

U. FRISCH & F. KOCKEL — Der Bremen-Knoten im Strukturnetz Nordwest-Deutschlands. Stratigraphie, Paläogeographie, Strukturgeologie. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Nr 223, Universität Bremen, Bremen 2004, XVI + 379 str., 155 fig., 58 tabel, 959 poz. bibl.

Rzadko można spotkać tak obszerną a jednocześnie skondensowaną monografię, obejmującą stratygrafię, paleogeografię i geologię strukturalną, co zaznaczone jest w tytule, lecz w istocie zawierająca jeszcze pełny wykaz literatury regionalnej i, co w tytule zostało już pominięte, wiadomości o znaczeniu gospodarczym, wynikające z opracowanej syntezy. Napisałem pozornie sprzeczne informacje, że monografia o objętości blisko 400 stron jest skondensowana, jednak wynika to z licznych ilustracji: map, przekrojów i tabel, które często są całostronicowe i zastępują długie opisy, oraz obszernej bibliografii.

Autorzy, U. Frisch* i F. Kockel, przez długie lata pracowali razem w Federalnym Instytucie Nauk o Ziemi i Surowców w Hanowerze (*Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe*, w skrócie BGR — jest to odpowiednik naszego PIG) nad atlasami strukturalnymi, złożowymi i paleogeograficznymi NW Niemiec i niemieckiego sektora Morza Północnego. Recenzowana monografia została ostatecznie przygotowana do druku przez dr. F. Kockela nie tylko w celu udostępnienia materiałów o mało znanych komplikacjach tektoniki solnej i strukturach inwersyjnych, zwanych bremeńskim węzłem (*Bremen-Knoten*), lecz także w celu uczczenia pamięci współautorki za jej drobiazgowo kartowanie strukturalne, na którym głównie oparte są przedstawione w tej pracy fakty.

Monografia składa się z wstępnych XVI stron i właściwej treści podzielonej na 12 rozdziałów, a te często dalej na podrozdziały, punkty i podpunkty. Wstępne strony to spis treści, rysunków i tabel, poprzedzony jednostronicowymi streszczeniami po niemiecku i angielsku. Kolejne rozdziały stanowią: 1 — *Wstęp* (1 strona), 2 — *Definicja obszaru badań i jego położenie tektoniczne* (2 strony), 3 — *Podłoże, jego podział na bloki i piętra strukturalne* (5 str.), 4 — *Litostratygrafia i piętra strukturalne pokrywy* (66 str.), 5 — *Tektonika pięter solnych czerwonego spągowca i cechsztynu* (2 str.), 6 — *Struktury i budowa pokrywy* (34 str.), 7 — *Następstwo warstw pokrywy* (155 str.), 8 — *Geologia strukturalna* (55 str.), 9 — *Potencjał gospodarczy* (10 str.), 10 — *Zagrożenia geologiczne* (5 str.), 11 — *Podziękowania* (1 str.) i 12 — *Literatura* (40 str.).

Opisywany w monografii region stanowi jednostkę wyróżniającą się geologicznie, geomorfologicznie, a nawet politycznie. Politycznie obejmuje on cały miejski kraj związkowy Bremen-Bremerhaven i większość Dolnej Saksonii; geograficznie zachodniemiecką część Niżu Środkowoeuropejskiego aż po Wyspy Wschodniofryzjskie i estuarium Łaby; a geologicznie południowo-zachodnią część permsko-triasowego basenu środkowoeuropejskiego. Południowo-zachodnia część tego basenu była dźwigana od początku górnej jury po turon jako „wał” albo „próg Pompeckiego” (*Pompeckj-Schwelle*), a część północno-wschodnia obniżana jako NW część basenu Dolnej Saksonii (*Niedersachsen-Becken*). Próg Pompeckiego można zdefiniować jako obszar o głębokiej erozji podczas późnej jury i wczesnej kredy z cienką pokrywą morskich osadów dolnokredowych i miąższą górnokredowych, leżącą wprost na różnych ogniwach karbonu. Natomiast basen Dolnej Saksonii charakteryzuje się pełnym i miąższym profilem całej jury i wczesnej kredy oraz względnie cienką i pełną luk górną kredą, kiedy od koniakku po kampan

włącznie zachodziły tam ruchy inwersyjne. Jednak geologiczne rozdzielanie tych dwu części nie jest proste, gdyż na pograniczu występuje szereg mniejszych brył (bloków) podłoża o profilu stratygraficznym pokrywy bliższym progowi Pompeckiego lub basenu dolnosaksońskiego. Dlatego tę tradycyjną nomenklaturę należy doprecyzować, czego autorzy podjęli pierwszą próbę, definiując mniejsze bloki i rozdzielające je dyslokacje (fig. 2) oraz opisując rozwój wydzielonych mniejszych jednostek. W celu uniknięcia nieporozumień cały opisywany rejon autorzy nazywają obszarem dolnej Wezery (*Unterweserraum*).

Tak zdefiniowany obszar jest dalej przedmiotem szczegółowej analizy strukturalnej, jednak rozważania stratygraficzno-tektoniczne, poprzedzające tę analizę, obejmują znacznie większy obszar. Korelacje stratygraficzne i mapki paleogeograficzne sięgają znacznie dalej, do Wysp Brytyjskich i zachodniej Polski, Danii i południowych Niemiec. W ten sposób widać, jak szczegółowo analizowany obszar tkwi w szerokim tle paleogeograficznym i strukturalnym Europy Środkowej, skąd był znoszony materiał klastyczny, gdzie sięgały morza i gdzie niegdyś istniejące osady zostały później zerodowane. Gdzie zaznaczyły się ruchy synsedymantacyjne, kiedy poszczególne uskoki były aktywne, kiedy zaczęły się deformacje halotektoniczne, kiedy nastąpiło wznoszenie i ewentualnie diapirowe przebiecie poszczególnych struktur solnych.

Następnie opisana jest pionowa struktura badanego obszaru, w której autorzy wyróżnili liczne piętra strukturalne, zgrupowane w dwa wielkie kompleksy: podłoża i pokrywy. Ponieważ główna strukturalna niezgodność jest wywołana obecnością grubych i mobilnych pokładów soli wśród utworów permskich, które utrudniają sejsmiczne rozpoznanie struktur głębszego podłoża, dlatego autorzy przyjęli rozdzielanie dwu wielkich kompleksów strukturalnych w grubych solach, w których nastąpiło odkłucie pokrywy od podłoża. Nie jest to granica izochroniczna, choć najczęściej przebiega ona powyżej anhydrytu podstawowego cyklu Stassfurt (*Basalanhydrits des Staßfurt-Zyklus*), to jednak w najwyższym spągowcu na północy obszaru dolnej Wezery sole są dość grube, aby ulec mobilizacji halotektonicznej. Dlatego do podłoża na północy zaliczają tylko część górnego czerwonego spągowca, a w centrum i na południu także najniższy cechsztyln. Zagadnieniu temu poświęcony jest rozdział 5 (str. 75–77), a granica tych dwu regionów zaznaczona na mapce miąższości czerwonego spągowca (fig. 11), która też pokazuje w SW części obszaru progu Pompeckiego, pozbawiony pokrywy czerwonego spągowca, otoczony od północy i wschodu pasem pozbawionym soli w górnym czerwonym spągowcu. W ten sposób autorzy, przedstawiając pionowy podział strukturalny, odchodzą od schematów: „synchronicznych” orogenez, przyjmowanych za E. Suessem (1883), faz górotwórczych, odziedziczonych po H. Stillem (1924) i przeciwstawiania fundamentu krystalicznego (często zupełnie nieznanego) pokrywy osadowej, na korzyść faktów czytelnych w geologicznym i geofizycznym materiale.

W tak wydzielonym megakompleksie strukturalnym podłoża można wyróżnić szereg jednostek strukturalnych niższej rangi (pięter i kompleksów). Kompleks fundamentu krystalicznego, którego strop w przybliżeniu odpowiada wyliczonej na podstawie pomiarów grawimetrycznych i magnetycznych głębokości podłoża czynnego magnetycznie, jest poznany tylko pośrednio. Obok danych geofizycznych można się posłużyć wynikami nielicznych głębokich wierceń w niemieckim sektorze Morza Północnego, północnym Szlezewiku-Holsztynie i na Półwyspie Jutlandzkim, dlatego na ten temat wyrażane są różne poglądy i toczą się nierozstrzygalne dotychczas dyskusje. Najbliższe otwory, gdzie nawiercono to zmetamorfizowane w facji zielenicowej podłoże krystaliczne, to Flensburg 1 i Westerland 1. Datowania tych skał metodami K/Ar i Ar/Ar mieszczą się w przedziale 400–440 mln lat. Co może oznaczać progresywną metamorfozę osadów i skał magmowych starszego paleozoiku i kaledoński wiek fundamentu, albo wsteczną metamorfozę formacji prekambryjskich. Zapewne w podłożu tym istnieją bloki i łuski retrogresywnie zmetamorfizowanego prekambriu i między nimi progresywnie

*Ursula Frish (1933–1997) była technikiem geofizykiem w VEB Geophysik (Lipsk, NRD), w roku 1959 uciekła do NRF, gdzie jako świetny interpretator sejsmiki osiągnęła stanowisko starszego kartografa i przez długie lata sporządzała mapy strukturalne w zespole kierowanym przez dr. F. Kockela w BGR, który dlatego powierzył jej opracowanie map strukturalnych węzła tektonicznego w okolicach Bremy

zmienionego starszego paleozoiku. Dopiero w Danii, kilkanaście kilometrów od granicy Niemiec, nawiercono bezdyskusyjnie prekambryjskie podłoże Baltiki.

Licznym u nas zwolennikom „*lineamentu Elby*” (zamiast po polsku Łaby), „*lineamentu Kraków–Hamburg*” albo „*strefy uskoku Kraków–Hamburg*”, czy w skrócie „*KHFZ*” — w *middle european English* — warto polecić niepublikowaną dotychczas mapę ukształtowania stropu podłoża krystalicznego (fig. 3) według N. Hoffmanna (2002), na której widać na zachód od Harcu obniżenia do ponad 15 km i elewacje do 10 km p.p.m. o kierunku NNE-SSW, a nie widać „*lineamentu Kraków–Hamburg*”.

Następne piętro strukturalne na tym fundamencie krystalicznym tworzą, zapewne niezgodnie i płasko leżące, czerwone osady oldredu, znane tylko z nielicznych wierzeń na północ od opisywanego obszaru dolnej Wezery. Na badanym obszarze nie zostały nawiercone również utwory kolejnego piętra strukturalnego, obejmującego dinant i namurze A, które zapewne występują na głębokości 8–10 km. W tych utworach musi istnieć granica pomiędzy brytyjskim obszarem facjalnym wapienia węglowego a południowym, reńskim obszarem „wygłodzonego” rowu (*Hungerbecken*), z sedymentacją czarnych łupków (alunowych i krzemionkowych) uznawanych za skały macierzyste złóż gazu północnej Holandii, południowej części Morza Północnego, a także *Emslandu* w granicach opisywanego obszaru.

Kolejne piętro stanowią osady namuru B i C, wypełniające waryscyjskie zapadlisko przedgórskie (*Saumtiefe*), gdzie nie sięgnęła sedymentacja fliszowa, ale było ono zapelniane kolejno osadami deltowymi: prodelta, czoła delty, a w końcu równiny deltowej, na której rozpoczęło się osadzanie formacji węglonośnych w namurze C. Są to również osady macierzyste dla pól gazowych Holandii i *Emslandu*. Miąższość tych utworów sięga zapewne 1700 m, chociaż na badanym terenie nigdzie nie zostały one przewiercone, ale w rejonie Groningen przekraczają 1800 m (otwór Tjuchem 1).

Następne piętro (moim zdaniem dzielące się na dwa podpiętra strukturalne) stanowią osady westfalu i stefanu, podczas których oś subsydencji w zapadlisku przedgórskim przesuwiała się ku NW. Dolne podpiętro tworzą utwory węglonośne, których sedymentacja rozpoczęła się już w namurze C, początkowo są to osady równiny deltowej z wkładkami zawierającymi morską faunę i poziomami tufitów (tonsteinów) pozwalającymi na dokładną korelację biostratygraficzną i geochronologiczną. Później, gdy klimat stał się bardziej suchy, (od westfalu D) zmienia się barwa osadów na czerwoną, zanikają pokłady węgla, a rolę poziomów korelacyjnych spełniają poziomy głebowe. Jednocześnie w westfalu narastają ruchy waryscyjskie, obejmujące też opisywany obszar zapadliska przedgórskiego, dlatego na łagodnie sfałdowanym westfalu niezgodnie i płasko leży stefan.

Na obszarze Dolnej Saksonii struktury waryscyjskie są słabo poznane, ponieważ tylko nieliczne wierzenia i profile sejsmiczne na obrzeżu sięgają poniżej permu. Spąg utworów permskich na południe od równoleżnika Bremy znajduje się na głębokości ok. 4 km, gdy na północy obniża się do 6–7 km (fig. 7). Granica zaburzeń — „front waryscyjski” — przebiega od obszaru Ruhry ku NE i w podłożu Dolnej Saksonii zmienia bieg na W–E, właśnie na obszarze miasta Bremy (por. fig. 8 w recenzowanej pracy). Wiek tych ruchów, określony metodami izotopowymi, mieści się w przedziale 360–305 Ma. Istniejące dane wskazują, że osady wypełniające zapadlisko przedgórskie waryscyjdów są zaburzone, tworzą struktury o szerokich synklinach i wąskich antyklinach przy uskockach listrycznych (szufłowych), a odkłucie nastąpiło wzdłuż czarnych łupków dinantu. Dostępne materiały wskazują, że struktury te są podobne do alpejskich struktur Gór Jura. Na SW, na wale Pompeckiego struktury waryscyjskie przykrywają tylko utwory

krede i kenozoiczne, przeto są czytelne w profilach sejsmicznych i nawiercane głębokimi otworami (por. fig. 6). W osobnym rozdziale przedstawione są dostępne dane o refleksyjności wityritu w stropie podpermskiej powierzchni (str. 29–30 i fig. 9). Ukazują one silne podgrzanie wydzwigniętych skał karbońskich na południe od Bremy.

Odnosnie czerwonego spągowca, wobec ubóstwa kryteriów biostratygraficznych, autorzy oparli się na korelacjach karotazowych, pozwalających na przeprowadzenie stratygrafii sekwencyjnej. W tej dziedzinie odsyłają do dyskusji w pracy P.H. Karnkowskiego (*Special Papers*, 1999) i przeprowadzają korelacje od Wysp Brytyjskich do Polski (Tab. 10) oraz omawiają właściwości zbiornikowe skał, zależne nie tylko od warunków sedymentacji, lecz także historii diagenety. Następnie autorzy przedstawiają szczegółowo litostratygrafię, stratygrafię sekwencji, biostratygrafię, datowania, litofację i paleogeografię cechsztynu, często odwołując się do polskiej literatury i prac, których współautorami są polscy geolodzy (H. Kiersnowski, T. Peryt, J. Pokorski i R. Wagner).

Następny, bogato ilustrowany (fig. 17–61) rozdział poświęcony jest strukturalnym i inwersyjnym, które zostały podzielone na: poduszki solne, diapiry, kompresyjnie wytłoczone struktury solne i inne struktury solne oraz struktury inwersyjne, powstałe pod wpływem udziału soli lub bez jej udziału (rowy i zręby, struktury inwersyjne). Skrót tych poglądów F. Kockel opublikował w licznych pracach, m. in. po polsku (*Geologos* 6, 2003, por. *Prz. Geol.*, 52: 550). W recenzowanej pracy widać ogromne bogactwo i zróżnicowanie tych struktur w obszarze, gdzie chyba są one najlepiej zbadane, mimo ogromnej popularności w ostatnich latach przykładów z Zatoki Meksykańskiej, podawanych w licznych publikacjach. Dla polskich geologów jest to bardzo istotne, gdyż rozwój tych struktur u nas jest podobny, tylko rozpoznanie gorsze ze względu na mniejszą ilość badań nowoczesnej sejsmiki, szczególnie badań strukturalnych i słabiej rozpoznaną pokrywę mezozoiczno-kenozoiczną.

Kolejny rozdział poświęcony jest opisaniu systemów pokryw od triasu do trzeciorzędu. W jego podrozdziałach, obok podziałów stratygraficznych (lito- bio- i sekwencyjnych), wykształcenia facjalnego, dyskordancji, miąższości i synsedymentacyjnych ruchów tektonicznych, zawsze jest omówione znaczenie gospodarcze skał omawianego systemu.

Następny, bardzo bogato ilustrowany (fig. 113–153) rozdział zawiera opis poszczególnych struktur. Kolejne rozdziały poświęcone są znaczeniu gospodarczemu opisanej budowy podłoża obszaru dolnej Wezery, są tu omówione: złoża ropy naftowej i gazu ziemnego; potencjału geotermalnego i magazynowego (ropy, gazu i odpadów toksycznych); występowanie solanek, soli, surowców cementowych i wód gruntowych. W końcu rozważone są zagrożenia geologiczne podłoża budowlanego przez subrozję, trzęsienia ziemi (bardzo rzadkie i słabe, tylko jedno zarejestrowane aparatowo w roku 1977) oraz zagrożenie wybrzeży przez subsydencję (do 0,3 mm/rok w osi subsydencji wschodniej części Morza Północnego) i erozję.

Wśród bogatej literatury regionalnej zwraca uwagę cytowanie szeregu prac polskich autorów. Poprzednio wspomniałem o niektórych z nich, więc tu podkreślę tylko cytowanie prac palinologicznych A. Fijałkowskiej i T. Orłowskiej-Zwolińskiej w rozdziałach o stratygrafii cechsztynu i triasu.

Bez wątpliwości dzieło U. Frisch i F. Kockela zawiera tyle interesującego materiału porównawczego, że trudno sobie wyobrazić jakąś bardziej ambitną syntezę struktur w pokrywie permsko-mezozoiczno-kenozoicznej Niżu Polskiego, w której nie będzie odwołań do tej pracy.

Jerzy Głazek