, France.

Giraud F., Pittet B., Mattioli E., Audouin V., 2006, Paleoenvironmental controls on the morphology and abundance of the coccolith *Watznaueria britannica* (Late Jurassic, southern Germany), *Marine Micropaleontology*, Vol. 60, s. 205 – 225, France.

Gradstein F. M., Agterberg F. P., Ogg J. G., Hardenbol J., Van Veen P., Thierry J., Juany Z., 2004, A Mesozoic time scale, *Journal of geophysical research*, Vol. 99, s. 24051-24074.

Haq Bilal U., Calcareous nannoplankton, In: Haq B. U., and Boersma A., *Introduction to marine micropaleontology*, Elsevier, New York, s. 79 – 108.

Holcová K., 15.9.2011, pers. comm.

Hrbek J., 2011, *Hlavonožci a biostratigrafie jurských sedimentárních celků severních Čech*, Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha, 116 s.

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z., 2002. *Geologická minulost České republiky*, Academia.

Jordan R. W., Environmental applications of calcareous nannofossils, In: Haslett S. K., 2002, *Quaternary environmental micropaleontology*, Oxford University Press Inc., s. 192 – 194, New York.

Kachlík, V., 2003, Geologický vývoj území České Republiky, *Správa úložišť radioaktivního*

Krautová M., Prymnesiophyta – Stavba buňky, Skripta pro malou fykologii, [online], Fykologická labotaroř na katedře botaniky Přírodovědecké fakulty JU v Českých Budějovicích, [cit 12. 2. 2011], Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/pokr/Prymnesiophyta>

Kvaček Z., 2007, *Základy systematické paleontologie I. : paleobotanika, paleozoologie bezobratlých*, Praha, Nakladatelství Karolinum.

Lees J. A., Bown P. R., Young J. R., Riding J. B., 2004, Evidence for annual records of phytoplankton productivity in the Kimmeridge Clay Formation coccolith stone bands (Upper Jurassic, Dorset, UK), *Marine Micropaleontology*, Vol. 52, s. 29 – 49, France.

Mattioli E., Pittet B., 2002, Contribution of calcareous nannoplankton to carbonate deposition: a new approach applied to the Lower Jurassic of central Italy, *Marine Micropaleontology*, Vol. 45, s. 175 – 190, France.  
*odpadu*, Praha.

Oszczypko N., Malata E., Švábenická L., Golonka J., Marko F., 2004, Jurassic – Cretaceous controversies in the Western Carpathian Flysch: „black flysch“ case study, *Cretaceous research*, Vol. 25, s. 89 – 113, Elsevier.

Pacltová B., 1990, Vápnitý nanoplankton, *Základy mikropaleobotaniky*, s. 234 – 245, SPN Praha.

Perch-Nielsen K., 1985, Mesozoic calcareous nanofossils, *Plankton Stratigraphy*, Vol. 1, s. 329 – 426, Cambridge University Press.

Pittet B., Mattioli E., 2002, The carbonate signal and calcareous nanofossil distribution in an Upper Jurassic section (Balingen-Tieringen, Late Oxfordian, southern Germany), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 179, s. 71 – 96, Elsevier.

Pokorný V. a kol., 1992, *Všeobecná paleontologie*, Nakladatelství Karolinum, Praha.

Young J. R., The Interantional Nannoplankton Association, [online], 11. 2011, [cit. 8. 12. 2011], Dostupné z: [www.nhm.ac.uk/hosted\\_sites/ina](http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/ina)

Young J. R., Bergen James A., Bown Paul R., Burnett Jackie A., Fiorentino A., Jordan Richard W., Klejne A., Van Neil Brigita E., Ton Romein A.J., Von Salin K., 1997, Guidelines for cocolith and calcareous nanofossil terminology, *Paleontology*, Vol. 40, part 4, s. 875 – 912.

Young J. R., Bown Paul R., 1991, An ontogenetic sequence of cocoliths from the late Jurassic Kimmeridge Clay of England, *Paleontology*, Vol. 34, part 4, s. 843 – 850.

Young J. R., Davis Sean A., Bown Paul R., Mann S., 1999, Coccolith Ultrastructure and Biomineralisation, *Journal od Structural Biology*, Vol. 126, s. 195 – 215.

Young J. R., Didymus Jon M., Bown Paul R., Prins B., Mann S., 1992, Crystal assembly and phylogenetic evolution in heterococcoliths, *Nature*, Vol. 356, s. 516 – 518, Nature publishing group.