

Małgorzata Słota-Valim
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Uaktualnienie i wykreślenie map strukturalnych syluru

Wstęp

W ostatnich latach osady starszego paleozoiku, w tym syluru, cieszą się dużym zainteresowaniem ze względu na możliwość występowania w nich niekonwencjonalnych złóż gazu tzw. „łupkowego”. Uwaga inwestorów skupiła się przede wszystkim na utworach iłowcowo-mułowcowych (charakteryzujących się zdolnością do gromadzenia gazu w przestrzeniach międzypakietowych minerałów ilastych), o dużej zawartości substancji organicznej, na której cząstkach doszło do adsorpcji wygenerowanego wcześniej gazu.

Pomyślnie doświadczenia przemysłu naftowego w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie wskazują na opłacalność eksploatacji tego typu niekonwencjonalnych złóż gazu i zachęcają do dalszego rozpoznania oraz poszukiwań w obrębie perspektywicznych utworów – na obszarze Polski zwłaszcza w łupkach górnoordowickich i dolnosylurskich [15]. W celu projektowania odwiertów

uzasadnionych ekonomicznie, na etapie podejmowania decyzji dotyczących rozpoczęcia wiercenia otworów poszukiwawczych wykorzystuje się opracowania m.in. w postaci map strukturalnych poziomu będącego celem wierceń. Ponadto, dla lepszego rozpoznania i zrozumienia budowy geologicznej obszaru zainteresowania, konstruuje się przestrzenne modele wgłębnej budowy geologicznej, a następnie na ich podstawie podejmuje się analizę całego basenu naftowego. Jednym z podstawowych etapów budowy takich modeli jest odtworzenie ukształtowania powierzchni wybranych wydziałów stratygraficznych. Cel niniejszego opracowania to skonstruowanie map strukturalnych syluru, wykształconego w basenie dolnopaleozoicznym, którego osady, od czasu kiedy zostały uznane za perspektywiczne, stały się przedmiotem wielu opracowań i prac poszukiwawczych.

Baseny sylurskie na terenie Polski

Na obszarze Polski osady syluru nawiercone zostały po obu stronach linii tektonicznej Teisseyre’a-Tornquista (T-T): od zachodu w strefie Koszalin–Chojnice, a od wschodu w zachodniej części obniżenia bałtyckiego (rysunek 1). Stopień rozpoznania tych osadów na obu obszarach jest bardzo zróżnicowany. W strefie Koszalin–Chojnice osady sylurskie zostały rozpoznane w profilach kilkunastu wierceń wykonanych w końcu lat 60. i pierwszej połowie lat 70. XX w. Osady syluru nawiercono m.in. w otworach: Lutom-1, Wierzchocina-1 i 4, Klosnowo IG-1, Stobno-1, 2 i 3 oraz Chojnice-3 [18, 19, 22], jednak w żadnym z profili nie przewiercono osadów syluru, a jedynie dowiercono się do silnie zaburzonych tektonicznie serii tych osadów.

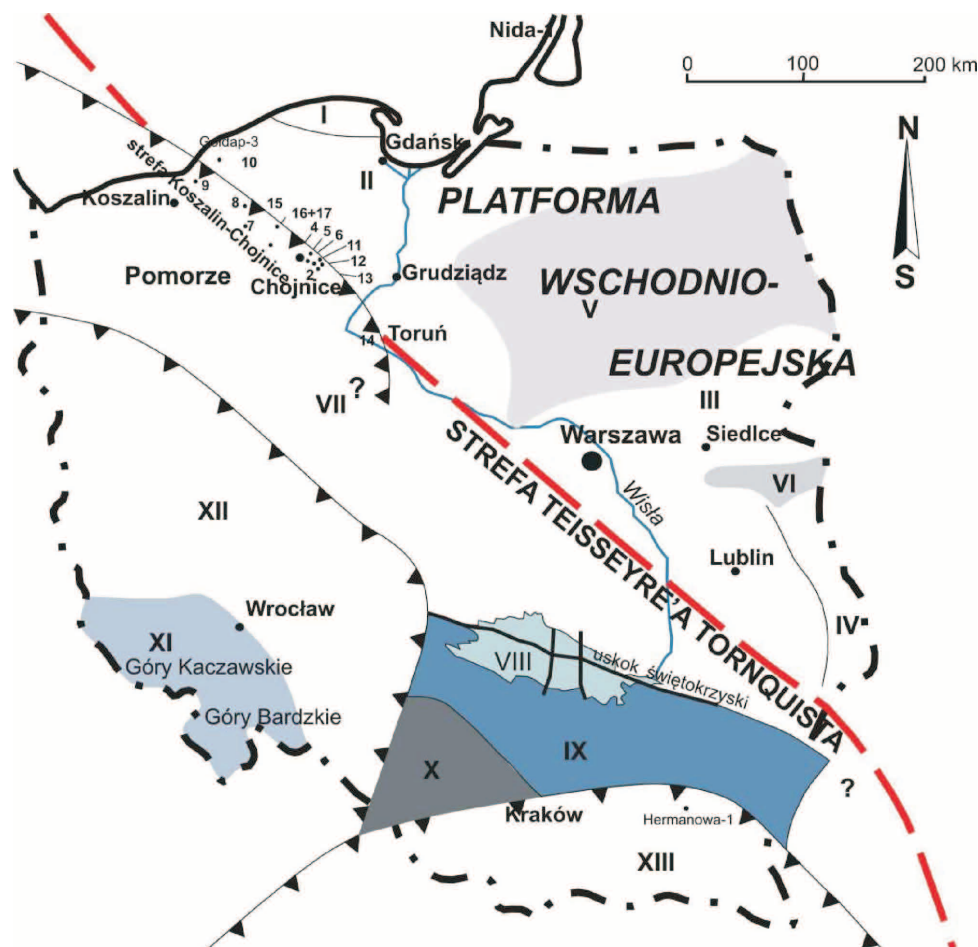
Znacznie lepszy jest stan rozpoznania syluru na kratonie wschodnioeuropejskim, na którego obszarze we wczesnym

paleozoiku rozwinięty był basen bałtycki [12]. W części lądowej kratonu, położonej na zachód od Wisły, osady te osiągnięto w profilach kilkuset otworów wiertniczych.

Strefa Koszalin–Chojnice

Osady syluru na Pomorzu Zachodnim zostały rozpoznane w 15 głębokich wierceniach (w tym Bydgoszcz IG-1, Chojnice-3, Klosnowo IG-1, Lutom-1, Nicponie-1, Okunino-1, Polanów-1, Skibno-1, Stobno-1, Stobno-2, Stobno-3, Toruń IG-1, Trzebielino-1, Wierzchocina-1 i Wierzchocina-4 (rysunek 1)), umiejscowionych w wąskiej strefie w Polsce północno-zachodniej – zwanej strefą Koszalin–Chojnice, położonej na południowy zachód od strefy nieciągłości Teisseyre’a-Tornquista.

Sukcesja osadowa syluru w tym rejonie składa się



Rys. 1. Uproszczona mapa strukturalna Polski

I – elewacja Łeby, II – basen bałtycki, III – depresja podlaska, IV – depresja Bugu, V – wyniesienie mazursko-suwalskie, VI – wyniesienie Sławatycz (zrąb tektoniczny), VII – Pomorze – strefa Koszalin–Chojnice, VIII – Góry Świętokrzyskie, IX – masyw małopolski, X – masyw górnośląski, XI – Sudety, XII – Waryscydy, XIII – Karpaty;
 Otwory wiertnicze cytowane w tekście: 1 – Bydgoszcz IG-1; 2 – Chojnice-3; 3 – Darłowo-2; 4 – Gołdap IG-1; 5 – Lutom-1; 6 – Nicponie-1; 7 – Okunino-1; 8 – Polanów-1; 9 – Skibno-1; 10 – Słupsk IG-1; 11 – Stobno-1; 12 – Stobno-2; 13 – Stobno-3; 14 – Toruń IG-1; 15 – Trzebielino-1; 16 – Wierzchocina-1; 17 – Wierzchocina-4 [26]

z czarnych i szarych łupków ilastych z fauną graptolitową o miąższości kilkuset metrów, przykrytych niezgodnie leżącymi osadami dewonu i młodszymi. Wiek depozycji osadów sukcesji sylurskiej szacuje się na landower, wenlok i ludlow [4].

Pozostała część basenu perybałtyckiego na obszarze Polski rozciąga się na wschód od Koszalina do Jeziora Okrągłego na granicy z Litwą oraz składa się z mniejszych struktur, takich jak wyniesienie Łeby i Zatoka Gdańska.

Osady syluru w tym rejonie osiągają miąższość od 300 m (Gołdap IG-1) we wschodniej części regionu i wartość ta rośnie w kierunku zachodnim do 3300 m (Słupsk IG-1).

Basen podlaski

Na obszarze basenu podlaskiego utwory syluru są wykształcone głównie jako zalegające niezgodnie na ordowiku

mułowce i łupki, bogate w faunę graptolitową i trylobitową, których miąższość waha się od 300 m do 1300 m [21, 25]. Nieznaczny stopień zbiturbowania tych osadów wskazuje, że ich depozycja odbywała się w warunkach płytkiego morza epikontynentalnego. Sylur na Podlasiu przykrywają niezgodnie zalegające skały wieku karbońskiego, permskiego bądź jurajskiego.

Basen Bugu

W basenie Bugu osady wieku sylurskiego wykazują duże podobieństwo z osadami rejonu podlaskiego [24]. Osady te rozciągają się dalej na południu w ukraińskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. Wykształcenie osadów świadczy o warunkach depozycji typowych dla płytkich mórz epikontynentalnych, które uległy stopniowemu zanikowi pod koniec syluru (w przydołu) wskutek wypłykania [20].

Góry Świętokrzyskie

Paleozoiczne podłoże Gór Świętokrzyskich wyraźnie dzieli się na dwie geologicznie różne jednostki strukturalne, którymi są blok łysogórski na północy i region kielecki, stanowiący północną część bloku małopolskiego. Bloki rozdziela od siebie głęboko sięgająca dyslokacja świętokrzyska (rysunek 1).

Region łysogórski

Osady wieku sylurskiego wykształcone są w postaci morskich osadów klastycznych, bez luk sedymentacyjnych. Osady landoweru do niższego ludlowu reprezentowane są przez czarne i szare łupki graptolitowe, których miąższość wynosi od 100 m do 140 m. Przykryte są przez szare i zielonkawe ilaste mułowce z przewarstwieniami i soczewkami węglanów, wieku od wenloku do najniższego ludlowu. Te miąższe osady (250 m) przykryte są warstwami wydryszowskimi i warstwami rzepińskimi. Miąższość osadów młodszych znacznie rośnie i wynosi od 2000 m do 2500 m. Obserwowaną ciągłość sedymentacji od syluru przez dewon w omawianym regionie możemy również zaobserwować na przedpolu platformy wschodnioeuropejskiej, co wskazuje na możliwość istnienia paleogeograficznej łączności obydwu rejonów [17].

Region kielecki

Osady wieku sylurskiego w centralnej części regionu kieleckiego zaliczane są do warstw Bardo, których całkowita miąższość waha się od 80 m do 150 m [23]. Wyżej w profilu leżą warstwy prałowickie oraz warstwy niewachłowskie o miąższości dochodzącej do 500 m [11]. Warstwy te przykryte są warstwami z Lipniczka [23].

W południowo-zachodniej części regionu kieleckiego osady syluru o miąższości dochodzącej do 100 m rozpoznano na obszarze antykliny Zbrzy [5, 14].

Region radomski

Z regionem łysogórskim od północy sąsiaduje region radomski, na którego obszarze skały syluru nawiercone

zostały przez 3 głębokie otwory, z najpełniejszym profilem syluru w otworze Ciepeliów IG-1. W regionie radomskim nie dowiercono się do osadów starszych od syluru, a miąższość osadów sylurskich, która została przewiercona, waha się od 400 m do 650 m.

Południowa część bloku małopolskiego i górnośląskiego

Osady syluru w południowej części bloku małopolskiego znane są jedynie z głębokich wierceń zlokalizowanych na południe od Gór Świętokrzyskich, w rejonie Nidy. Całkowita miąższość syluru na tym obszarze może sięgać kilkuset metrów [2, 6, 7].

Sukcesja syluru na obszarze bloku górnośląskiego została podzielona na kilka jednostek litostratygraficznych [3]: formację z Zawiercia (ordowik – dolny sylur), formację z Mrzygłodu (wenlok – ludlow) i formację z Łapczycy (przydol).

Przedpole Karpat

Utwory syluru na obszarze zapadliska przedkarpackiego zostały nawiercone w kilkudziesięciu otworach wiertniczych. Miąższość tych utworów waha się od kilkudziesięciu metrów w północnej części zapadliska do ponad 180 m w południowej jego części. Najbardziej miąższy i kompletny rdzeń z osadami syluru został uzyskany z otworu Hermanowa-1 [10].

Polska część Sudetów

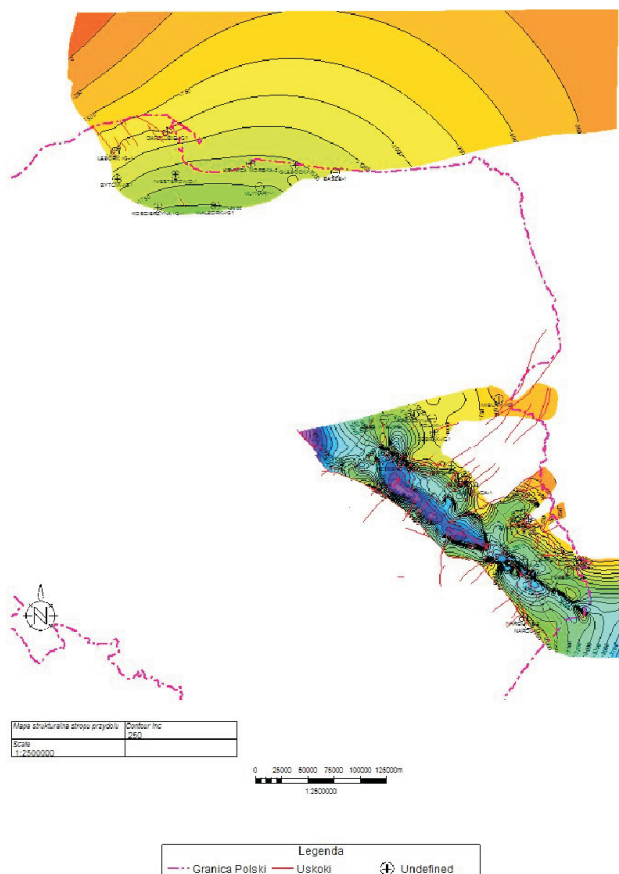
Sylur w polskiej części Sudetów występuje w Górach Bardzkich i Górach Kaczawskich. Osady syluru w Górach Bardzkich znane są z licznych wychodni, z najbardziej kompletną sukcesją na wychodni Żdanów. Osady sylurskie osiągają tu miąższość 48 m i są nieformalnie podzielone na dolne i górne łupki graptolitowe oraz leżące pomiędzy nimi łupki zielone.

Skały wieku sylurskiego w Górach Kaczawskich odsłaniają się na powierzchni w postaci kilku niewielkich wychodni. Miąższość tych osadów dochodzi do kilkudziesięciu metrów [1].

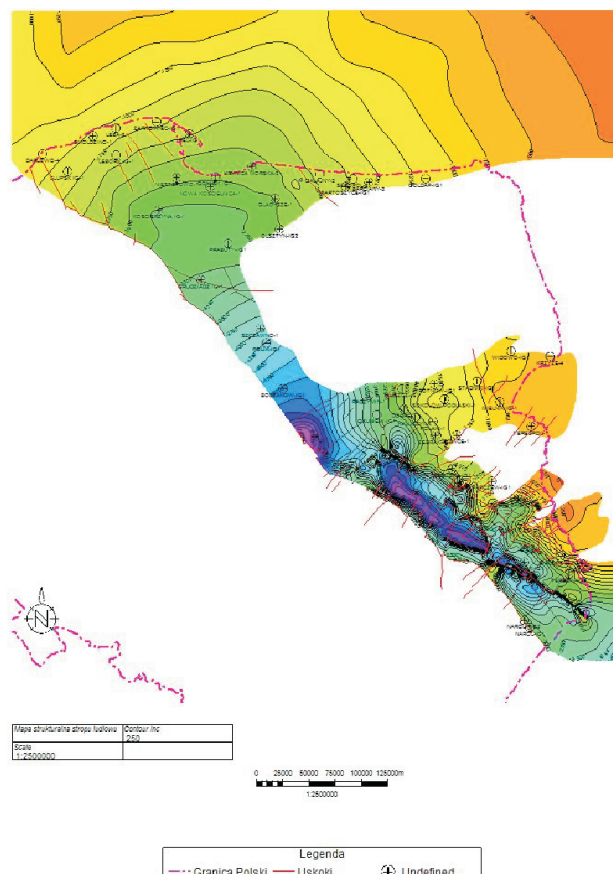
Sporządzenie map strukturalnych syluru

Przy opracowaniu powierzchni strukturalnych przyjęto stosowany podział systemu sylurskiego na cztery serie, począwszy od najstarszej: landower, wenlok, ludlow i przydol. Mapy strukturalne stropu landoweru, wenloku, ludlowu i przydolu powstały w oparciu o dane stratygraficzne pochodzące z profili 349 otworów wiertniczych oraz o zdigitalizowane mapy archiwalne,

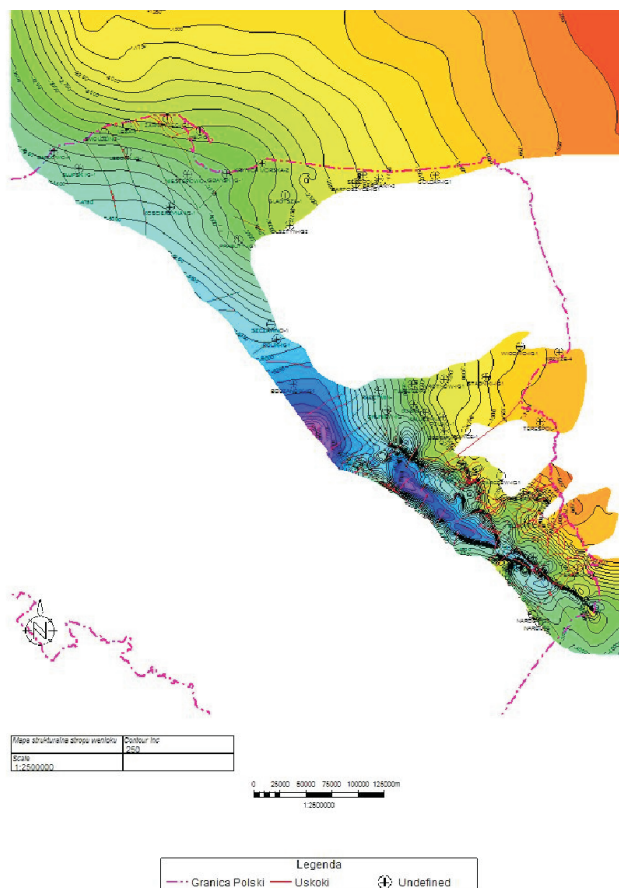
t.j.: mapę geologiczno-strukturalną podłoża permu Pomorza [9], mapy geologiczne ścięcia na poziomie 500, 1000, 2000, 3000, 4000 i 5000 m p.p.m. [8] na obszarach słabo rozpoznanych wierceniami oraz mapy litofacjalno-paleomiąższościowe podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich [13].



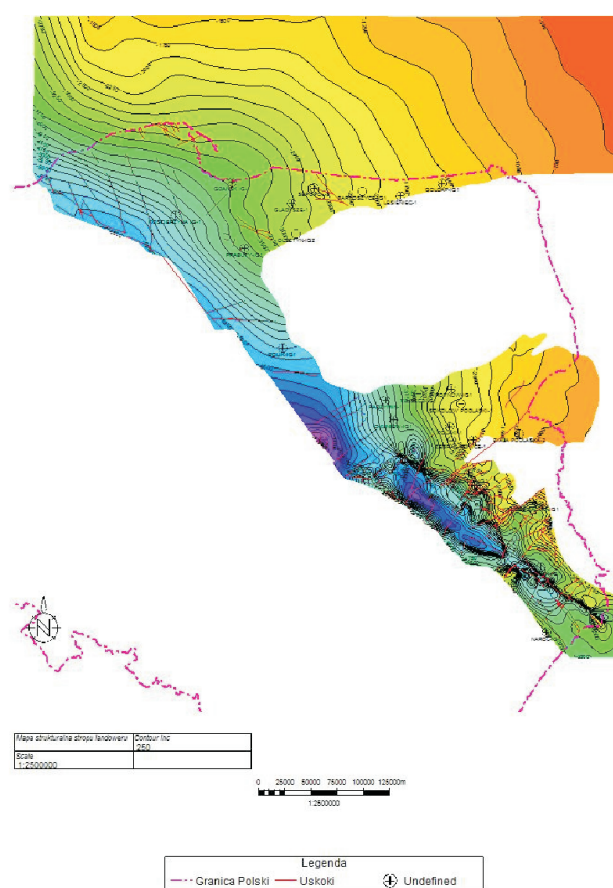
Rys. 2a. Mapa strukturalna stropu przysłopu



Rys. 2b. Mapa strukturalna stropu ludlowu



Rys. 2c. Mapa strukturalna stropu wenlocku

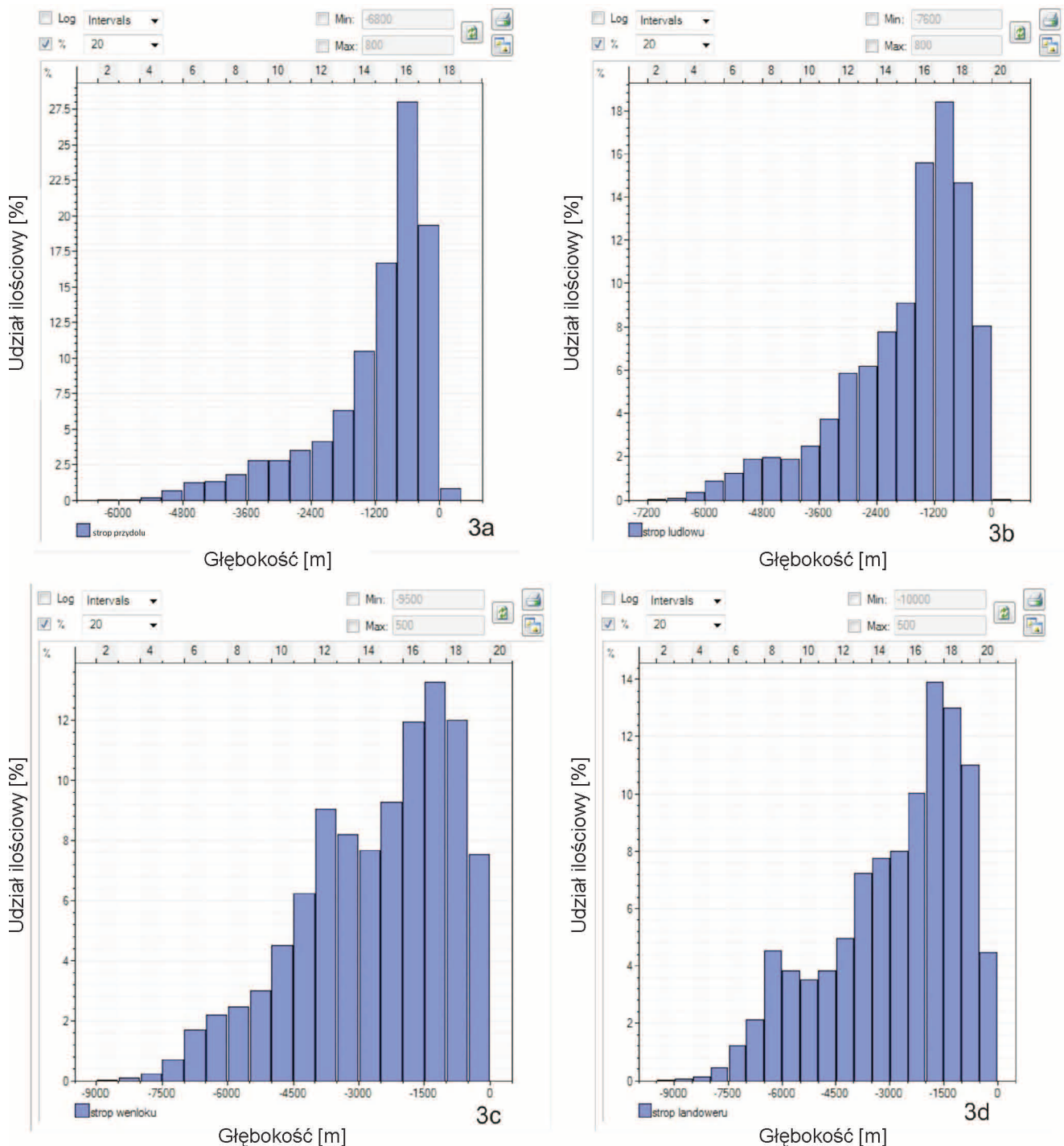


Rys. 2d. Mapa strukturalna stropu landoweru

Ze względu na fragmentaryczność informacji z danych otworowych dotyczących wydzieleni poszczególnych serii syluru, do odtworzenia wykształcenia strukturalnego stropów od ludlowu po landower posłużono się metodą superpozycji ujemnej, wykorzystując mapy miąższości poszczególnych serii syluru (mapa miąższościowa przydolu, ludlowu, wenloku i landoweru) wraz z zasięgami

ich występowania oraz mapę strukturalną stropu syluru, skonstruowaną na podstawie danych stratygraficznych i zdigitalizowanych map archiwalnych.

Metoda superpozycji ujemnej polega na arytmetycznym odjęciu wartości izopachyty (odczytanej z mapy miąższości osadów przydolu) od wartości izobaty (odczytanej z mapy strukturalnej stropu syluru) w miejscu ich przecięcia. Dzięki



Rys. 3. Histogram (obliczony na podstawie map strukturalnych poszczególnych serii syluru) przedstawiający rozkład ilościowy poszczególnych „oczek” siatki (wyrażony w %) w głębokości zalegania stropu osadów syluru danej serii: 3a – przydolu, 3b – ludlowu, 3c – wenloku, 3d – landoweru

takiej operacji uzyskano przebieg izobat na powierzchni stropu utworów leżących pod osadami o miąższości, której wartość odjęto. Operację opisaną powyżej przeprowadzono automatycznie, posługując się narzędziem umożliwiającym wykonanie działań matematycznych w programie Petrel. Zastosowanie tego typu zautomatyzowanych technik komputerowych przy konstruowaniu map – m.in. metodą superpozycji – nie tylko przyspiesza, ale też zdecydowanie zwiększa dokładność przygotowywanych map. Na sporządzone powierzchnie strukturalne narzucono elementy tektoniki nieciągłej zaczerpnięte z map geologicznych ścięcia na poziomie 500, 1000, 2000, 3000, 4000 i 5000 m p.p.m. [8].

W efekcie uzyskano cztery mapy strukturalne w skali 1:2 500 000: mapę strukturalną stropu przydolu (rysunek 2a), mapę strukturalną stropu ludłowu (rysunek 2b), mapę strukturalną stropu wenloku (rysunek 2c) i mapę strukturalną stropu najstarszego wydzielenia syluru – landoweru (rysunek 2d).

Mapy strukturalne poszczególnych wydzieleni syluru zostały skonstruowane w postaci regularnych siatek interpolacyjnych (z gęstością wynikowej siatki Grid równą 500 m) w programie Petrel 2010.1 przy użyciu algorytmu *Convergent Interpolation*. Algorytm ten pozwala na uzyskanie modelu o dużej dokładności na obszarze z zagęszczoną ilością danych oraz utrzymanie generalnego trendu w miejscach z rzadko rozmieszczonymi danymi.

Ukształtowanie powierzchni strukturalnej syluru

Mapy strukturalne kolejnych serii syluru charakteryzują się bardzo zbliżonym trendem ukształtowania poszczególnych powierzchni przystropowych.

Powierzchnia strukturalna stropu kompleksu sylurskiego zapada monoklinalnie od wyniesienia Łeby, gdzie strop osadów syluru nawiercono na głębokości 661,5 m p.p.m. (w otworze Łeba-4), ku południowi, do głębokości poniżej 5000 m p.p.m. (Korabiewice PIG-1).

Na obszarze synklinorium warszawskiego zaznacza się pogłębienie basenu, przy jednoczesnym wzniesieniu miąższości osadów syluru w tym rejonie do ok. 2200 m. Przyrost tej miąższości przypada głównie na wenlok i ludłow.

Na mapach strukturalnych stropów wszystkich serii (rysunki 2a–2d) na obszarze synklinorium lubelskiego, wzdłuż krawędzi prekambryjskiej platformy wschodnioeuropejskiej, zaznacza się również podłużne obniżenie o charakterze synkliny, wydłużonej z WNN na ESE. Struktura ta ograniczona jest potężnymi systemami uskoku na linii Grójec–Opole Lubelskie od zachodu oraz na linii Drażgów–Lubieniec od wschodu. Obniżenie to jest miejscem najgłębszego zalegania osadów wszystkich

czterech serii sylurskich, które znajdują się na głębokości od 6000 m p.p.m. w przypadku osadów najmłodszych (przydół) do nawet 9000 m p.p.m. w przypadku osadów najstarszej serii syluru (landower) (rysunki 2a–2d, 3).

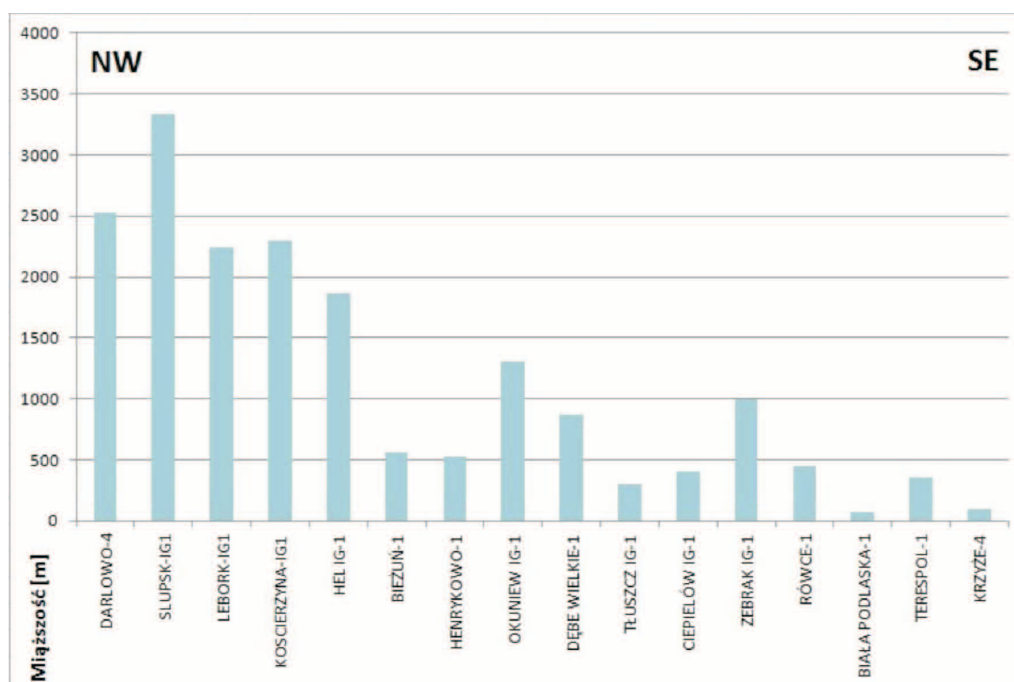
Na wschodzie obszaru będącego przedmiotem opracowania, tj. na zachodniej Ukrainie, w zachodniej części Białorusi oraz w południowo-zachodniej części Litwy, na powierzchni strukturalnej stropu landoweru, wenloku, ludłowu i przydolu można zaobserwować wypiętrzony element.

Od wschodu w kierunku zachodnim na mapach strukturalnych wszystkich serii sylurskich zaznacza się trend monoklinalnego zapadania osadów syluru (rysunki 2a–2d). I tak od wschodu w kierunku zachodnim głębokość nawiercenia osadów syluru zmienia się z 196 m p.p.m. na Podlasiu (otwór Krzyże-4) do 1818,60 m p.p.m. w otworze Łopacianka-1 oraz gwałtownie rośnie na skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego do głębokości poniżej 5000 m p.p.m. (rysunek 3), co potwierdza głębokość zalegania osadów syluru na poziomie 4821 m p.p.m. w profilu otworu Maciejowice IG-1. Stopniowemu zanurzaniu się kompleksu skał sylurskich z południowego wschodu na północny zachód towarzyszy trend wzrostu ich miąższości od 98 m p.p.m. (Krzyże-4) na Podlasiu do ponad 2300 m p.p.m. na Pomorzu, z miąższością osiągającą nawet 3340 m p.p.m. w otworze Słupsk IG-1 (rysunek 4). Na południowy zachód od krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej kompleks osadów syluru ponownie ulega wypiętrzeniu, zalegając w tym rejonie basenu Bugu (rysunek 1) na głębokościach 1683 (Narol IG-1) – 1586 m p.p.m. (Narol PIG-2).

Na planie strukturalnym serii sylurskich obserwuje się ponadto obecność drugorzędnych elementów strukturalnych, takich jak wyniesienie w rejonie Chełma (wyniesienie Sławatycz, rysunek 1) czy strukturalny zarys Zatoki Gdańskiej (rysunki 2a–2d).

W obrębie osadów najmłodszej serii wieku sylurskiego – przydolu – zaznacza się ograniczenie zasięgu ich występowania w stosunku do starszych serii, będące wynikiem ich wtórnego usunięcia przez erozję epigenetyczną [13]. Obszar dotknięty erozją obejmuje swym zasięgiem strefę znajdującą się pomiędzy linią wyznaczoną przez otwory wiertnicze: Kościerzyna IG-1–Malbork PIG-1–Paślęk IG-1–Sępopol-3 na północy, a linią Dęba Wielkie-1–Kałużyn-1–Mielkien IG-1 na południu (rysunek 4).

Powierzchnia osadów syluru została zdyslokowana licznymi uskokiemi o przebiegu zbliżonym NW-SE oraz uskokiemi do nich prostopadłymi o kierunku NE-SW. Duże zagęszczenie dyslokacji zlokalizowane jest w strefie Teisseyre’a Tornquista (T-T), rozgraniczającej prekambryjską platformę wschodnioeuropejską od paleozoicznej platformy



Rys. 4. Wykres przedstawiający rosnącą z południowego wschodu na północny zachód miąższość osadów syluru

Europy Zachodniej [8]. Strefa ta jest niezwykle ważna, gdyż odegrała ogromną rolę na etapie formowania się kontynentu europejskiego we wszystkich piętach strukturalnych. Uskoki składające się na system nieciągłości T-T to głównie uskoki pionowe, niekiedy lekko pochylone na północny zachód [16].

Z uwagi na niejednorodny stan rozpoznania geologicznego poszczególnych regionów, skonstruowane mapy charakteryzują się nierównomiernym stopniem wiarygodności. Najwyższym współczynnikiem niepewności obarczone są obszary wyniesienia mazursko-suwałskiego oraz zachodnia i środkowa część obniżenia podlaskiego.

Podsumowanie

W niniejszej pracy skonstruowano mapy przedstawiające ukształtowanie powierzchni przystropowych osadów syluru i jego wydzielen, uwzględniając elementy tektoniki nieciągłej. Przy sporządzeniu map strukturalnych oparto się na zdigitalizowanych mapach archiwalnych oraz danych stratygraficznych z otworów wiertniczych. Ogólnie można zauważyć dwa trendy:

- pograżanie się powierzchni stropowej kompleksu sylurskiego od południowego wschodu na północny zachód,
- wzrost miąższości osadów syluru wraz z pograżaniem.

W świetle dostępnych informacji, interesujący dla poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu wydaje się obszar o największej miąższości osadów wieku sylurskiego,

zlokalizowany na Pomorzu Wschodnim oraz przyległej do niego części Pomorza Zachodniego.

Ze względu na ogromne zainteresowanie osadami dolnego paleozoiku oraz możliwość występowania w nich akumulacji gazu niekonwencjonalnego, obecnie prowadzone są intensywne prace poszukiwawczo-wiertnicze w pasie od wschodniego Pomorza, przez środkowe Mazowsze, po Lubelszczyznę. Wiercenia te w najbliższym czasie dostarczą nowej, wysokorozdzielczej informacji dotyczącej budowy geologicznej, która pozwoli na aktualizację dotychczasowych opracowań oraz na lepsze rozpoznanie perspektywicznych osadów, z którymi związane są duże nadzieje.

Literatura

- [1] Baranowski Z., Haydukiewicz A., Kryza R., Lorenc S., Muszyński A., Solecki A., Urbanek Z.: *Outline of the geology of the Góry Kaczawskie (Sudetes, Poland)*. „Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie” 1990, Abhandlungen, s. 223–253.
- [2] Bednarczyk W., Korejwo K., Łobanowski H., Teller L.:

- Stratigraphy of the Paleozoic sediments from borehole Strozyska 5 (Miechow Trough, S Poland)*. „Acta Geologica Polonica” 1968, vol. 18, s. 679–689.
- [3] Buła Z.: *Lower Paleozoic of Upper Silesia and West Małopolska*. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego 2000, t. 171.
- [4] Dadlez R.: *New sections of the Zechstein substratum in North-West Poland*. „Kwartalnik Geologiczny” 1967, t. 11, s. 572–586.
- [5] Deczkowski Z., Tomczyk H.: *Geological structure of the Zbrza anticline in the South-Western part of the Góry Świętokrzyskie*. „Biuletyn Instytutu Geologicznego” 1969, nr 236, s. 143–175.
- [6] Jaworowski K., Jurkiewicz H., Kowalczewski Z.: *Sinian i paleozoik z otworu wiertniczego Jaronowice IG-1*. „Kwartalnik Geologiczny” 1967, t. 11, s. 21–36.
- [7] Jurkiewicz H.: *The geological structure of the basement of the Mesozoic in the central part of the Miechow Trough*. „Biuletyn Instytutu Geologicznego” 1975, nr 283, s. 5–83.
- [8] Kotański Z. (red.): *Mapy geologiczne ścięcia poziomego*. Atlas Geologiczny Polski 1:750 000. Państwowy Instytut Geologiczny, 1997.
- [9] Lech S.: *Mapa geologiczno-strukturalna podłoża permu Pomorza*. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. Oddział w Zielonej Górze, 2010.
- [10] Maksym A., Śmist P., Pietrusiak M., Staryszak G., Liszka B.: *New data on development of the Lower Paleozoic sediments in the Sędziszów Małopolski–Rzeszów region based on Hermanowa-1 borehole (SE Poland)*. „Przegląd Geologiczny” 2003, t. 51, s. 412–418.
- [11] Malec J.: *Szarogłazy niewachlowskie w profilu syluru regionu południowego Gór Świętokrzyskich*. „Kwartalnik Geologiczny” 1991, t. 35, s. 284–285.
- [12] Männil R.: *Evolution of the Baltic Basin during the Ordovician*. Valgus, Tallinn 1966.
- [13] Modliński Z. (red.): *Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich 1:200 000*. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, 2010.
- [14] Modliński Z., Szymański B.: *The Silurian of the Nida, Holy Cross Mts. and Radom areas, Poland – a review*. „Geological Quarterly” 2001, vol. 45, s. 435–454.
- [15] Poprawa P.: *Analiza osadów ilasto-mułowcowych w Polsce pod kątem możliwości występowania w nich niekonwencjonalnych nagromadzeń gazu ziemnego*. „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego” 2010, nr 439, s. 159–172.
- [16] Pożaryski W.: *Obszar świętokrzysko-lubelski* [w:] *Budowa geologiczna Polski*. T. IV, *Tektonika*. Cz. I. Warszawa 1974.
- [17] Stupnicka E., Przybyłowicz T., Żbikowska B.: *Wiek górnosylurskich szarogłazów niewachlowskich i lupków z Widełek (Góry Świętokrzyskie)*. „Przegląd Geologiczny” 1991, t. 39, nr 9–10, s. 389–393.
- [18] Teller L., Korejwo K.: *Early Paleozoic deposits in the deep substratum of north-western Poland*. „Acta Geologica Polonica” 1968, vol. 18, s. 613–619.
- [19] Teller L.: *Sylur brzeżnej strefy platformy wschodnio-europejskiej w rejonie Miastko-chojnice (NW Polska)*. „Acta Geologica Polonica” 1974, nr 24, s. 563–580.
- [20] Teller L.: *The subsurface Silurian in the East European Platform* [w:] Urbanek A., Teller L. (eds.): *Silurian Graptolite Faunas in the East European Platform: Stratigraphy and Evolution*. „Palaeontologia Polonica” 1997, vol. 56, s. 7–21.
- [21] Teller L.: *The Upper Silurian of Poland in the light of recent investigations* [w:] Nalivkin D. W. (ed.): *Silurian-Devonian Boundary and Silurian Biostratigraphy*. Trudy III Mezhdunarodnogo simpoziuma, t. I, Leningrad 1968. 1971, s. 201–207.
- [22] Tomczyk H.: *Sylur* [w:] *Budowa geologiczna wału pomorskiego i jego podłoża*. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego 1987, t. 119, s. 12–16.
- [23] Tomczykowa E., Tomczyk H.: *Rozwój badań syluru i najniższego dewonu w Górach Świętokrzyskich* [w:] Żakowa H. (red.): *Przewodnik 53. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Kielcach*, 1981, s. 42–57.
- [24] Tomczykowa E.: *The trilobite subfamily. Homalonotinae from the Upper Silurian and Lower Devonian of Poland*. „Acta Palaeontologica Polonica” 1975, vol. 20, s. 3–46.
- [25] Tomczykowa E.: *Silurian and Lower Devonian Biostratigraphy and Paleocology in Poland*. „Biuletyn Instytutu Geologicznego” 1988.
- [26] Verniers J., Maletz J., Kříž J., Zigaite Z., Paris F., Schönlaub H., Wrona R.: *Silurian* [w:] Tom McCann (ed.): *The Geology of Central Europe: Precambrian and palaeozoic*. Geological Society of London, 2008, s. 249–261.



Mgr inż. Małgorzata SŁOTA-VALIM – absolwentka Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi na Uniwersytecie Jagiellońskim oraz Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Od 2009 roku jest pracownikiem INiG w Zakładzie Geologii i Geochemii. Zajmuje się badaniem własności petrofizycznych skał oraz konstrukcją statycznych modeli geologicznych.