

Warunki sedymentacji osadów cechsztynu w niecce północnosudeckiej

Paweł Raczyński*

Depositional conditions and paleoenvironments of the Zechstein deposits in the North-Sudetic Basin (SW Poland)

Summary. Zechstein deposits accumulated in various sedimentary environments which may be grouped into three broad realms: shallow marine, diversified nearshore and flat onshore. Tempestites and related deposits have commonly been documented throughout the Zechstein succession of the basin. A vertical succession which includes deposits accumulated in shallow, narrow bay settings at the base and grades upwards into deposits of carbonate barrier, enclosed lagoon with restricted water circulation, and finally into sediments of onshore sand-mud flat, appears the most commonly recorded pattern of paleoenvironment evolution. Two major transgressive-to-regressive depositional complexes encountered within the sedimentary succession of the North-Sudetic Basin are attributed to PZ1 (Werra) and PZ3 (Leine) cyclothems of the classic subdivision of the Central European Zechstein deposits. Deposits of the topmost part of PZ3 cyclothem are equivalents of the Permo-Triassic transitional terrigenous series (Pzt). Most boundaries of the distinguished lithostratigraphic units are diachronous. The latter conclusion does not apply to the lower boundaries of the Zechstein (Group?), Lead-bearing Marls (Member?) and Plate Dolomite (Member?) — all of them seem to be almost isochronous. Predominant number of the diversified fossil taxa (120 taxa documented, including ca. 40 recorded for the first time from the area) discovered within the Zechstein deposits of the North-Sudetic Basin cannot be regarded as good chronostratigraphic indicators. The only exception is the calcareous algae of *Calcinema permiana* (King) which have high biostratigraphic value. A great part of the remaining taxa served as good biofacies indicators and helped while interpreting paleoenvironments.

Niniejsza praca prezentuje główne tezy rozprawy doktorskiej (Raczyński, 1996) wykonanej w latach 1990–1996 w Zakładzie Geologii Stratygraficznej ING UW. pod kierunkiem naukowym prof. dr. hab. Tadeusza Guni. Potrzeba dokonania kompleksowej analizy zarówno paleontologicznej, jak i sedymentologiczno-paleoekologicznej dla utworów cechsztyńskich w niecce północnosudeckiej wynikała z braku tego rodzaju opracowań. Dotychczasowe badania osadów cechsztynu w niecce północnosudeckiej koncentrowały się głównie na zagadnieniach facjalnych i złożowych (Scupin, 1931; Gunia, 1962; Piątkowski, 1966; Niškiewicz, 1967; Śliwiński, 1988; Peryt & Kasprzyk, 1992). Jedyne większe opracowanie poświęcone skamieniałościom występującym w tych utworach (Riedel, 1917) nie zawiera żadnych ilustracji i jedynie nieliczne opisy poszczególnych taksonów.

Materiały do pracy zostały zebrane w istniejących odsłonięciach naturalnych i sztucznych, od Stanisławowa na SE od Złotoryi po Żarki Średnie na północ od Zgorzelca (ryc. 1). Uzupełnieniem tych materiałów były opracowania archiwalne, zawierające opisy profili głębokich otworów wiertniczych, wykonane głównie przy poszukiwaniach rud miedzi. Część tych opracowań udostępniona mi została w Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego.

*Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław

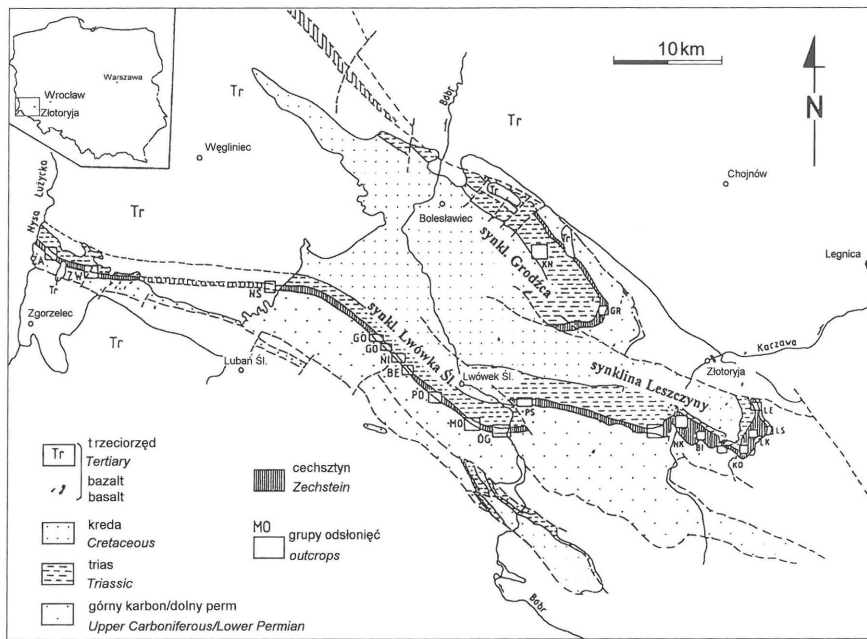
Charakterystyka litostratygraficzno-sedymentologiczna wystąpień cechsztynu

Występowanie cechsztynu stwierdzono we wszystkich tektonicznych podjednostkach niecki północnosudeckiej z wyjątkiem rowu Świerzawy oraz w będącym jego przedłużeniem zapadlisku Wolbromka. Na tych obszarach paleozoiczna sedymentacja zakończyła się już w czerwonym spągowcu.

Zastosowany w tej pracy podział stratygraficzny utworów cechsztynu jest podziałem tradycyjnym, stosowanym jeszcze przed początkiem naszego stulecia (tab. 1). Proponowany przez niektórych autorów podział cechsztynu na cyklotemy napotyka w tym przypadku na duże trudności. Związane one są z kontrowersyjnością wyróżniania odpowiedników cyklotemów salinarnych wśród osadów przybrzeżnych, węglanowo-silikoklastycznych. W tabeli 1 przedstawiłem również mój pogląd na zagadnienie rozgraniczenia cyklotemów na tym obszarze.

Opis wystąpień cechsztynu przeprowadzono na podstawie podziału obszaru niecki na rejony badań, charakteryzujące się podobnym wykształceniem litologicznym. Dla każdego rejonu sporządziłem profil litologiczny, przy którym zazaczyłem niektóre struktury sedymentacyjne i występowanie skamieniałości. Zaznaczone zostały głównie te spośród struktur sedymentacyjnych, które najlepiej mogły posłużyć do interpretacji warunków środowiska w czasie powstawania osadów. Sygnalizując przy profilu występowanie skamieniałości w poszczególnych warstwach brałem także pod uwagę ułożenie skorupki względem powierzchni dna ze względu na duże znaczenie tego parametru dla paleodynamiki środowiska. Łącznie w pracy (Raczyński, 1996) znalazło się siedem profili ilustrujących następstwo i zróżnicowanie warstw. W opisie litologii znajdują się także liczne odsyłacze do plansz fotograficznych, dokumentujących stan badanych odsłoneń i najciekawsze struktury sedymentacyjne oraz prezentujących wybrane mikrostruktury (fotografowane z płytek cienkich).

Na podstawie charakterystyki litologiczno-sedymentologicznej dokonałem wydzielenia asocjacji litofacjalnych (Reading, 1986) w obrębie jednostek tektonicznych niecki północnosudeckiej. Następstwo asocjacji litofacjalnych w synklinach Leszczyny (ryc. 2), Grodzca i Lwówka Śl. prezentują trzy syntetyczne profile litofacjalne. Ilustruje taki profil wykonany dla synkliny Leszczyny. Tabela zestawienie wyróżnionych asocjacji litofacjalnych (tab. 2 — synklina Leszczyny) wykazuje dużą ich zbieżność z wydzielanymi wcześniej jednostkami nieformalnego podziału litostratygraficznego. Jedyne w obrębie kruszonośnej serii dolnego cechsztynu zaznacza się pewna różnica: nieformalnym poziomom litostratygraficznym (margli plamistych, miedzionośnych i ołowionośnych) odpowiada tylko jedna (w synklinie Leszczyny) lub dwie asocjacje litofacjalne (w synklinach Lwówka Śl. i Grodzca). Dla każdej z omawianych synklin sporządziłem także mapy rozmieszczenia dominujących typów litologicznych na ich obszarze. Mapy te posłużyły do wykonania map ilustrujących zróżnicowanie



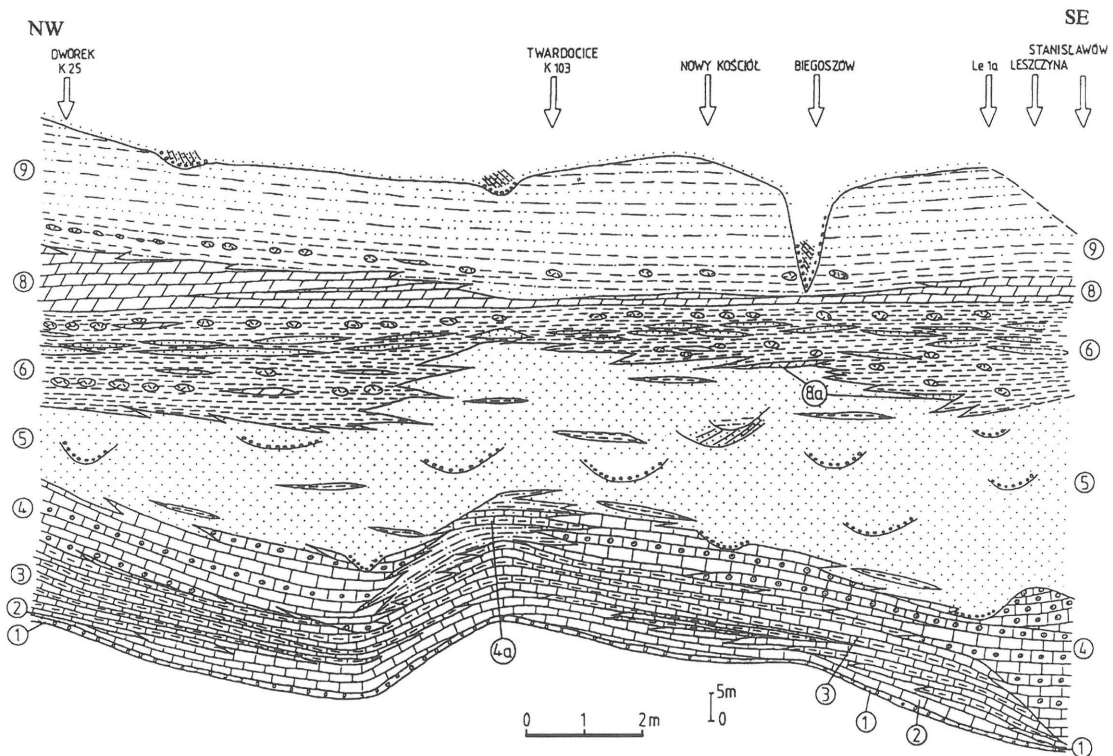
Ryc. 1. Schematyczna mapa geologiczna niecki północnosudeckiej z lokalizacją rejonów występowania odsłoneń; Le — Leszczyna, SL — Stanisławów–Leszczyna, KL — Kondratów–Leszczyna, Ko — Kondratów, Bi — Biegoszów, NK — Nowy Kościół–Proboszczów, PS — Płakowice–Sobota, DG — Dębowy Gaj, MO — Mojesz, PD — Płóczki Dln., BE — Berlinek, NI — Niwnice, GO — Gościszów, Gr — Grodziec, Kn — kop. Konrad, NS — Nawojów Śl., ZW — Żarska Wieś, ZA — Żarki Śr.

Fig. 1. Simplified geological map of the North-Sudetic Depression; framed are areas characterized by good outcrop conditions and selected for detailed investigations

rozemieszczenia przestrzennego asocjacji litofacjalnych (np. w górnym cechszynie na ryc. 3).

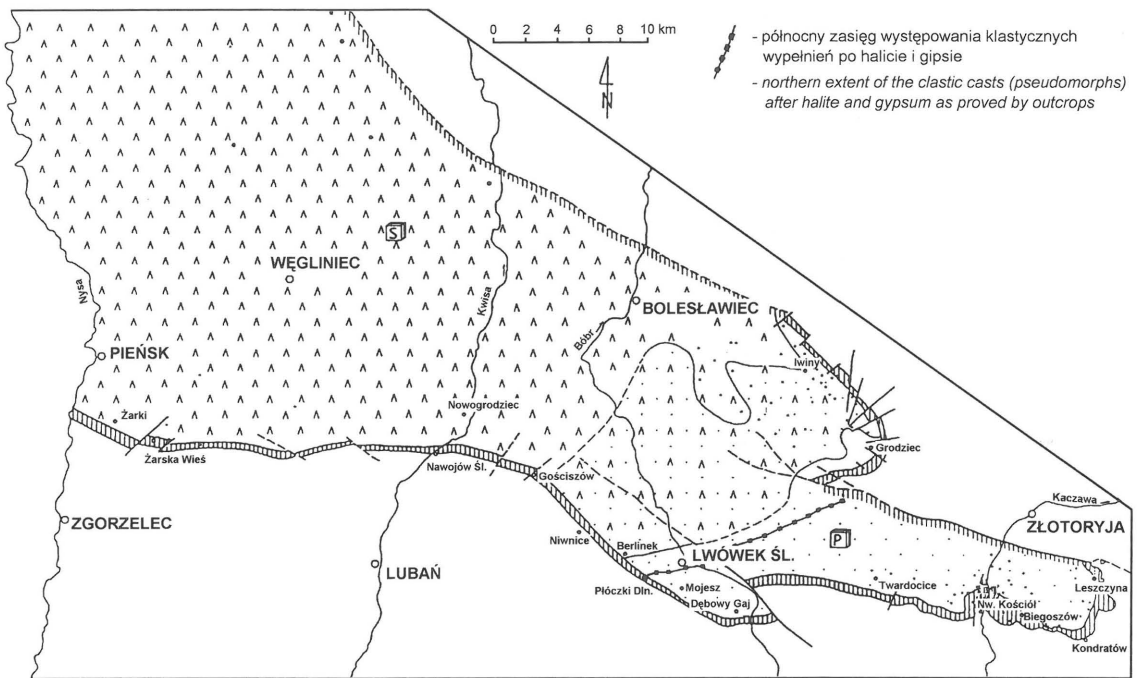
Wyróżnione asocjacje litofacjalne wykazują dużą zmienność pionową i poziomą. Zmienność lateralna rozmieszczenia osadów została dodatkowo zilustrowana mapami obejmującymi cały obszar niecki północnosudeckiej. Mapy i profile stanowią dobre odzwierciedlenie zmieniających się warunków środowiskowych w obrębie zbiornika sedimentacyjnego. Zmia-

ny takie następowały w czasie oraz były związane ze zróżnicowaniem warunków depozycji w różnych strefach zbiornika. Duża zmienność litofacji wynika z częstych oscylacji poziomu morza, co w połączeniu z jego niewielką głębokością prowadziło do częstych zmian środowisk sedimentacyjnych. Na tym tle można też dostrzec pewne ogólne tendencje rozwoju zbiornika sedimentacyjnego.



Ryc. 2. Przekrój przez osady cechszynu w synklinie Leszczyny z wyróżnionymi asocjami litofacjalnymi. Liczby w kółkach oznaczają asocjacje litofacjalne wg tab. 2

Fig. 2. Simplified NW–SE cross-section through the Zechstein sediments of the Leszczyna Syncline. Numbered are lithofacies associations as characterized in the text (see also Table 2)



Ryc. 3. Mapa dominujących typów litologicznych osadów w dolnej części profilu cechsztynu górnego w niecce północnosudeckiej. P — osady piaszczyste (asocjacja litofacjalna 5), P, S — osady piaszczyste przykryte ilastymi z anhydrytem i gipsem (asocjacja litofacjalna 5, 6 i 7), S — osady ilaste z anhydrytem i gipsem (asocjacja litofacjalna 6a i 7)

Fig. 3. Distribution of lithofacies associations within the lower part of the Upper Zechstein succession of the North-Sudetic Basin: P — sandstones (facies association 5); P, S — sandstones under the overlying claystones with anhydrite and gypsum (associations 5, 6 and 7); S — claystones with anhydrite and gypsum (associations 6a and 7)

Charakterystyka skamieniałości występujących w osadach cechsztynu niecki północnosudeckiej

W rozprawie (Raczyński, 1996) zostały zamieszczone, po raz pierwszy w dziejach badań cechsztynu niecki północnosudeckiej, opisy paleontologiczne i fotografie 122 taksonów fauny i flory. Duża część z nich nie była wcześniej

znajdowana w tym rejonie. Znaleziono szczątki fauny należą do pierwotniaków, gąbek, mszywołów, ramienionogów, mięczaków, stawonogów, szkarłupni i kręgowców, a flory — do glonów, paprotników i roślin iglastych. Ponadto wykorzystałem do interpretacji paleośrodowiskowych bogaty zespół skamieniałości śladowych. Ze względu na rozległość tematu pracy zdecydowałem się ograniczyć wydzielenie nowych ta-

Tab. 1. Podział litostratygraficzny osadów cechsztynu w niecce północnosudeckiej

Eisentraut, 1939 (facja płytkowodna)	Richter - Bernburg, 1951	Gunia, 1962 (synklina Leszczyński)	Krasoń, 1964 (facja litoralna i eulitoralna)	Niśkiewicz, 1967 (Nowy Kościół)	Peryt, 1978 (Nowy Kościół)	Raczyński, 1996 (E część niecki)
pstry piaskowiec	pstry piaskowiec	pstry piaskowiec	pstry piaskowiec	pstry piaskowiec	pstry piaskowiec	pstry piaskowiec
czerwone ily Zo2 lub dolomit płytowy (R2) lub dolomit płytowy (R1)	ily górne	pstre ilolupki i piaskowce arkozowe z wkładką płytowych wapieni dolomitycznych zwanymi "dolomitem płytkowym"	Z4 cyklotem leszczyński ilolupki pstre górne piaskowce cechsztyńskie górne	ily z wkładkami piaskowców piaskowce		seria piaszczysto- mulołowcowo- ilasta
ily gipsowe Zo1γ	dolomit płytowy		Z3 cyklotem lwówecki ilolupki pstre (ily gipsowe) środkowe dolomit cech.2 (odp. dolomitu głównego) ilolupki pstre dln.	wapienie dolomityczne seria ilolupków- piaskowców- wapieni wapienie seria ilolupków- piaskowców- wapieni piaskowce	dolomit płytkowy Ca3 Leine Z3 seria detrytyczna	dolomit płytowy lupki septariowa, na W i NW niecki z anhydrytami
piaskowiec cechsztyński Zo1s	ily pstre, lokalnie z gipsem lub anhydrytem	piaskowce drobnoziarniste	Z2 cyklotem bolesław- wiecki piaskowce cechsztyńskie dolne	piaskowce		piaskowce (dolne) górnego cechsztynu
stropowy wapień główny Zm	wapień główny Zmk	wapienie dolomityczne		wapienie dolomityczne cechsztynu 1	wapień cechsztyński Ca1	wapienie i lupki cechsztynu środkowego
margle ołowionośne Zu5	warstwy gerwiliowe (olowionośne) Zu5	margle ołowionośne		wapienie margliste		margle olowionośne
margle miedzionośne Zu4	margle miedzionośne Zu4	margle miedzionośne	Z1 cyklotem kaczawski	margle kaczawskie		margle miedzionośne
margle plamiste Zu3	margle plamiste Zu3	margle z produktami		wapień podstawowy		margle plamiste
wapień podstawowy Zu2	wapień podstawowy Zu2	wapień podstawowy		wapień podstawowy	wap. podst.	wapień podstawowy
zlepieniec graniczny Zu1	zlepieniec graniczny Zu1	zlepieniec i piaskowce z fauną		graniczne piaskow- ce i zlepieniec	czerwony spągowiec	zlepieniec graniczny
czerwony spągowiec	czerwony spągowiec	czerwony spągowiec	czerwony spągowiec	czerwony spągowiec		czerwony spągowiec

ksonów skamieniałości. Spośród przynajmniej kilku taksonów nie opisywanych uprzednio zaproponowałem nazwę tylko dla jednego z nich. Jest nim należący do łódkonogów gatunek *Plagioglypta marci* nov. spec.

Po przebadaniu przestrzennego rozmieszczenia poszczególnych taksonów w osadach, wydzielono biofacje, oparte na zespołach skamieniałości. Każda z biofacji otrzymała nazwę związaną z najbardziej charakterystycznymi dla niej skamieniałościami. W przypadku znacznego ubóstwa liczby skamieniałości nazwa biofacji zostawała utworzona od skrótu oznaczenia utworów, w których występuje. Dla każdej z wydzielonych biofacji został sporządzony blokdiagram, na którym zostały zrekonstruowane warunki paleośrodowiskowe (np. ryc. 4). Wykonałem także schematyczne przekroje ilustrujące przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych biofacji.

Rekonstrukcja środowisk sedymentacyjnych cechsztynu niecki północnosudeckiej na podstawie kryteriów paleontologicznych i litofacjalnych

Zebrane obserwacje sedymentologiczno-litofacjalne i biofacjalne łącznie posłużyły do próby stworzenia modelu rozwoju cechsztyńskiego basenu sedymentacyjnego na dzisiejszym obszarze niecki północnosudeckiej.

Środowiska powstawania osadów cechsztynu dolnego i środkowego. Osady dolno- i środkowoczechsztyńskie powstawały na obszarze niecki północnosudeckiej w bardzo zmiennych warunkach środowiskowych. Sam proces transgresji miał zapewne charakter gwałtowny, a morze wkroczyło na obszar o dużym zróżnicowaniu morfologicznym.

Osady powstałe wtedy (poziom zlepieńca granicznego) mają pochodzenie wydmowe lub płytkomorskie. Obecność szczątków morskiej fauny nie pozostawia wątpliwości, że osad ten był przynajmniej krótkookresowo przerabiany przez fale morskie. Brak osadów całego dolnego cechszty-

nu, na południe i wschód od Mojesza, każą upatrywać w tym rejonie strefy wyniesionej — np. półwyspu wg Eisentrauta (1939) i Piątkowskiego (1966).

Późniejsza sedymentacja na prawie całym obszarze niecki (oprócz okolic Dębowego Gaju) ma charakter węglanowy. We wschodniej części niecki na piaskowcach i zlepieńcach zalegają wapienie, natomiast w zachodniej — margle lub łupki margliste. Miąższość wapieni, które w synklinach Leszczyny i Grodzca określa się jako poziom wapienia podstawowego, maleje w kierunku zachodnim. Najprawdopodobniej wapienie te są osadem lagunowym, tworzącym się w płytkiej lagunie utworzonej po gwałtownej transgresji. Warunki ekologiczne były niekorzystne — występuje w nich niewiele skamieniałości szkieletowych lub bioturbacji. Maksymalną głębokość zbiornik ten osiągał w rejonie Nowego Kościoła, na co wskazuje między innymi miąższość osadów sięgająca 7 metrów. Proces zapełniania laguny, strącanymi głównie chemicznie węglanami w suchym klimacie późnego permu, miał stosunkowo szybki przebieg.

Barczo podobne są osady dolnej części profilu cechsztynu w rejonie Mojesza w synklinie Lwówka Śl. Są one uboższe w skamieniałości, ale także i na tym obszarze bogatsza fauna pojawia się w części zbiornika położonej bliżej centrum.

Po tym etapie nastąpiła zmiana charakteru sedymentacji. Na obszarze rozleglejszym niż zasięg poziomu wapienia podstawowego rozpoczęła się sedymentacja osadów wapienno-marglistych lub ilasto-marglistych. Doszło do pogłębienia zbiornika, a dno na dużych jego obszarach znalazło się poniżej sztormowej podstawy falowania. Źródłem osadu na dnie była sedymentacja z zawiesiny (przyniesionej do morza przez rzeki lub wiatr) lub organogeniczna. Przy dnie zwykle panowały warunki umożliwiające rozwój życia, ale pod cienką warstwą osadu powstawało środowisko redukcyjne. O obecności tlenu w wodzie przy-

Tab. 2. Asocjacje litofacjalne wyróżnione w cechsztynie niecki Leszczyny

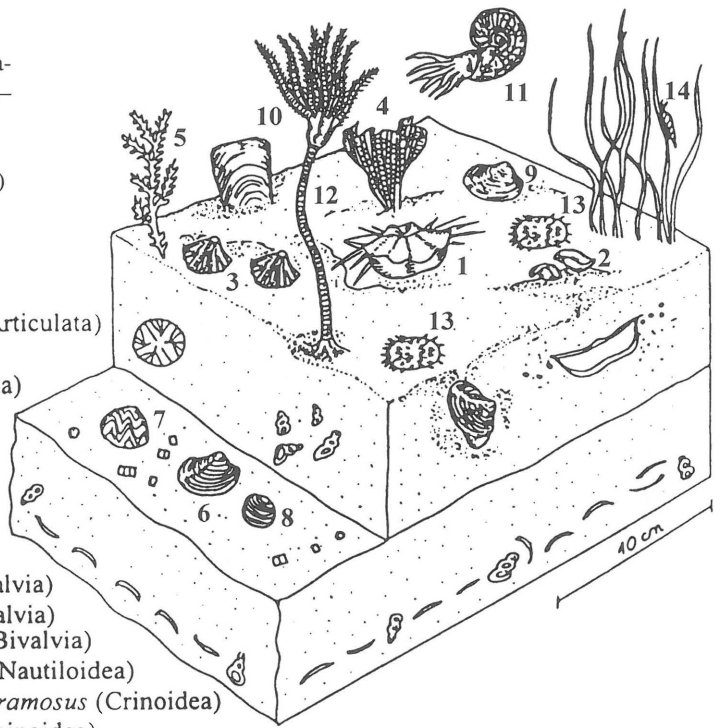
Asocjacja litofacjalna	Podstawowa charakterystyka	Litostratygrafia	
9 Mułowcowo-piaskowcowa	czerwone i żółte piaskowce cienko- i średnioławicowe wśród czerwonych, ilastych mułowców	piaskowiec górny	cechsztyń górny
8 Dolomitowa	szare dolomity średnio- i gruboławicowe, silnie zrekrystalizowane, z detrytycznym kwarcem	dolomit płytowy	
6 Ilasto-piaskowcowa	czerwone osady ilasto-mułowcowe z poziomami kongrekcji węglanowych (septarii), w środkowej części przeławiczone piaskowcami cienko- i średnioławicowymi, w piaskowcach liczne riplemarki, ślady kropel deszczu, szczeliny z wysychania, bioturbacje oraz klastyczne wypełnienia po kryształach halitu i gipsu	łupki septariowe	
8a Dolomitowa	żółtawe lub białożółte, cienko- i średnioławicowe dolomity piaszczyste i piaskowce dolomityczne wśród górnej części piaskowców asocjacji 5, występują lokalnie	dolomit kaczawski	
5 Piaskowcowa	różowe i białe piaskowce średnio- i drobnoziarniste, cienko- do gruboławicowych, z ilastymi intraklastami w dolnych częściach ławic, warstwowania równoległe i przekątne, niekiedy zatarte przez bioturbacje, częste kanały erozyjne	piaskowiec dolny	cechsztyń środkowy
4 Wapienno-dolomitowa	jasnoszare i białe wapienie i dolomity grubo- i średnioławicowe, silnie zrekrystalizowane, często oolitowe i onkolitowe, mała ilość pokruszonych muszli, głównie mięczaków, warstwowania równoległe i przekątne, w dolnej części także kopułowate (HCS), w górnej części osady przeważnie silnie skrasowiałe lub zbrekcyjne		
4a Wapienno-ilasta	szare wapienie przeławiczone szarymi łupkami mułowcowymi i ilastymi, rzadziej piaskowcami; występuje lokalnie (w rejonie Twardocic i na wschodzie niecki)		
3 Wapienno-marglista	szare i ciemnoszare wapienie i margle, cienko- i średnioławicowe, z dużą ilością skamieniałości, warstwowania równoległe i przekątne, w górnej części liczne bioturbacje, w wapieniach częste bruki muszlowe	margle plamiste, Cu i Pb	cechsztyń dolny
2 Wapienna	szare i fioletowe wapienie mikrytowe, średnio- i gruboławicowe, twarde, z małą ilością skamieniałości, warstwowania równoległe i faliste, lokalnie przeławiczenia wapieni oolitowych	wapień podstawowy	
1 Zlepieńcowa	białe i czerwone zlepieńce polimikryczne, średnioławicowe, niekiedy także piaskowce i piaskowce zlepieńcowate, z gniazdowymi nagromadzeniami skamieniałości, niewyraźne warstwowania gradacyjne i równoległe, lokalnie zlepieńce kwarcowo-skalieniowe w wapieniu detrytycznym	zlepieńiec graniczny	

Ryc. 4. Rekonstrukcja biocenozy charakteryzującej biofację Nw 1: *Agathammina-Acanthocladia-Horridonia*

Fig. 4. Biocenosis of *Agathammina-Acanthocladia-Horridonia* biofacies (Nw1)

- 1 - *Horridonia horrida* (Brachiopoda, Articulata)
- 2 - *Dielasma* (Brachiopoda, Articulata)
- 3 - *Stenosisma* (Brachiopoda, Articulata)
- 4 - *Fenestella* (Bryozoa)
- 5 - *Acanthocladia* (Bryozoa)
- 6 - *Phestia speluncaria* (Bivalvia)
- 7 - *Elimata permiana* (Bivalvia)

- 8 - *Astartella* (Bivalvia)
- 9 - *Schizodus* (Bivalvia)
- 10 - *Aviculopinna* (Bivalvia)
- 11 - *Peripetoceras* (Nautiloidea)
- 12 - *Cyathocrinites ramosus* (Crinoidea)
- 13 - *Miocidaris* (Echinoidea)
- 14 - *Loxonema* (Gastropoda)



dennej i najwyższych partiach dna świadczy obecność fauny bentonicznej i liczne bioturbacje w osadzie.

W strefach bliższych brzegu proces powstawania osadów był silnie modyfikowany działalnością sztormów. Dominująca we wschodniej i południowej części niecki dolnocechsztyńska litofacja wapienno-marglista powstała wskutek przerywania osadzania się materiału z zawiesiny przez sztormową dostawę dużych partii osadu węglanowego. Wzdłuż wybrzeża tworzyły się utwory barierowe, oolitowe i (rzadziej) onkoidowe, niszczone i przemieszczane podczas sztormów. Przede wszystkim był z nich odpłukiwany wgłęb zbiornika drobniejszy, lżejszy materiał. Unoszone były także szczątki szkieletowe ze stref bliskich brzegu, w których natlenienie wód utrzymywało się ciągle na wysokim poziomie.

Także przestrzenne zróżnicowanie serii wapienno-marglistej wskazuje na znaczny udział sztormów przy jej tworzeniu. Na obszarze synkliny Leszczyny obserwować można spadek ilości i wzrost miąższości ławic wapiennych wśród margli w kierunku brzegu zbiornika, a w synklinie Grodzka następuje spadek ilości i miąższości ławic wapieni w kierunku środkowej części zbiornika. Jest to zgodne z sugerowanym tempestyto- wym charakterem ławic wapiennych — bliżej brzegu zachowuje się niewiele ławic sztormowych, gdyż w czasie najsilniejszych sztormów duża ilość osadów dennych jest erodowana i redeponowana.

Bliżej brzegu (np. na wschodzie synkliny Leszczyny, pomiędzy Leszczyną a Kondratowem) szybciej następowała zmiana facji podczas regresji. Dochodziło wtedy do wkraczania na obszar zajmowany przez facje związane z sedimentacją szelfową osadów barierowych. Osady serii wapienno-marglistej tworzyły się w wąskiej (20–30 km), długiej (ok. 100 km) zatoce, oddzielonej od strony otwartego zbiornika barierą węglanową na krawędzi szelfu. Granica tego szelfu przebiegała kilka kilometrów na północ od otworu wiertniczego Kościelna Wieś IG 1 (Peryt & Kasprzyk, 1992). W strefie tej rozwijały się według cytowanych autorów rafy węglanowe, na południu

od których trwała sedimentacja typu lagunowego. Zgadza- jąc się z tym poglądem uważam, że rozmiary laguny (zatoeki) we wczesnym cechsztynie były na tyle duże, że w pobliżu wybrzeża utworzyć się mogła w niej mniejsza bariera (oolito- wa z małym udziałem onkolitów), zamykająca niewielkie, płytkie laguny przybrzeżne. Dominowała w nich lagunowa, spokojna sedimentacja osadów wapiennych i marglisto- wapiennych. Jednocześnie przed barierą przybrzeżną trwała także sedimentacja typu lagunowego, ale ze względu na stosunkowo duże rozmiary tego zbiornika zaznacza się tak- że wpływ sztormów na depozycję. Typowo lagunowe osa- dy, pozbawione tempestyto- w, można spotkać dopiero w środkowej części zbiornika, dokąd nie sięgały oddziaływa- nie prądów indukowanych w czasie sztormów. Również w czasie regresji, kiedy zmniejszała się wielkość laguny (za- toeki), następował spadek energii środowiska i dzięki temu osady wyższej części poziomu margli ołowiono- nych w synklinie Grodzka mają już charakter osadów spokojnej laguny.

W synklinie Lwówka Śl., gdzie transgresja nastąpiła później, układ warstw dolnego cechsztynu nie jest tak dobrze czytelny. W profilu osadów dominują utwory złożone w lagna- ch, z istotnym udziałem wapieni stromatolitowych i innych utworów powstałych przy współdziałaniu glonów. Podobnie do utworów osadzonych we wschodnim zakończeniu synkliny Leszczyny, niektóre z tych osadów podobne są do cechsztyn- skich raf glonowych znanych z Turynii (Peryt, 1986). Rafy te były utworzone najprawdopodobniej przez krasnorosty z ro- dzaju *Stromaria* (= *Archaeolithoporella*). Struktury stromato- litowe wskazują na bardzo niewielką głębokość zbiornika (Walter, 1976). Niektóre drobnolaminowane wapienie margliste z rejonu Gościszowa mają cechy utworów współtworzonych przez sinice. Podobne do znanych z rejonu Berlinka i Gościszowa struktury znaleziono także na monoklinie przedsudeckiej (Peryt, 1981). Ponad stromatolitami w synklinie Lwówka Śl. zalegają wapienie tworzone przez silne prądy sztormowe (proksymalne tempestyty).

Środowisko depozycyjne słabo odsłoniętych utworów dolnego cechsztynu w północno-zachodniej części niecki północnosudeckiej, wykazuje także wiele cech wspólnych z warunkami panującymi podczas sedymentacji tego poziomu na większości obszaru synkliny Leszczyny i we wschodniej części synkliny Grodzca. Także i tu dominującą rolę w kształtowaniu profilu odgrywała współzależność między sedymentacją marglistego osadu w okresach spokojnych i wapiennych przeławień po sztormowym wzburzeniu wód. Ze względu na rozległość tej części zbiornika i zapewne większą odległość od brzegu, większy był tu udział osadów marglistych (reprezentujących tło sedymentacyjne). Skład taksonomiczny zespołu skamieniałości wskazuje na niezbyt głęboki zbiornik, wolniej zasypywany niż we wschodniej części niecki. Natlenienie wód przy dnie było lepsze, czego dowodem jest większe niż na pozostałym obszarze zróżnicowanie fauny.

Wyraźnie uwidoczniła, zmianą litologii, granica pomiędzy cechsztynem dolnym a środkowym ma w skali całego obszaru niecki północnosudeckiej charakter diachroniczny. Związana jest ona z następującą podczas regresji migracją ku środkowej części zbiornika sztormowej podstawy falowania. Sedymentacja osadów cechsztynu środkowego była w dużej mierze warunkowana przez sztormy. Wśród osadów tego poziomu dużo jest ławic proksymalnych tempestytyw. W niższej ich części bardzo powszechnie występują typowe wskaźniki utworów powstałych pomiędzy sztormową a normalną podstawą falowania — ławice z kopolowymi warstwowaniami typu HCS (*hummocky cross stratification*). Najlepiej obserwować je można w Leszczynie, Nowym Kościele i Berlinku. W wapieniach rolę głównych allochemów pełnią ooidy, niekiedy onkoidy lub litoklasty, a szczątki szkieletowe występują wyraźnie rzadziej. Osady takie tworzyły się na przedpolu (proksymalne tempestyty) i w obrębie (gruboławicowe wapienie oolitowe) barier przybrzeżnych. Prawdopodobnie w rejonie Leszczyny i Płóczek Dolnych bariery te utrzymywały się przez dużą część czasu tworzenia się osadów cechsztynu środkowego, a ich osady osiągają tam miąższość kilkunastu metrów. Na pozostałym obszarze niecki północnosudeckiej, utwory migrujących, podczas regresji barier rzadko przekraczają 5 m miąższości. W wyższej części profilu osadów środkowego cechsztynu liczne są grube ławice madstonów. Osady takie osiągają szczególnie dużą miąższość w środkowej i północno-zachodniej części niecki północnosudeckiej. Prawdopodobnie powstawały one w przybrzeżnych lagunach. Środowisko tych lagun było zbliżone do laguny, w której tworzyły się wapienie poziomu wapienia podstawowego, chociaż brak skamieniałości może wskazywać na warunki hypersalinarnie. Możliwość wytrącania się ewaporatów w rejonie Leszczyny sugerował W. Śliwiński (inf. ustna, 1992). Przesłanką do tego twierdzenia mogłoby być występowanie brekcji w górnej części wapieni środkowoczechsztyńskich. Brekcje takie mogą powstawać wskutek kolapsu po rozpuszczeniu ewaporatów. Uważam również, że częste zjawiska sylikfikacji osadów węglanowych w tej strefie mogą być związane ze wzrostem pH typowym dla wód silnie zasolonych.

Charakterystyczny jest gwałtowny spadek ilości i zróżnicowania skamieniałości, który następuje po przekroczeniu granicy pomiędzy cechsztynem dolnym a środkowym. W obrębie osadów środkowoczechsztyńskich spadek ten następuje stopniowo ku górze profilu. W zespole fauny w barierowych osadach środkowego cechsztynu dominują formy epifaunalne, preferujące raczej środowiska wysokoenerge-

tyczne. Wynika to głównie z niekorzystnych warunków fizycznych środowiska (wysoka energia, brak stabilnego podłoża, częste zasypywanie i odkrywanie rozległych połaci dna), gdyż brak wskazówek pozwalających na założenie wysokiego stopnia zasolenia wody poza środowiskiem powstawania ławic z najwyższej części profilu środkowego cechsztynu. Zespół lagunowy tego poziomu był zdecydowanie uboższy w porównaniu z zespołem zamieszkującym rozległą lagunę (zatokę), w której tworzyły się osady dolnego cechsztynu. Składał się on z kilku gatunków małży i mszywiolów, przy czym detryt pokruszonych zoariów mszywiolów gałązkowych (np. *Acanthocladia*) buduje także część osadów tylnej (odbrzegowej) strony barier. Interesujące jest występowanie w jednej z ławic wapieni horyzontu, w którym prawie wszystkie skorupy małży są zwrócone wypukłością ku górze. Być może struktura ta powstała po podrzuceniu zalegającego dna materiału w czasie wstrząsu sejsmicznego.

Dające się zaobserwować powierzchnie niezgodności erozyjnych (1 do 3) w obrębie węglanowych utworów dolnego i środkowego cechsztynu wykazują wiele cech wspólnych z podobnymi strukturami z innych obszarów występowania osadów wapienia cechsztyńskiego (Ca1) w Polsce (Peryt, 1984, 1990) i potwierdzają istnienie epizodów obniżania poziomu morza w tym czasie.

Środowiska powstawania osadów cechsztynu górnego. Granica pomiędzy osadami środkowego i górnego cechsztynu jest także wyraźną granicą litologiczną. Na prawie całym obszarze niecki północnosudeckiej węglanowe utwory cechsztynu środkowego są przykryte klastycznymi osadami górnoczechsztyńskimi. We wschodniej części niecki są to piaskowce (dolny piaskowiec cechsztynu górnego), w zachodniej ilowce lub mułowce (łupki septariowe). Omawiana granica, podobnie jak powierzchnia rozdzielająca utwory dolnego i środkowego cechsztynu jest granicą litostratygraficzną o wyraźnie diachronicznym przebiegu. Jest ona odzwierciedleniem postępującej regresji, w czasie której zbiornik ulegał zasypianiu przez klastyczny materiał niesiony od południowego wschodu. Wkraczające na obszar silnie sfluczony zbiornika (sebhya?) płaskie stożki aluwialne stopniowo zasypywały jego nadbrzeżną równię mułową (Mastalerz & Raczyński, 1993).

Następny etap rozwoju zbiornika przejawiał się ciągiem niewielkich ingresji, w wyniku których uległa zwolnieniu dotychczasowa tendencja regresyjna w zbiorniku. Przejawem tych procesów było utworzenie się niewielkich lagun na obszarze zajmowanym wcześniej przez stożki aluwialne. W lagunach tych utworzyły się wapniste i dolomityczne piaskowce, sporadycznie znajdowane w odsłonięciach i profilach otworów wiertniczych. Osady te są nazywane dolomitami kacawskim (*sensu* Scupin, 1931). Później na obszarze całej niecki północnosudeckiej tworzyły się mułowcowo-ilaste osady lagunowe (łupki septariowe), w których niewielkie epizody pogłębiania zbiornika są zapisane tworzeniem się horyzontów węglanowych. Po diagenecie horyzonty te utworzyły poziomy konkrecji septariowych. Duża regresja w czasie tworzenia się łupków septariowych zapisała się w osadzie we wschodniej części niecki kolejnym wkroczeniem facji piaszczystych na teren zbiornika (dystalne, rozmyte stożki aluwialne?), a w zachodniej — silną ewaporacją prowadzącą do powstawania gipsów. Po diagenecie z gipsów tych powstały anhydryty, zawierające reliktove struktury po kryształach gipsu. Zdaniem Peryta (Peryt, 1978) anhydryty te odpowiadają poziomowi anhydrytu górnego cyklotemu werra (A1g).

Bardzo interesującym obiektem badań są osady klastyczne, tworzące się w czasie powstawania gipsów. Zawierają one bogaty zespół struktur sedimentacyjnych. Najciekawszymi z nich są klastyczne wypełnienia po kryształach gipsu i halitu, ślady przemieszczania się czworonogów i zaburzenia konwolutive wśród osadów niezaburzonych. Klastyczne wypełnienia po kryształach minerałów ewaporatowych były przedmiotem odrębnych badań (Raczyński, 1993; Raczyński & Mastalerz, 1993), których szersze wyniki będą opublikowane w terminie późniejszym. Opierając się na wynikach własnych badań eksperymentalnych i porównaniu z innymi tego typu strukturami (Hauschke, 1989) można stwierdzić, że kryształy minerałów ewaporatowych powstawały w bardzo płytkich, niewielkich zbiornikach, okresowo wysychających. Kryształy powstawały zarówno na dnie, jak i przy powierzchni wody. Dopływ obciążonych drobnopiaszczystym materiałem wód słodkich, często związany z silnym prądem (powodziowym?), powodował rozpuszczanie ewaporatów i powstawanie klastycznych wypełnień po ich kryształach.

W osadach tych znaleźć można także tropy czworonogów, co wskazuje na bliskość lądu i możliwość znalezienia słodkiej wody. Inną ciekawą strukturą sedimentacyjną, związaną z tą częścią profilu, są dwa horyzonty zaburzeń konwolutnych w piaskowcach. Horyzonty te znaleźć można we wschodniej i środkowej części synkliny Leszczyny i w synklinie Lwówka Śl. Tak duży zasięg zaburzeń przy małej miąższości (0,1–0,3 m) sugeruje ich związek ze wstrząsami sejsmicznymi.

Po tej wyraźnej regresji na obszarze niecki północnosudeckiej ponownie zapanowały warunki lagunowe. Osadzający się materiał ilasto-mułowcowy i węglanowy utworzył górną część poziomu łupków septariowych.

Problematiczne jest występowanie w niecce północnosudeckiej osadów drugiego cyklotemu — stassfurt. Najnowsze badania sedimentologiczne (Peryt & Kasprzyk, 1992) i palinologiczne (Fijałkowska, 1995; Fijałkowska & Peryt, 1995) sugerują, że osady tego cyklotemu wyklinowują się w zachodniej części niecki. Na południe od granicy zasięgu dolomitu głównego (Ca₂), przebiegającej równoleżnikowo kilka km na północ od otworu wiertniczego Jagodzin 1 (Peryt & Kasprzyk, 1992), brak wyraźnych oznak obecności osadów tworzonych pomiędzy schyłkiem cyklotemu werra a początkiem leine. Jednocześnie brak wyraźnych oznak erozji w spągu dolomitu płytowego (Ca₃) w Niwnicach utrudnia wydanie jednoznacznego werdyktu.

Duża transgresja, której zasięg lokalnie (np. w synklinie Lwówka Śl.) przekraczał pierwotne granice transgresji z początku cechsztynu, jest związana z utworzeniem węglanowych utworów poziomu **dolomitu płytowego**. W przeciwieństwie do pierwszej transgresji cechsztyńskiej miała ona spokojny przebieg, gdyż wolniej wkraczała na monotone, zrównane przez wcześniejszą sedimentację podłoże. Podczas diagenety większość pierwotnie wapiennych utworów tego poziomu uległa dolomityzacji.

Sedimentację utworów tego poziomu rozpoczęły drobno laminowane, zailone biolaminity glonowe. Stopniowo oprócz glonów (*Algites* i mających węglanowe wzmocnienia *Calcinema*) pojawiły się małże epifaunalne, przystosowane do niskich energii wody (*Schizodus rotundatus*). Utrzymywał się wtedy niski poziom wody, a okresowo dochodziło nawet do jej wysychania i powstawania w osadzie gipsu. Późniejsze osady składały się z madstonów,

przeławionych oolitowo-bioklastycznymi wakstonów/pakstonów. Wśród skamieniałości dominują epifaunalne, tolerujące wysoką energię małże z rodzaju *Liebea*. Osady oolitowe tworzyły się na niewielkich barierach przybrzeżnych, migrujących podczas postępującej powoli transgresji w kierunku południowym.

Wyższą część profilu dolomitu płytowego tworzą proksymalne tempestyty z warstwowaniem kopułowym (HCS). Świadczy to o ciągłym pogłębianiu zbiornika, który w zachodniej części niecki północnosudeckiej osiągnął głębokość pomiędzy sztormową a normalną podstawą falowania. Jedynie we wschodniej części synkliny Leszczyny osady tego poziomu tworzyły się w najbliższej brzegu strefie zbiornika, podlegającej intensywnemu zasypywaniu materiałem klastycznym.

Najwyższą sekwencję osadów profilu cechsztynu niecki północnosudeckiej tworzą heterolityczne utwory serii piaskowca górno-mułowcowo-ilastej, określane niekiedy mianem piaskowca górno. Jedynie w centralnej części synkliny Grodzka występują w nich cienkie soczewy i warstwy siarczanów. Wiek osadów tej serii nie jest dokładnie ustalony, jednak najprawdopodobniej są to osady nadbrzeżnej równi, powstałej podczas regresji morza trzeciego cyklotemu (PZ3). Facjalnie odpowiadają one terygenicznej serii przejściowej (Pzt) pomiędzy cechsztynem a triasem.

Literatura

- EISENTRAUT O. 1939 — Arch. Lagerst. Forsch.: 1–121, Berlin.
 FIJAŁKOWSKA A. 1995 — Geol. Quart., 39: 207–228.
 FIJAŁKOWSKA A. & PERYT T. M. 1995 — Prz. Geol., 43: 31–34.
 GUNIA T. 1962 — Biul. Inst. Geol., 173: 57–114.
 HAUSCHKE N. 1989 — Z. Dt. Geol. Ges., 140: 355–369.
 MASTALERZ K. & RACZYŃSKI P. 1993 — [W:] Baseny sedimentacyjne: procesy, osady, architektura. K. Mastalerz i in. (red.). Przew. 2 Krajowe Spotkanie Sedymetologów, Wrocław, Sudety: 105–106.
 NIŚKIEWICZ J. 1967 — Prz. Geol., 15: 268–272.
 PERYT T.M. 1978 — Kwart. Geol., 22: 59–82.
 PERYT T.M. 1981 — Ibidem, 25: 609–628.
 PERYT T.M. 1984 — Pr. Inst. Geol., 109: 1–80.
 PERYT T.M. 1986 — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 5: 307–316.
 PERYT T.M. 1990 — Prz. Geol., 38: 375–382.
 PERYT T.M. & KASPRZYK A. 1992 — Prz. Geol., 40: 457–467.
 PIĄTKOWSKI J. 1966 — Biul. Inst. Geol., 196: 113–197.
 RACZYŃSKI P. 1993 — [W:] Baseny sedimentacyjne: procesy, osady, architektura, K. Mastalerz i in. (red.). Przew. 2 Krajowe Spotkanie Sedymetologów, Wrocław, Sudety: 103–104.
 RACZYŃSKI P. 1996 — Paleontologiczne i sedimentologiczne wskaźniki warunków powstawania osadów cechsztynu w niecce północnosudeckiej. Arch. Uniw. Wrocławskiego.
 RACZYŃSKI P. & MASTALERZ K. 1993 — Prz. Geol., 41: 341–342.
 READING H.G. 1986 — [W:] Sedimentary Environments and Facies, H.G. Reading (red.). Blackwell, Oxford (second edition): 4–19.
 RIEDEL H. 1917 — Die Fossilführung des Zechsteins von Niederschlesien. Inaug.-Dissert., Halle.
 SCUPIN H. 1931 — Fortschr. Geol. Paläont., 9: 1–246.
 ŚLIWIŃSKI W. 1988 — [W:] Konferencja naukowa w 100-lecie urodzin profesora Józefa Zwierzyckiego; Wrocław: 143–166.
 WALTER M.R. (ed.) 1976 — Developments in Sedimentology, nr 20. Elsevier, Amsterdam.