

Autor: **Wiesława Radmacher**

Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie

Tytuł rozprawy doktorskiej: **Late Cretaceous palynology of the Norwegian Sea and Barents Sea – biostratigraphical, palaeoenvironmental and palaeoclimatic applications.**

Praca wykonana pod opieką:

Promotor: Dr hab. Jarosław Tyszka, prof. nadzw.
Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie

Ko-promotor: Prof. Gunn Mangerud
Department of Earth Science, University of Bergen (UiB), Norway

Abstract

A palynological study of predominantly dinoflagellate cysts from multiple Upper Cretaceous sections from the Norwegian- and south-western Barents seas has been carried out. The dinoflagellate cyst assemblages are rich and relatively well-preserved, enabling the development of a biostratigraphical framework for regional correlation, identification of hiatus surfaces and palaeoenvironmental reconstructions. The palaeoenvironmental interpretation provides new information for the high-Northern latitudes previously hampered due to incomplete sections and a general absence of outcrop sections.

An Albian to upper Maastrichtian composite section has been created based on cored intervals from wells 6711/4-U-1 and 6707/10-1 in the Norwegian Sea. This reference section is used to biochronologically calibrate five wells (7119/12-1, 7119/9-1, 7120/7-3, 7120/5-1, 7121/5-1) in the south-western Barents Sea and identify hiatus surfaces.

An integrated palynological zonation has been defined, incorporating zones from existing schemes from Greenland and describing new zones, from the base represented successively by: *Subtilisphaera kalaalliti* Interval Zone of Nøhr-Hansen (intra-late Albian to ?intra-early Cenomanian); *Palaeohystrichophora infusorioides*–*Palaeohystrichophora palaeoinfusa* Interval Zone (intra-early Cenomanian to late Cenomanian); *Heterosphaeridium difficile* Interval Zone of Nøhr-Hansen (early Turonian to ?intra-early Coniacian); *Dinopterygium alatum* Interval Zone (?intra-early Coniacian to late Santonian); *Palaeoglenodinium cretaceum* Interval Zone (early Campanian); *Hystrichosphaeridium dowlingii*–*Heterosphaeridium* spp. Interval Zone (intra-Campanian); *Chatangiella bondarenkoi* Interval Zone (late Campanian); *Cerodinium diebelii* Interval Zone of Nøhr-Hansen (early Maastrichtian) and *Wodehouseia spinata* Range Zone of Nøhr-Hansen (intra-late Maastrichtian).

The Upper Campanian of the Norwegian- and Barents seas is characterised by the acme of *Heterosphaeridium bellii* sp. nov. and is compared to a similar *Heterosphaeridium* event in ammonite-calibrated strata from the Western Interior Basin of North America. The interval represented by the *H. bellii* sp. nov. acme is an important Upper Campanian feature, widely recognized throughout the Norwegian Sea.

Six dinoflagellate cyst taxa occurring abundantly in the studied area were identified as significant palaeoenvironmental proxies: *Palaeoperidinium pyrophorum*, *Palaeoperidinium cretaceum*, *Heterosphaeridium bellii* sp. nov., *Odontochitina* spp., *Ovoidinium* sp. 1 and *Trithyrodinium* spp. They are all characteristic of varying degrees of reduced salinity and/or near-shore, shallow marine palaeoenvironmental conditions. In addition the genus *Trithyrodinium* is suggested to be indicative of warm sea surface temperature.

The studied dinoflagellate cyst record indicates generally offshore to near-shore palaeoenvironmental conditions during the Cenomanian to Maastrichtian, with the highest sea level around the Cenomanian/Turonian boundary. A sea-level minimum occurred at the middle/upper Turonian and appears to be associated with a major sequence boundary recognized globally. Near-shore, shallow marine conditions and the strongest salinity reduction is suggested to have occurred during the Campanian and Maastrichtian. This shallowing was very likely a result of uplift, intensified by a Maastrichtian sea level lowstand. Salinity fluctuations probably resulted from an increase of fresh water from the land or/and mixing of the brackish and saline water masses from the Arctic Basin and the Tethys. The presence of some dinoflagellate cysts characteristic of open ocean/warm sea surface temperature within the Maastrichtian cold-water assemblage may be a result of a change in water mass circulation caused by a limited marine connection with the Arctic Basin and enhanced water mass transport from lower latitudes.

Although the analysis of dinoflagellate cyst assemblages cannot provide direct evidence for the exact sea surface temperatures, the present study yields results supporting existing palaeoclimatic models and indicates a transition from warmer to cooler climate in the North proto-Atlantic during the Late Cretaceous. The general change in dinoflagellate cyst abundance and assemblage composition indicates that in this area the warmest period in the Late Cretaceous occurred during the Turonian to earliest Campanian and the probable coolest period took place during the Maastrichtian.

Streszczenie

Analiza palinologiczna przeprowadzona głównie na podstawie cyst Dinoflagellata (bruzdnic), obejmująca dwa rdzenie z Morza Norweskiego oraz pięć otworów wiertniczych z południowo-zachodniej części Morza Barentsa, została wykorzystana do opracowania palinologicznej zonacji, identyfikacji luk stratygraficznych oraz rekonstrukcji paleośrodowiska. Stosunkowo bogate i dobrze zachowane zespoły cyst Dinoflagellata pozwoliły na precyzyjne datowanie oraz udokumentowanie osadów od albu po mastrycht w Morzu Norweskim i Morzu Barentsa.

Zestawienie dwóch rdzeni z Morza Norweskiego: 6711/4-U-1 oraz 6707/10-1, reprezentujących stosunkowo różne interwały czasowe, posłużyło do stworzenia zbiorczego profilu biostratygraficznego wieku od albu po późny mastrycht. Profil ten został następnie wykorzystany do kalibracji pięciu otworów w południowo-zachodniej części Morza Barentsa (7119/12-1, 7119/9-1, 7120/7-3, 7120/5-1, 7121/5-1).

Zaproponowana zonacja zawiera poziomy wcześniej opisane z Grenlandii oraz nowe, opisane przez autorkę, reprezentowane przez: poziom interwałowy *Subtilisphaera kalaalliti* sensu Nøhr-Hansen (późny alb do ?wczesnego cenomanu); poziom interwałowy *Palaeohystrichophora infusorioides*–*Palaeohystrichophora palaeoinfusa* (wczesny cenoman do późnego cenomanu); poziom interwałowy *Heterosphaeridium difficile* sensu Nøhr-Hansen (wczesny turon do ?wczesnego koniaku); poziom interwałowy *Dinopterygium alatum* (?wczesny koniak do późnego santonu); poziom interwałowy *Palaeoglenodinium cretaceum* (wczesny kampan); poziom interwałowy *Hystrichosphaeridium dowlingii*–*Heterosphaeridium* spp. (kampan); poziom interwałowy *Chatangiella bondarenkoi* (późny kampan); poziom interwałowy *Cerodinium diebelii* sensu Nøhr-Hansen (wczesny mastrycht) oraz poziom zasięgu gatunku *Wodehouseia spinata* sensu Nøhr-Hansen (późny mastrycht).

Górny kampan zarówno w Morzu Norweskim jak i w Morzu Barentsa reprezentowany jest przez obfite pojawienie się nowo opisanego gatunku cyst Dinoflagellata *Heterosphaeridium bellii* Radmacher et al., 2014a. Zasięg

wiekowy tego gatunku określony jest na podstawie współwystępowania ostatnich pojawień innych górnokredowych cyst Dinoflagellata. Rozpoznanie podobnego wydarzenia w warstwach datowanych za pomocą amonitów w osadach „Północnoamerykańskiego Morza Wewnętrznego” pozwoliło na zweryfikowanie wieku kampańskiego. Obfite pojawienie się *H. bellii* może więc służyć jako rozpoznawalne, przydatne w datowaniu osadów ‘wydarzenie’ biostratygraficzne.

Sześć taksonów cyst dinoflagellata występujących obficie w Morzu Norweskim i Morzu Barentsa zostało opisanych jako ważne wskaźniki paleośrodowiskowe: *Palaeoperidinium pyrophorum*, *Palaeoperidinium cretaceum*, *Heterosphaeridium bellii*, *Odontochitina* spp., *Ovoidinium* sp. 1 i *Trithyrodinium* spp. Wszystkie te rodzaje i gatunki są traktowane jako wskaźniki zredukowanego stopnia zasolenia i/lub przybrzeżnych warunków płytkomorskich. Dodatkowo rodzaj *Trithyrodinium* posłużył jako wskaźnik podwyższonej temperatury powierzchni oceanu.

Zespoły cyst Dinoflagellata, występujące w badanym regionie, wskazują na depozycję osadów od albu do mastrychtu w środowisku morskim, w warunkach od morza otwartego do przybrzeżnego. Wydaje się bardzo prawdopodobne, że najwyższy poziom morza w tym obszarze miał miejsce na przełomie cenomanu i turonu, a najniższy na przełomie środkowego i górnego turonu. Warunki płytkiego, przybrzeżnego morza oraz najsilniejsza redukcja zasolenia to cechy typowe dla kampanu i mastrychtu. Spływanie pod koniec kredy było najprawdopodobniej rezultatem tektonicznego podnoszenia się badanego obszaru, a w rezultacie obniżającego się poziomu morza. Zmiany zasolenia wiążą się z dostawą słodkiej wody z lądu i/lub z mieszanym powierzchniowych, wysłodzonych wód Arktyki z wodami Tetydy o zasoleniu normalnym. Współwystępowanie w mastrychcie zespołu cyst Dinoflagellata typowego dla zimnych wód wraz z gatunkami charakterystycznymi dla otwartego oceanu/podwyższonej temperatury powierzchni wody, wydaje się trudne do wytłumaczenia. Zjawisko to może wiązać się ze zmianą cyrkulacji mas wodnych, spowodowaną ograniczeniem połączenia morskiego z basenem arktycznym, a w rezultacie wzmożoną dostawą wód z niższych szerokości geograficznych.

Pomimo to, że analiza palinologiczna nie dostarcza bezpośrednich, liczbowych danych na temat temperatury powierzchni oceanu, zaprezentowane badania wskazują na zmiany paleoklimatyczne w późnej kredzie, sugerując przejście od cieplejszego do chłodniejszego klimatu. Na podstawie wyraźnej zmiany w zespołach cyst Dinoflagellata szacuje się, że najcieplejszy okres w badanym regionie miał miejsce od turonu do ?najwcześniejszego kampanu, a najchłodniejszy w mastrychcie.