

JANUSZ TRZEPICZYŃSKI

Uniwersytet Śląski

MODEL ROZWOJU I PROFIL SKORUPY ZIEMSKIEJ W BADANIACH PROJEKTU SUPERGŁĘBOKIEGO KONTYNENTALNEGO WIERCENIA OBERPFALZ (RFN)

UKD 550.822(430.1):622.

W 1986 r. po 10 latach od zainicjowania pomysłu wykonania supergłębokiego kontynentalnego wiercenia, Federalne Ministerstwo Badań i Technologii zatwierdziło lokalizację otworu w Oberpfalz koło miejscowości Erben-dorf. Jak doszło do zaakceptowania tej geologicznej lokalizacji? Otóż w 1977 r. w RFN wytypowano 40 miejsc do zbadania supergłębokim otworem (1). Do 1980 r. liczbę tych propozycji zredukowano do czterech: Hohenzollern-graben, Hohes Venn, Schwarzwald i Oberpfalz. Od 1984 r. jednocześnie zintensyfikowano badania do opracowania projektów na rejonach Schwarzwald i Oberpfalz. Ostatecznie z lokalizacji w Schwarzwaldzie zrezygnowano ze względu na podwyższony gradient geotermiczny sugerujący temperaturę około 300°C na głęb. 7–8 km.

18 września 1987 r. rozpoczęto prace wiertnicze w obszarze Oberpfalz (ryc. 1), zgodnie z techniczno-badawczą koncepcją odwiercenia w pierwszym etapie otworu pilotującego o głębokości przynajmniej 3000 m do końca 1988 r., z możliwością pogłębienia do 5000 m, co miało być zakończone w 1989 r. W tym samym czasie prowadzono prace nad uruchomieniem głównego wiercenia, które rozpoczęto drążeniem otworu latem 1989 r. Osiągnięcie głębokości 14 km zaplanowano po około 8–10 latach. Pionierskim wierceniem Kola SG-3 do głębokości 12060 m dotarto po 15 latach. O randze i rozmiarze przedsięwzięcia świadczy grupa robocza koordynowana przez prof. K. Webera, licząca 135 pracowników reprezentujących następujące dziedziny: geochemia – 14, geochronologia – 17, geologia – 28, geofizyka – 56, petrologia – 20.

Koncepcję badawczą niemieckiego kontynentalnego programu głębokiego wiercenia zdefiniowano (5) jako „projekt badania fizycznych i chemicznych warunków oraz procesów w głębokiej kontynentalnej skorupie, z celem zrozumienia układu strukturalnego, dynamiki i ewolucji intrakontynentalnej skorupy”. Wybrano obszar krystaliczny Oberpfalz, gdyż tutaj w obrębie masywu czeskiego – największego odsłoniętego waryscyjskiego piętra krystalicznego gór w Europie – powstała szansa przybliżenia rozwiązania zagadnienia rozwoju kontynentalnej skorupy. Zasadnicze piętno na strukturę skorupy w obszarze Oberpfalz wywarła waryscyjska tektonika nasunięć. Na podstawie różnic tektonometamorficznych pięter skorupy, w obszarze tym wyróżniono (4) następujące jednostki (ryc. 1):

a) saxothuringicum – jednostka jednofazowo-niskociśnieniowo-metamorficzna, ze wzrostem stopnia metamorfozy z północy na południe do strefy sillimanito-

wo-muskowitowej (P2 kbar, T 550°C), z wyraźnie zachowanymi strukturami sedymentacyjnymi;

b) moldanubicum – jednostka polimetamorficzna, złożona oprócz skał niskociśnieniowo-metamorficznych (P max. 3–4,5 kbar, T 600–700°C – gnejsy kordierytowo-syllimanitowe), relikty średniociśnieniowo-metamorficznych z częściowo jeszcze starszymi wysokociśnieniowo-metamorficznymi (P 14 kbar, T 620°C); z allochtonicznymi jednostkami płaszczowinowymi masywu Münchberg i Erben-dorf-Vohenstrauss (EV), które przypuszczalnie ze strefą Tepla–Taus tworzyły kompleks pokrywowy.

W orogenezie waryscyjskiej skały moldanubicum zostały nasunięte na saxothuringicum, po czym obie jednostki przed około 330–320 mln lat uległy scaleniu (zespawaniu) wskutek polifazy deformacji przy niskociśnieniowej metamorfozie.

LOKALIZACJA OTWORU – „CIAŁO ERBENDORF”

Wiercenie zdecydowano postawić w centrum magnetycznych i grawimetrycznych anomalii północnej części jednostki EV (ryc. 1). Interpretacja magnetycznych i grawimetrycznych profili zgodnie z sejsmiką refleksyjną wskazuje, że miąższość tej jednostki w okolicy planowanego otworu można przyjąć na 4–5 km. Ta stosunkowo niewielka miąższość jednostki EV jest rezultatem silnego wyniesienia podścielającej moldanubskiej skorupy. Wyróżniającym się tutaj obiektem frapującym geologów i geofizyków jest „ciało Erben-dorf” na głębokości 6–12 km wyrażone poprzez wysoko refleksyjny odcinek skorupy. Przyczyna tych sejsmicznych refleksów może być natury materialnej i/lub strukturalnej. Porównywalne wysokorefleksyjne horyzonty obserwuje się w pozostałej części Oberpfalz oraz innych obszarach tylko w dolnym poziomie skorupy. W spągowej części „ciała Erben-dorf” na głęb. 11–12 km prędkość V_p 7,0–7,5 km/s⁻¹. Powyżej i poniżej strefy wysokich prędkości występuje strefa obniżonej prędkości (low-velocity-zone, LVZ), która pokrywa się ze strefą podwyższonej elektrycznej przewodności i często obserwowanym zwiększonym strumieniem ciepłym. Podwyższoną przewodnością elektryczną charakteryzują się kontynentalne strefy szwów. Te anomalie przewodności odzwierciedlają granicę pomiędzy moldanubicum i saxothuringicum. Jednak ich przyczyna może być powodowana obecnością grafitu lub fluidów i nie jest jeszcze wyjaśniona. Wierceniem Kola SG-3 strefę LVZ

przewiercono w interwale głębokościowym 4500 – 7500 m, gdzie wykazano brak wpływu składu petrograficznego na jej obecność. W strefie tej na skutek dehydratyzacji zawartość H_2O obniżyła się z 4% wag. do 2,1% wag. Uwolniona woda wywołuje nadciśnienie porowe i uaktywnia mikrohydrauliczne procesy zniszczenia w strukturze skał. Aktywna LVZ z hydrauliczną mikrostrukturą i kanałową migracją fluidów, a zwłaszcza masowym transportem SiO_2 , może odgrywać rolę śródkrustalnej „astenosfery” sterującej procesami strukturalnymi. Na podstawie uzyskanych prędkości fal sejsmicznych, za „ciało Erbendorf” przyjęto kilka ewentualności (5):

- część składową starszego, np. kadomskiego podłoża saksoturyńskiej skorupy, która przypadkowo występuje na obecnym miejscu lub została przetransportowana w procesie waryscyjskiego nasunięcia;
- fragment ultrabazytywowej oceanicznej skorupy, złuszkowany podczas zamknięcia oceanu między moldanubi- i saxothuringicum;

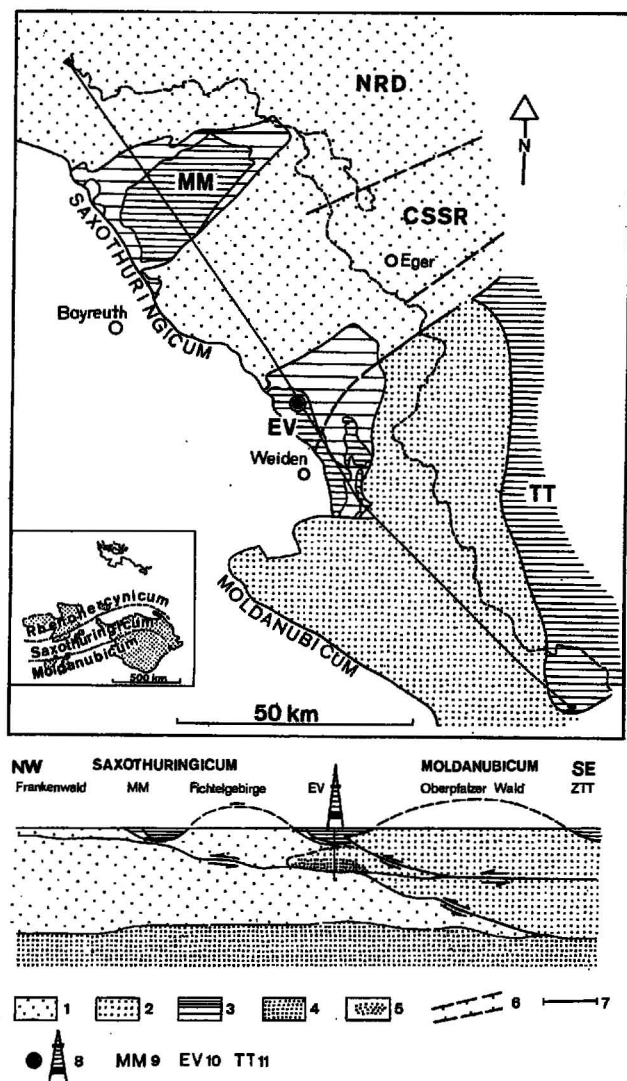
– intruzję bazytową do ultrabazytywowej, tektonicznie uformowaną;

– metapelit bogaty w granat i syllimanit; wysoka zawartość syllimanitu obserwowana również w strefie Tirschenreuth-Mähring (4) może wskazywać na proces dealkalizacyjny; biotytowo-kordierytowe molanubskie gnejsy w trakcie podsuwania skał saksoturyńskich otrzymały w dużej ilości fluidy metamorficzne;

– część moldanubskiego klina skorupy w przebiegu procesu kolizji ze skorupą saksoturyńską.

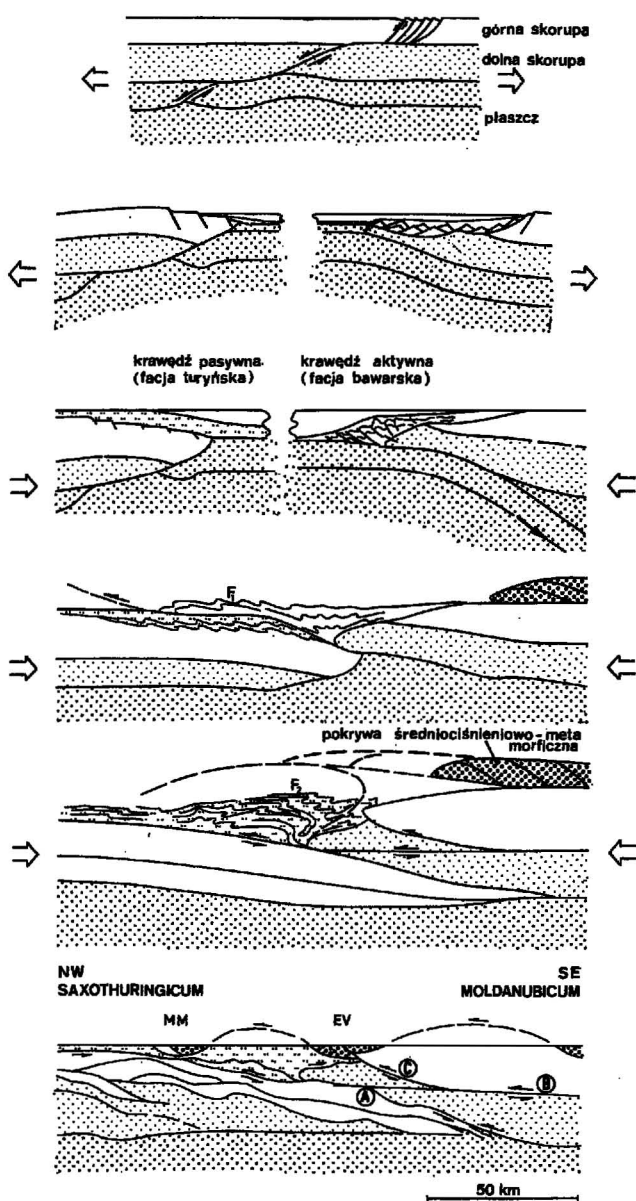
GENEZA STREFY SZWU

Z wymienionych możliwości zinterpretowania „ciała Erbendorf” dwie ostatnie właściwości włączono do modelu rozwojowego tektoniki klina (*wedge tectonic*), jako jednego z wielu prawdopodobnych. Reasumując informacje o budowie geologicznej strefy szwu Erbendorf, K. Weber (5) przyjął następujące etapy rozwoju (ryc. 2):



Ryc. 1. Szkic i przekrój geologiczny obszaru lokalizacji wiercenia Oberpfalz

- 1 – strefa saksoturyńska, 2 – strefa moldanubska, 3 – kompleks pokrywowy skał średniociśnieniowo-metamorficznych, 4 – górny płaszcz, 5 – „ciało Erbendorf”, 6 – trzeciorzędowy ryft Egeru, 7 – linia przekroju geologicznego, 8 – lokalizacja supergłębokiego kontynentalnego wiercenia, 9 – masyw Münchberg, 10 – jednostka Erbendorf-Vohenstrauss, 11 – strefa Tepla-Taus



Ryc. 2. Model rozwoju strefy szwu (5)

Objaśnienia w tekście i ryc. 1

1, 2. Asymetryczny ryfting (2) prowadzi do litologicznych i strukturalnych różnic obrzeżeń kontynentów. W północno-zachodniej części powstała dolna płyta złożona ze skał górnoskorupowych, a w południowo-wschodniej izostatycznie wypiętrzona górna płyta, utworzona ze skał dolnoskorupowych. Ta sytuacja wyjściowa uwzględnia wysokie położenie „ciała Erbendorf” jako materiału dolnoskorupowego, w którym mogą występować fragmenty litosfery oceanicznej.

3. W procesie subdukcji, prawdopodobnie rozpoczętej w dewonie na aktywnej krawędzi płyty południowo-wschodniej rozwinął się klin akrecyjny (*hell*) z bawarskim dzikim fliszem w dolnym karbonie (4).

4. Wraz ze zmianami obu krawędzi kontynentalnych, nastąpiło nasunięcie płyty południowo-wschodniej o aktywnej krawędzi, z utworami w facji bawarskiej, na pasywną krawędź północno-zachodnią z osadami w facji turyńskiej. Synchronicznie z tym procesem utworzyły się fałdy F_1 o północno-zachodniej. Z fałdowaniem F_1 równocześnie nastąpił transport pokrywowej jednostki EV. Jednostka ta pozostawała najprawdopodobniej w związku genetycznym ze strefą Tepla — Taus na południowym wschodzie. Dokładne zlokalizowanie jej strefy korzeniowej oraz określenie stosunku strukturalnego do strefy Tepla — Taus jest niemożliwe w ramach aktualnego stanu rozpoznania geologicznego.

5. Na skutek subdukcji w kierunku południowym i w konsekwencji wysoko położonej dolnej skorupy z aktywną kontynentalną krawędzią, skorupa moldanubska uległa nasunięciu na saksoturyńską. W procesie tym skorupa moldanubska funkcjonowała całościowo jako klin (*wedge*), którego dolna granica przedłuża się pomiędzy saksoturyńskim podłożem i sedymentacyjną pokrywą. Analogicznie jak w innych orogenach, np. kanadyjskich Kordylierach (3), przy *wedge tectonic* powstaje fałdowanie wsteczne i związane z tym nasunięcia, do których należy deformacja F_2 w Fichtelgebirge. Pogrubienie skorupy w tym stadium powodowało maksymalne nasilenie procesów metamorficznych.

6. Na profilu sejsmicznym DEKORP 4 otrzymano współczesny tomograficzny obraz świadczący o duplexowej, alpinotypnej strukturze skorupy ziemskiej w rozpoznawanym obszarze. Chronologiczny rozwój głównych nasunięć (A — C) przedstawia się następująco (ryc. 2):

A. Główne nasunięcie skorupy moldanubskiej na saksoturyńską. Rozwinęło się ze stref ścięć w obrębie nagromadzonych w trzecim stadium sedymentów — pomiędzy wymuszającą podsuwanie się oceaniczną litosferą i nasuniętą kontynentalną skorupą. W konsekwencji działania klina moldanubskiej skorupy z „ciałem Erbendorf” na jego froncie oraz w rezultacie wstecznego fałdowania z nasunięciami — nasunięcie główne nie wychodzi na powierzchnię.

B. Nasunięcie to rozwinęło się w stadiach 5—6. Wówczas powstała główna powierzchnia ścięcia (B, *master-decollement*) w środkowym moldanubskim poziomie skorupy, przy którym porwak tej skorupy był transportowany ku północnemu zachodowi w postaci „ciała Erbendorf”. Główne nasunięcie (A) w stadium 5 tworzyło tor, po którym obciążono się nasunięcie (B), pozostawiając dolną połowę w dalszym ciągu aktywną.

C. Tor nasunięcia wewnątrz moldanubskiej skorupy w dzisiejszym poziomie intersekcyjnym w obszarze Tirschenreuth-Mähring (4) tworzy granicę metamorficznego przejścia od skał saksoturyńskich do moldanubskich.

Na podstawie wyników badań projektowych i przedstawionego modelu rozwoju, przewiduje się następujący profil skorupy dla supergłębokiego kontynentalnego wiercenia Oberpfalz (5):

0—4 km: gnejsy utworzone w warunkach średnich ciśnień i amfibolity jednostki pokrywowej EV. Na podstawie rezultatów uzyskanych z płytkiego wiercenia i badań magnetotellurycznych wynika, że mogą tu występować gnejsy grafitowe.

4,5—5 km: dolna część jednostki pokrywowej EV wykształcona jako amfibolity i ultrabazyty typu metabazytowej serii Erbendorf z wkładkami łupków metakrzemionkowych oraz gnejsy z łupkami łyszczykowymi.

5—7 km: zgodnie z przedstawionym modelem *wedge-tectonic*, na tej głębokości oczekuje się wstecznie sfałdowanych, a zwłaszcza wstecznie nasuniętych saksoturyńskich metasedymentów zmetamorfizowanych w temp. powyżej 600°C.

7—11 km: na podstawie wysokiej refleksyjności umiejscowiono tutaj „ciało Erbendorf” utworzone przypuszczalnie ze skał dolnej skorupy, ultrabazytowych lub bogatych w granat-syllimanit. Na głęb. 10 km jest spodziewana strefa o dobrej elektrycznej przewodności nieokreślonej grubości.

11 km — głęb. końcowa: poniżej 12 km (*master-decollements*) występuje strefa obniżonej prędkości V_p , gdzie znajdują się prawdopodobnie skały facji granulitowej saksoturyńskiego podłoża.

Pierwsze wyniki wiercenia ujęte w ramach koncepcji budowy waryscydów *allochthonic terranes* będą przedstawione na sympozjum „Paleozoic Orogens In Central Europe — Geology and Geophysics”, w Getyndze 24—27 sierpnia 1990 r., sponsorowanego przez Projekt 233 Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic Orogens.

W zakończeniu można przypomnieć, że na Górnym Śląsku w okolicy Leszczyn w obecnym obszarze górniczym kopalni węgla kamiennego „Szczygłowice” znajduje się otwór Czuchów II, który przed pierwszą wojną światową był najgłębszym otworem na świecie. Otwór ten wiercony w czasie 10 XI 1906—20 II 1909 zakończono na głęb. 2239,72 m w warstwach porębskich górnego karbonu.

LITERATURA

1. Behr H.J. — KTB und kontinentale Krustenforschung — warum ein wissenschaftliches Tiefbohrprogramm? KTB Report 87-I. Kolloquium Seeheim 19—21.09.1986.
2. Lister G.S., Etheridge M.A., Simonds P.A. — Geology, 1986 nr 14 s. 246—250.
3. Price R.A. — J. Struct. Geol., 1986 vol. 8 nr 3—4 s. 239—245.
4. Trzepierzynski J. — Prz. Geol., 1987 nr 11 s. 587—590.
5. Weber K., Vollbrecht A. — Ergebnisse der Vorerkundungsarbeiten Lokation Oberpfalz. Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland. 2. KTB-Kolloquium Seeheim/Odenwald. 19.09—21.09.1986.